



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ  
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ  
ΣΠΟΥΔΩΝ «ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ  
ΛΙΜΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ  
ΟΡΥΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ  
ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΑΛΙΓΝΙΤΙΚΗ  
ΠΕΡΙΟΔΟ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ  
ΟΡΥΧΕΙΟΥ ΧΩΡΕΜΙΟΥ**

*Σακελλάρη Χαρούλα*

*MSc Χημικός Μηχανικός ΕΜΠ*

**Επιβλέπουσα:**

**Βασιλείου Ελένη Δρ.ΕΔΙΠ**

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ  
ΥΔΑΤΙΚΩΝ  
ΠΟΡΩΝ»**

**Αθήνα, Οκτώβριος 2022**



*Στα κορίτσια μου που υπέμειναν την απουσία μου!*

## Πρόλογος

Η σύνταξη και παρουσίαση της παρούσας Μεταπτυχιακής Διπλωματικής εργασίας σηματοδοτεί αυτόματα και την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», το οποίο είναι το δεύτερο κατά σειρά Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα που παρακολουθώ στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ).

Η επιλογή του θέματος της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής, αποσκοπούσε στην ενασχόλησή μου με σύγχρονα περιβαλλοντικά θέματα που θα απασχολήσουν και τη Χώρα μας τα αμέσως επόμενα χρόνια. Παρακολουθώντας τις διεθνείς ενεργειακές εξελίξεις, αλλά και την προοπτική της «πράσινης» ενέργειας που συνεπάγεται την παύση εκμετάλλευσης του λιγνίτη, αναζητήσαμε μαζί με την Επιβλέπουσά μου, ένα θέμα που θα έχει πραγματικές συνιστώσες και πρακτική σημασία, όπου θα μπορούσε να αξιοποιηθούν τα αποτελέσματα του παρόντος πονήματος.

Σε εθνικό επίπεδο, η ΔΕΗ, έχοντας στην ιδιοκτησία της και υπό τη λειτουργία της τα μεγαλύτερα λιγνιτωρυχεία στην Ελλάδα, καλείται για πρώτη φορά, στο πλαίσιο της πρόσφατης Απόφασης για απολιγνιτοποίηση, να εξετάσει άμεσα τη δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών, ως μία προτεινόμενη λύση για την αποκατάσταση εδαφών σε Ορυχεία μετά την παύση λειτουργίας τους.

Η εργασία επικεντρώνεται σε αυτή ακριβώς την αναγκαιότητα, τη διερεύνηση και τη διατήρηση της δημιουργίας λίμνης σε μεταλλευτικά κενά του Ορυχείου Χωρεμίου, μετά την παύση των εξορυκτικών εργασιών που λαμβάνουν χώρα σε αυτό. Η δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών, όταν γίνεται με σωστό σχεδιασμό και προγραμματισμό, βρίσκει εφαρμογή με μεγάλη επιτυχία στο εξωτερικό κατά την αποκατάσταση περιοχών εξοφλημένων επιφανειακών Ορυχείων και στην περίπτωση που οι συνθήκες είναι ευνοϊκές.

Συνεπώς, η ολοκλήρωση της εργασίας για εμένα ήταν μια πρόκληση δεδομένης της καινοτομίας και της πιθανής αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο.

Σημειώνεται ότι, κατά τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας και στο πλαίσιο αυτής, το Δεκέμβριο του 2021, δημοσιεύτηκε άρθρο με τίτλο “A Review about the Sustainability of Pit Lakes as a Rehabilitation Factor after Mine Closure” (Sakellari et al., 2021).

Χωρίς όμως την επιστημονική συνδρομή και την ουσιαστική καθοδήγηση της Επιβλέπουσάς μου κας Βασιλείου Ελένης Δρ. ΕΔΙΠ στη Σχολή Μεταλλείων Μεταλλουργών, η Μεταπτυχιακή Διπλωματική μου εργασία δεν θα μπορούσε να φτάσει στο τέλος της. Την ευχαριστώ θερμά και από καρδιάς για την πολύτιμη βοήθειά της και την άριστη συνεργασία που είχαμε καθ’ όλη τη διάρκεια της εκπόνησής της. Η εμπειρία και οι εύστοχες υποδείξεις της αποτέλεσαν σημαντικό παράγοντα στην επιτυχή ολοκλήρωση της εργασίας.

Επιπλέον, ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω σε Στελέχη της ΔΕΗ για την εμπιστοσύνη που μου έδειξαν, τις απαραίτητες πληροφορίες που μου έδωσαν σχετικά με τη μεταλλευτική δραστηριότητα στα Ορυχεία Μεγαλόπολης καθώς και τα στοιχεία και τις μελέτες που μου παραχώρησαν και διευκόλυναν σε μεγάλο βαθμό τη διεξαγωγή της εργασίας. Ευχαριστώ θερμά τον Διευθυντή της Διεύθυνσης Μελετών Εκμετάλλευσης και Περάτωσης Ορυχείων (ΔΜΕΠΟ), Δρ. Ρούμπο Χρήστο, τον Αναπληρωτή Κλαδάρχη Μεταλλευτικών Μελετών, Δρ.



Λουλούδη Γιώργο, τον Υποτομεάρχη του Τομέα Υποστήριξης Υδρογεωλογικών Έργων, κ. Κασφίκη Γιώργο, καθώς και τα Στελέχη της ΔΜΕΠΟ, κ. Παρασκευή Νίκο, Μηχανικό Μεταλλείων-Μεταλλουργό, MSC Γεωπληροφορική και κα. Μερτήρη Ελένη, Μηχανικό Μεταλλείων-Μεταλλουργό, MSC Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων για τη βοήθειά τους στη χορήγηση στοιχείων και στην ανάπτυξη τεχνικών σχεδίων. Επίσης, ευχαριστώ πολύ για την λεπτομερή ξενάγηση στα Ορυχεία και τις τεχνικές γνώσεις που μοιράστηκαν μαζί μας, την κα. Αρβανίτη Σοφία, Τομεάρχη Μεταλλευτικού Σχεδιασμού και Απόδοσης της Διεύθυνσης Λιγνιτικής Παραγωγής Μεγαλόπολης και τον κ. Καντέλη Γιώργο, Μηχανικό Μεταλλείων-Μεταλλουργό.

Ευχαριστίες οφείλω επίσης, στον Επίκουρο Καθηγητή Ευστρατιάδη Ανδρέα για την καθοριστική συμβολή του στην εκπόνηση και ολοκλήρωση της εργασίας μου και στον Αναπληρωτή Καθηγητή Μαλαμή Συμεών για το χρόνο που διέθεσε για την διόρθωσή της, καθώς και για τις εύστοχες παρατηρήσεις του.

Τέλος, ευχαριστώ μέσα από την καρδιά μου την οικογένεια και τους φίλους μου, για την ηθική στήριξή τους, την υπομονή τους και την αμέριστη κατανόησή τους καθ' όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα.

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Συγκεκριμένα, εξετάζεται η δυνατότητα πλήρωσης δύο μεταλλευτικών κενών στο Ορυχείο Χωρεμίου, το οποίο είναι το μόνο εν λειτουργία Ορυχείο όπου λαμβάνουν χώρα εξορυκτικές εργασίες στην Περιφερειακή Ενότητα της Αρκαδίας.

Εξετάζεται η δυνατότητα δημιουργίας μεταλλευτικής λίμνης σε κενό, στο οποίο λειτουργεί σήμερα το αντλιοστάσιο P24 και σε ένα μεγαλύτερο κενό, το οποίο προβλέπεται να απομείνει μετά την παύση των εξορυκτικών εργασιών το 2023 περιλαμβάνοντας το αντλιοστάσιο P24. Το 2023 είναι το έτος που προγραμματίζεται να σταματήσει, σύμφωνα με την Απόφαση για απολιγνιτοποίηση, η λειτουργία της Μονάδας IV του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β, η οποία είναι και η μόνη Μονάδα που τροφοδοτείται με λιγνίτη από το Ορυχείο Χωρεμίου. Σημειώνεται ότι, το έτος παύσης λειτουργίας της Μονάδας αναμένεται να παραταθεί στο νέο αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που προβλέπεται να δημοσιευτεί το άμεσο χρονικό διάστημα, στο πλαίσιο της αντιμετώπισης της ενεργειακής κρίσης.

Για τη διερεύνηση της δημιουργίας εν δυνάμει λίμνης, αναπτύχθηκε το υδατικό ισοζύγιο για κάθε κενό και για διαφορετικά σενάρια. Τα σενάρια που εξετάζονται περιλαμβάνουν συνδυασμό των εξής τριών περιπτώσεων: υπόγειες διαφυγές νερού και απουσία αυτών, φυσική πλήρωση κενού με νερό, πρόσθετη τροφοδοσία νερού με εκτροπή του ποταμού Αλφειού που αντιστοιχεί στο 1/3 και στο 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο, χρήση ιστορικών μόνο κλιματικών δεδομένων και χρήση ιστορικών μαζί με παραγόμενες συνθετικές χρονοσειρές με το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτης τάξης AR(1).

Η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου για κάθε κενό, έδειξε ότι η πλήρωσή του είναι δυνατή μόνο στην περίπτωση εκτροπής του ποταμού Αλφειού και απουσίας υπόγειας διαφυγής νερού. Η ολική πλήρωση του κενού με βροχοπτώσεις και επιφανειακές απορροές ως εισροές, φαίνεται μη εφικτή σε κάθε περίπτωση. Για το κενό στο Αντλιοστάσιο P24, υπολογίστηκε πλήρωση κενού έως περίπου 13% της μέγιστη χωρητικότητάς του όταν υφίστανται υπόγειες διαφυγές και 32 – 34% στην περίπτωση που αυτές απουσιάζουν. Τα ποσοστά για το μεγάλο κενό του Ορυχείου ανέρχονται σε 9% και 24 - 27%, αντίστοιχα. Σαφώς μικρότερα, όπως θα περίμενε κανείς λόγω της μεγάλης έκταση κενού προς πλήρωση.

Η πλήρωση και των δύο κενών λαμβάνει χώρα με αρκετά γρήγορους ρυθμούς τα πρώτα χρόνια και στη συνέχεια υφίσταται μόνο μικρές διακυμάνσεις μεταξύ ανώτερης και κατώτερης τιμής. Παρατηρήθηκε ότι, ο ρυθμός πλήρωσης του κενού μειώνεται στην περίπτωση που παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές νερού και σταθεροποιείται πιο γρήγορα σε αρκετά μικρή τιμή.

Τέλος, στην περίπτωση εκτροπής ποσότητας νερού που αντιστοιχεί στο 1/3 της παροχής του ποταμού Αλφειού την ξηρή περίοδο, το κενό στο Αντλιοστάσιο P24 προβλέπεται να πληρωθεί στη μέγιστη στάθμη του περίπου εντός του 22<sup>ου</sup> έτους πλήρωσης και εντός του 38<sup>ου</sup> στην περίπτωση εκτροπής ποσότητας ίσης με 20% της παροχής. Τα αντίστοιχα έτη πλήρωσης για το μεγαλύτερο κενό του Ορυχείου ανέρχονται σε 31 και 46, αντίστοιχα.

## Abstract

The aim of this master thesis is the exploration of pit lakes creation and preservation in the area of Megalopolis Lignite Fields during the post-lignite period. Specifically, the water filling possibility of two open pit mine voids in Choremi Mine, is being examined. Choremi Mine is the only operating mine in the Regional Unit of Arcadia.

The possibility of pit lake creation (a) in a pit mine remnant void in which the P24 pumping site is currently under operation and (b) in a larger pit mine void, which includes the P24 and is predicted to remain after the mining operation cessation in 2023, is being investigated. According to the decision regarding the phase out lignite by 2028 in Greece, the definitive shutdown of Unit IV of the Megalopolis B TPP, is planned for the year 2023. It is pointed out that the year Unit IV withdrawal will be probably extended within the new revised National Energy and Climate Plan (NECP) that is expected to be published in the near future in the context of addressing the energy crisis.

In order to investigate the creation of a potential pit lake, the water balance for each pit and for different scenarios was developed. The scenarios considered include a combination of the following three cases: underground water leakages and their absence, natural pit void filling with water, additional water supply with riverbed diversion of Alfios River corresponding to 1/3 and 20% of the river flow in the dry period, usage of historical climate data and usage of historical data together with synthetic time series produced using the first-class autoregressive (AR) model.

The estimation of the water balance for each open pit mine remnant void was indicated that its full filling is likely to happen only in the case of both Alfios River diversion and absence of underground water leakages. The full filling of the pit void with rainfall and surface runoff as inputs, seems to be not feasible in any case. Regarding the pit void in P24 pumping site, it is assessed that the void will be full filled with water of about 13% of its maximum capacity in case of underground leakages occur and 32 – 34% in case of their absence. These percentages for the large pit void in Choremi Mine, are 9% and 24 - 27%, respectively. Definitely smaller percentages, as expected, due to the large capacity for water filling.

The filling of both pit voids takes place at a fairly quick pace during the first years while immediately after decreases with slight fluctuations only between upper and lower value. It was observed that the rate of filling decreases when underground water leakages occur.

Finally, in the case of the extra water supply from Alfios River corresponding to 1/3 of its flow in dry period, the pit void in P24 pumping site is evaluated to be filled at its maximum level approximately within the 22nd year of filling and within the 38th in the case of the river diversion of equal to 20% of the river flow in dry period. The respective filling years for the larger pit void in Choremi Mine are estimated to 31 and 46, respectively.

## Εκτενής περίληψη

Η Απόφαση για απολιγνιτοποίηση, η οποία εκδόθηκε σε εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και έχει ως απώτερο στόχο την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) έως το 2050, περιλαμβάνει παύση της λειτουργίας όλων των λιγνιτικών Μονάδων έως το 2028. Η παύση λειτουργίας των λιγνιτικών Μονάδων, σηματοδοτεί αυτόματα και παύση των εργασιών εξόρυξης σε χρονικό ορίζοντα, αρκετά πιο κοντινό από τον αρχικό προγραμματισμό ανάλογα με τα λιγνιτικά αποθέματα σε κάθε περιοχή. Για την περιοχή της Μεγαλόπολης, έχει οριστεί το έτος 2023, ως έτος απένταξης του λιγνίτη από το σύστημα ηλεκτροπαραγωγής στην περιοχή. Εν όψει της μεγάλης ενεργειακής κρίσης που αντιμετωπίζει η Ευρώπη, το έτος αυτό προβλέπεται να αναθεωρηθεί στο επικείμενο νέο Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που αναμένεται να δημοσιευτεί το άμεσο χρονικό διάστημα.

Η παύση των εξορυκτικών εργασιών συνοδεύεται με αποκατάσταση της περιοχής εκμετάλλευσης, τη στήριξη της λιγνιτικής περιοχής κατά τη μετάβαση στη μεταλιγνιτική περίοδο και τη δημιουργία προϋποθέσεων για ανάπτυξη νέων μεταλιγνιτικών χρήσεων. Μία από τις προτεινόμενες χρήσεις γης, η οποία θεωρείται ως περιβαλλοντικά βιώσιμη λύση και εφαρμόζεται παγκόσμια όταν οι συνθήκες το ευνοούν, είναι η δημιουργία λίμνης στα μεταλλευτικά κενά που δημιουργούνται κατά τις εξορυκτικές εργασίες. Η δημιουργία τεχνητής λίμνης σε περιοχές που παλαιότερα βρίσκονταν εν λειτουργία Ορυχεία, κυρίως επιφανειακά, βρίσκει μεγάλη εφαρμογή παγκοσμίως. Σε πολλές περιπτώσεις, η λίμνη συνοδεύεται από παραλίμνιες τουριστικές δραστηριότητες και μετατρέπεται σε χώρο προσέλκυσης τουριστών δημιουργώντας μεγάλη οικονομική ανάπτυξη στην περιοχή.

Συγκεκριμένα, για τα Ορυχεία της Μεγαλόπολης, αναπτύχθηκε πρόσφατα αναθεωρημένος μεταλλευτικός σχεδιασμός που προβλέπει, μεταξύ άλλων και δημιουργία λιμνών σε μεταλλευτικά κενά. Η παρούσα εργασία διερευνά τη δημιουργία και διατήρηση λιμνών σε δύο κενά του Ορυχείου Χωρεμίου με την ανάπτυξη υδατικού ισοζυγίου.

Αναφορικά με τις κλιματικές συνθήκες στην περιοχή, η Μεγαλόπολη έχει χαρακτηριστικό Μεσογειακό κλίμα, ξηρό έως υπέρξηρο με ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια και με γενικά μακρές περιόδους ηλιοφάνειας και την υγρασία να κυμαίνεται έως και 85% καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Το χειμώνα, οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι χαμηλές, ενώ είναι έντονο το φαινόμενο των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων.

Στην περιοχή της Μεγαλόπολης, ενιαίος υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος κατά το παρελθόν να έχει δημιουργήσει προβλήματα κατά την εκμετάλλευση, έχει παρατηρηθεί μόνο στην περιοχή του Ορυχείου Κυπαρισίων. Στα Ορυχεία Μαραθούσας και Χωρεμίου δεν συναντάται ενιαίος υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ενώ ο καρστικός ασβεστόλιθος είναι πολύ βαθιά και δεν απασχόλησε ποτέ τα Ορυχεία. Στην περιοχή του πρώην Ορυχείου Θωκνίας, στην οποία σήμερα λειτουργεί αδειοδοτημένος χώρος απόθεσης βιομηχανικών αποβλήτων, δεν παρατηρούνται διακυμάνσεις στη στάθμη του υπόγειου υδροφορέα. Αυτή η παρατήρηση, σε συνδυασμό με την ύπαρξη αρτεσιανισμού, κατά την διάτρηση των βαθύτερων στρωμάτων, υποδηλώνει την απουσία υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ του χώρου απόθεσης και των υδροφόρων στρωμάτων που βρίσκονται βαθύτερα στο αδιατάρακτο έδαφος.

Από την άλλη, στο πεδίο Κυπαρισσίων όπου αναπτύσσεται ο καρστικός ασβεστόλιθος, παρατηρούνται τρεις (3) υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες, ο Κύριος, ο Βόρειος και ο Δυτικός, οι οποίοι διαχωρίζονται μεταξύ τους από παρεμβολές ασυνεχειών φλύσχη, ο οποίος θεωρείται αδιαπέραστος σχηματισμός. Ο Κύριος καρστικός υδροφόρος καλύπτει το κεντρικό και νότιο τμήμα του Ορυχείου Κυπαρισσίων και θεωρείται ως ο πιο σημαντικός. Ο καρστικός αυτός υδροφόρος έχει τη μεγαλύτερη δυναμικότητα εκ των τριών και σε αυτόν έχουν ανορυχθεί γεωτρήσεις από τη ΔΕΗ για την τροφοδοσία των Μονάδων των ΑΗΣ. Σημειώνεται ότι, από το 2011 και έπειτα, άντληση υπόγειων υδάτων πραγματοποιείται μόνο για την κάλυψη αναγκών των εν λειτουργία Μονάδων (το 2014 σταμάτησε η λειτουργία των Μονάδων I και II και το 2021 η Μονάδα III).

Σχετικά με τη διαχείριση επιφανειακών υδάτων στα Ορυχεία της Μεγαλόπολης, αναφέρεται ότι μετά την παύση εργασιών στο Ορυχείο Κυπαρισσίων το 2009, στο μεταλλευτικό κενό που είχε απομείνει, έχει δημιουργηθεί ήδη μία λίμνη με φυσική πλήρωση. Το απόλυτο υψόμετρο στάθμης της λίμνης και των αντλιοστασίων παρακολουθείται και καταγράφεται από το καλοκαίρι του 2021 και δεν παρατηρείται διακύμανση στη στάθμη τους. Η περιοχή των αποθέσεων στο πρώην Ορυχείο της Θωκνίας, διακρίνεται από ένα πυκνό δίκτυο καναλιών - τάφρων και διάσπαρτων ταμιευτήρων για τη διαχείριση του συνόλου των απορροών.

Για τη διερεύνηση της δυνατότητας δημιουργίας μεταλλευτικής λίμνης στα Ορυχεία Μεγαλόπολης εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις μεταλλευτικών κενών στο Ορυχείο Χωρεμίου, τα οποία διαφέρουν ως προς την επιφάνεια και κατ' επέκταση τη χωρητικότητά τους κατά την αποθήκευση νερού. Εξετάστηκε το μεταλλευτικό κενό στο οποίο λειτουργεί σήμερα το αντλιοστάσιο P24 και εκείνο που προβλέπεται να απομείνει μετά το πέρας των εξορυκτικών εργασιών στην περιοχή του Ορυχείου.

Για την εκτίμηση πλήρωσης των κενών με νερό, αναπτύχθηκε υδατικό ισοζύγιο για κάθε κενό ξεχωριστά και εξετάστηκαν συνολικά δώδεκα (12) διαφορετικά σενάρια που αφορούν σε συνδυασμό των εξής τριών περιπτώσεων: υπόγειες διαφυγές νερού και απουσία αυτών, φυσική πλήρωση κενού με νερό, πρόσθετη τροφοδοσία νερού με εκτροπή του ποταμού Αλφειού που αντιστοιχεί στο 1/3 και στο 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο, χρήση ιστορικών μόνο κλιματικών δεδομένων και χρήση ιστορικών μαζί με παραγόμενες στο σύνολο δώδεκα (12) συνθετικές χρονοσειρές τετρακοσίων ενενήντα δύο (492) τιμών έκαστη.

Οι συνθετικές χρονοσειρές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης υπολογίστηκαν με το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτης τάξης AR(1) και με τη χρήση των ιστορικών δεδομένων των σαράντα ένα (41) ετών. Το αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτης τάξης χρησιμοποιεί στοχαστικές ανεξίτητες Markov, οι οποίες θεωρούν ότι η τιμή που λαμβάνει μία μεταβλητή (θερμοκρασία και βροχόπτωση στην περίπτωση μας) στο χρόνο, συσχετίζεται με την τιμή μίας προγενέστερης περιόδου. Η επιλογή της παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών έγινε ώστε να εξετάσουμε μακροπρόθεσμα την πορεία πλήρωσης των κενών με το χρόνο. Σημειώνεται ότι, η παράμετρος της εξάτμισης, η οποία υπεισέρχεται στους υπολογισμούς του υδατικού ισοζυγίου, υπολογίστηκε με τη μέθοδο Penman.

Τα αποτελέσματα, τα οποία προέκυψαν από την ανάπτυξη των υδατικών ισοζυγίων στα μεταλλευτικά κενά που εφαρμόστηκαν για τα διαφορετικά σενάρια, έδειξαν ίδια συμπεριφορά κατά την πλήρωση των κενών, ανεξάρτητα από τη μεγάλη διαφορά μεγέθους

τους. Η πλήρωση των κενών γίνεται με αρκετά γρήγορους ρυθμούς τα πρώτα έτη, παρά το γεγονός ότι η βροχόπτωση υπολείπεται της εξάτμισης στην περιοχή.

Επίσης, η εκτίμηση των υδατικών ισοζυγίων επιβεβαίωσε, όπως και σε άλλες περιπτώσεις παγκοσμίως, την αδυναμία πλήρωσης των μεταλλευτικών κενών με φυσικό τρόπο (δηλαδή μόνο με επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις). Το κενό στο Αντλιοστάσιο φαίνεται ότι πληρώνεται στο 13% περίπου της συνολικής χωρητικότητάς του στην περίπτωση που παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές και κατά 32 - 34% στην περίπτωση απουσίας αυτών. Οι αντίστοιχες πληρότητες για το μεγαλύτερο κενό του Ορυχείου που εξετάζεται, ανέρχονται σε περίπου 9% και 24 - 27%.

Η ύπαρξη υπόγειων διαφυγών παίζει καθοριστικό ρόλο στην πλήρωση των μεταλλευτικών κενών, τόσο στο ρυθμό πλήρωσης τα πρώτα έτη όσο και στην ποσότητα νερού που παραμένει εντός τους. Στην περίπτωση ύπαρξης υπόγειων διαφυγών, κανένα από τα δύο κενά δεν αναμένεται να γεμίζει, ακόμα και με την τροφοδοσία του κενού με νερό από τον ποταμό Αλφειό, μέσω εκτροπής του. Σε αυτή την περίπτωση, δηλαδή με εκτροπή ποταμού και ύπαρξη υπόγειων διαφυγών, το κενό στο P24 πληρώνεται έως το 42% περίπου με εκτροπή του 1/3 της ποσότητας της παροχής του Αλφειού ποταμού και 24% περίπου στην περίπτωση του μεγαλύτερου κενού. Η εκτροπή μικρότερης ποσότητας νερού από τον Αλφειό, όπως είναι φυσικό, έχει ως αποτέλεσμα τη λιγότερη πλήρωση κενού. Οι αντίστοιχες τιμές για τα κενά, με εκτροπή περίπου 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο, είναι 30% και 18%, αντίστοιχα.

Αντίθετα, στην περίπτωση απουσίας υπόγειων διαφυγών εκτιμάται ότι τα κενά αναμένεται να γεμίσουν, έως και την ανώτατη στάθμη ασφαλείας, τα επόμενα χρόνια. Το χρονικό διάστημα αυτό είναι ανάλογο με την ποσότητα νερού που τροφοδοτούνται από την εκτροπή του Αλφειού και αντιστρόφως ανάλογο με το μέγεθος του κενού. Συνεπώς, το κενό στο Αντλιοστάσιο P24 προβλέπεται να γεμίσει έως την ανώτατη στάθμη, το 22<sup>ο</sup> έτος για εκτροπή του 1/3 της παροχής και το 38<sup>ο</sup> έτος για εκτροπή του 20% της παροχής. Τα έτη πλήρωσης του μεγαλύτερου κενού που εξετάζεται, αναμένεται να είναι σαφώς πιο μακρινά και εκτιμώνται να είναι το 31<sup>ο</sup> και 46<sup>ο</sup> έτος, αντίστοιχα.



## Extended abstract

The Decision for the decarbonization in Greece, which was issued in implementation with the European Green Deal, introduces an ambitious proposal to make the bloc climate-neutral by 2050 and includes the withdrawal of the existing lignite-fired plants by 2028. The closure of the lignite-fired plants means, automatically, the cessation of the mining operations in a time horizon, much closer than was planned at the beginning depending on the lignite reserves in each lignite area. Regarding the lignite area of Megalopolis, the year 2023 has been set as the year of zero power production from lignite. In view of the major energy crisis facing Europe, this year is expected to be revised in the upcoming new National Energy and Climate Plan (NECP) that is expected to be published in the near future.

The cessation of mining operations is accompanied by the rehabilitation of the exploitation area, the support of the lignite areas during the transition to the post-lignite period and the creation of conditions for the development of new post-lignite uses. One of the proposed land uses, which is considered as an environmentally sustainable solution and is applied globally under appropriate conditions, is the pit lake creation in the pit mine remnant void formed during mining operations. The creation of an artificial lake in areas where mines were previously in operation, mainly surface ones, finds great application worldwide. In many cases, the pit lake is accompanied by lakeside tourist activities and is transformed into a place which attracts tourists, providing great economic growth in the area.

Specifically, as far as Megalopolis Mines are concerned, the newly revised mine design proposes, among others, lake creation in open pit remnant voids. In this work was focused on the possibility of pit lake creation and maintenance in two open pit voids in Choremi Mine, using the water balance equation.

Regarding the climatic conditions in the area, Megalopolis is characterized by a Mediterranean climate with dry mild winters and hot summers with generally long periods of sunshine. The humidity comes up to 85% throughout the year. In winter, the temperatures recorded are low while intense precipitation events usually occur.

In the area of Megalopolis, a uniform aquifer system has been developed in the area of the Kyparissia Mine. It is mentioned that this aquifer in the past has created problems during exploitation. In both Marathousa and Choremi Mines there are uniform aquifers, while the karst is very deep and has never caused problems to the mines. In the area of the former Thoknia Mine, where a licensed industrial waste dump area currently operates, no fluctuations in the level of the aquifer are observed. This fact, combined with the presence of artesianism while drilling the deeper layers, indicating the absence of hydraulic connection between the waste dump area and the aquifers which are developed in deeper elevations into the undisturbed soil.

On the other hand, in the Kyparissia field where the karstic aquifer is developed, there are three (3) aquifer systems, the Main, the Northern and the Western, which are separated from each other by interferences of discontinuities of flysch, an impenetrable formation. The main karstic aquifer covers the central and southern part of the Kyparissia Mine and is considered to be the most important one with the largest capacity. Within this karstic aquifer, Power Public Corporation (PCC) has drilled boreholes to supply the nearby Thermal Power Plants (TPP) with water. It is noted that, from 2011 onwards, groundwater pumping is

carried out only to meet the needs of the TPP Units in operation (Megalopolis A TPP Units I and II ceased their operation in 2014 and Unit III in 2021).

Regarding the management of surface water in the Megalopolis Mines, it is reported that after the cessation of mining works at the Kyparissia in 2009, a pit lake with natural filling has already been created in the remaining pit void. The absolute level altitude of the lake and pumping stations is monitored and recorded since the summer of 2021 and no significant fluctuations were observed. The waste dump area in the former Thoknia Mine, is distinguished by a dense network of canals - ditches and scattered reservoirs for the management of all runoffs.

In order to investigate the possibility of creating a pit lake in the Megalopolis Mines, two cases of pit mine voids in the Choremi Mine were examined, which differ in surface area and consequently in their capacity during water storage. The first one is a mine void in which the P24 pumping station currently operates and the second is the one that is expected to remain after the completion of the mining operations in the Choremi Mine area.

For the estimation of filling the pit voids with water, the water balance of each void was developed separately and a total of twelve (12) different scenarios were examined, involving a combination of the following three cases: groundwater leakages and their absence, natural filling with water, additional water supply through Alfios River diversion corresponding to 1/3 and 20% of the river flow in the dry season, usage of only historical climate data and usage of both historical data and twelve (12) synthetic time series of total four hundred and ninety-two (492) values each.

The synthetic time series of temperature and rainfall were produced by the first-class autoregressive (AR) model AR(1) using the historical data of forty-one (41) years. The first-class autoregressive model uses stochastic Markov processes, which consider that the value of a variable (temperature and rainfall in our case) in time, correlates with the value of an earlier period. In order to predict the time that mine voids will be filled in, synthetic time series were produced. Evaporation parameter, is an input in the equation of the water balance, which was calculated by the Penman method.

The results from the water balance equation for the different scenarios, showed that the trend is similar concerning water filling, regardless of their large size difference. The filling of both pit voids occurs at a fairly quick pace during the first years, despite the fact that the rainfall falls short of evaporation.

Also, the estimation of water balances confirmed, as in other worldwide cases, the impossibility of filling the pit voids in a natural way (i.e. only with surface runoff and rainfall). The pit void in the Pumping Station seems to be filled at about 13% of its total capacity in case of groundwater leakages and by 32 - 34% without them. The corresponding occupancy rates for the larger void of the Mine, was estimated about 9% and 24 - 27%.

The existence of groundwater leakages plays a crucial role in filling the pit voids, both in the rate of filling during the first years and in the amount of water remaining in them. In the case of ground water leakages, neither of the two voids is expected to be filled, even by supplying the void with water from the Alfios River, through its diversion. In the case of river diversion and existence of underground water leakages, the void in P24 is filled up to about 42% by diverting the 1/3 of the amount of Alfios river flow and about 24% in the case of the



larger pit void. The percentage of the filling water volume for the voids, when a diversion is about 20% of the river flow in the dry season occurs, are 30% and 18%, respectively.

On the contrary, when there are no groundwater leakages, it is estimated that the pit voids are expected to be filled, up to the highest safety level, in the coming years. This period depends on the amount of water supplied by the Alfios River through diversion and is inversely proportional to the size of the gap. Therefore, the pit void in P24 is planned to be filled to the maximum level, during the 22<sup>nd</sup> year after the diversion beginning of the 1/3 amount of Alfios river flow and during the 38<sup>th</sup> year after the diversion equals to the 20% of the river flow. The water filling time of the largest mine void is expected to be longer and is estimated during the 31<sup>st</sup> and 46<sup>th</sup> year, respectively.

## Πίνακας Περιεχομένων

Πρόλογος.....	i
Περίληψη .....	iii
Abstract .....	iv
Εκτενής περίληψη .....	v
Extended abstract.....	viii
Πίνακας Περιεχομένων .....	xi
Κατάλογος Πινάκων .....	xiii
Κατάλογος Εικόνων .....	xiv
Συνοτομογραφίες.....	xix
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή .....	1
1.1. Σκοπός της Εργασίας.....	1
1.2. Διάρθρωση της Εργασίας.....	1
1.3. Μεταλλευτική δραστηριότητα και Υδατικό περιβάλλον .....	3
1.4. Δημιουργία Μεταλλευτικών Λιμνών .....	6
1.5. Ευρωπαϊκό και εθνικό νομοθετικό πλαίσιο.....	19
1.6. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και στην περιοχή μελέτης .....	21
Κεφάλαιο 2. Υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή μελέτης .....	25
2.1 Μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή.....	25
2.2 Θέση Ορυχείων Μεγαλόπολης .....	29
2.2.1 Γεωγραφική θέση και διοικητική Υπαγωγή .....	29
2.2.2 Υδατικό Διαμέρισμα και Λεκάνη Απορροής Ποταμού .....	30
2.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής .....	32
2.4. Κλιματικές συνθήκες της περιοχής .....	34
2.4.1 Γενικά στοιχεία.....	34
2.4.2 Θερμοκρασία .....	35
2.4.3 Σχετική υγρασία .....	36
2.4.4 Άνεμος.....	37
2.4.5 Βροχοπτώσεις .....	37
2.5. Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής .....	37
2.5.1 Γενικά στοιχεία γεωλογικής δομής.....	37
2.5.2 Γεωτεκτονικοί σχηματισμοί.....	40
2.5.3 Μεταλλικά λιμναία ιζήματα .....	43

2.6. Υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής.....	45
2.6.1 Γενικά στοιχεία υδρογεωλογίας.....	45
2.6.2 Καρστικοί υδροφορείς.....	48
2.7. Διαχείριση υδάτων και υφιστάμενη ποσοτική κατάσταση.....	52
2.7.1 Γενικά στοιχεία.....	52
2.7.2 Ορυχείο Θωκνίας.....	54
2.7.3. Ορυχείο Μαραθούσας.....	57
2.7.4. Ορυχείο Κυπαρισίων.....	58
2.7.5. Ορυχείο Χωρεμίου.....	64
2.7.6 Διαχρονική απόληψη υδάτων στα Ορυχεία Μεγαλόπολης.....	66
Κεφάλαιο 3. Ανάπτυξη υδατικού ισοζυγίου της εν δυνάμει λίμνης σε μεταλλευτικό κενό στη δυτική περιοχή του Ορυχείου Χωρεμίου.....	69
3.1. Χαρακτηριστικά μεταλλευτικού κενού.....	69
3.2. Κλιματικά δεδομένα.....	71
3.2.1 Υπολογισμός εξάτμισης.....	75
3.3. Υδατικό ισοζύγιο.....	77
3.3.1. Ανάπτυξη υδατικού ισοζυγίου.....	77
3.3.2 Εκτιμήσεις και παραδοχές.....	82
3.3.3 Εξίσωση συσχέτισης επιφάνειας και όγκου.....	82
3.4. Πρόβλεψη πορείας πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού.....	83
3.5. Εναλλακτικά σενάρια.....	84
Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα.....	87
4.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	87
4.1.1 Εξάτμιση.....	87
4.1.2 Υδατικό ισοζύγιο.....	87
Κεφάλαιο 5. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα.....	105
Κεφάλαιο 6. Επίλογος.....	107
Κεφάλαιο 7. Βιβλιογραφία.....	108
Παράρτημα Α.....	111
Παράρτημα Β.....	116

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Χρονολογίες έναρξης και λήξης εργασιών εκμετάλλευσης Ορυχείων Μεγαλόπολης (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).....	25
Πίνακας 2. Χρονολογίες ένταξης στο σύστημα και παύσης λειτουργίας Μονάδων παραγωγής (ΦΕΚ 92/Β/31.01.2002) .....	26
Πίνακας 3. Πρόβλεψη παραγωγής λιγνίτη, αγόνων υλικών και συνολικών εκσκαφών στο Ορυχείο Χωρεμίου (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022) .....	27
Πίνακας 4. Ποτάμια ΥΣ στην περιοχή δραστηριοτήτων ΔΕΗ (1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΕΛ01, 2017) ....	32
Πίνακας 5. Υπόγεια ΥΣ στην περιοχή δραστηριοτήτων ΔΕΗ (1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΕΛ01, 2017) .....	32
Πίνακας 6. Άντληση υπόγειων υδάτων για τις ανάγκες των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης και στάθμη υπόγειου υδροφόρου (γεώτρηση Ν3/Κ Κύριου υδροφόρου – μέτρηση εντός Δεκεμβρίου κάθε έτους) (2003 – 2020) (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).....	61
Πίνακας 7. Συνολικές ποσότητες ετήσιων αντλήσεων υπόγειων και επιφανειακών υδάτων στα Ορυχεία Μεγαλόπολης (1990 – 2020) (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021) .....	67
Πίνακας 8. Χαρακτηριστικά μεταλλευτικών κενών που εξετάζονται .....	71
Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά Μετεωρολογικών Σταθμών (ΜΣ) περιοχής από τους οποίους χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα .....	71
Πίνακας 10. Τιμές συντελεστών που λαμβάνουν σταθερές τιμές στον υπολογισμό της εξάτμισης ....	77
Πίνακας 11. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο Ρ24 στην περίπτωση πλήρωσης με φυσικό τρόπο .....	88
Πίνακας 12. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο Ρ24 στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού .....	88
Πίνακας 13. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο Ρ24 στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 20% της παροχής του ποταμού.....	89
Πίνακας 14. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου στην περίπτωση πλήρωσης με φυσικό τρόπο.....	96
Πίνακας 15. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού .....	96
Πίνακας 16. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 20% της παροχής του ποταμού.....	97

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Κύκλος Μεταλλευτικών Εργασιών από την Εξόρυξη έως την Αποκατάσταση ( <i>Natural Resources Canada, 2019</i> ).....	5
Εικόνα 2. Περιγραφή του Μεταλλευτικού Νερού “ <i>Mine Water Cycle</i> ” ( <i>Hoth et al. 2001</i> ) .....	6
Εικόνα 3. Διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης κατά τη δημιουργία της Μεταλλευτικής Λίμνης ( <i>Gammons C.H., et al., 2009</i> ) .....	7
Εικόνα 4. Γεωχημικές διεργασίες κατά την δημιουργία και λειτουργία μιας μεταλλευτικής λίμνης ( <i>Gammons C.H., et al., 2009</i> ) .....	8
Εικόνα 5. Εννοιολογικό μοντέλο: α) Ολομικτικών και β) Μερομικτικών Μεταλλευτικών λιμνών με βάση τη λιμνολογία ( <i>Castendyk, 2009a</i> ).....	9
Εικόνα 6. Σενάρια πλήρωσης της λίμνης και υδρογεωλογικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη δημιουργία μιας μεταλλευτικής λίμνης: α) εξάτμιση και υπόγειες εισροές, β) υπόγειες εκροές, επιφανειακές εισροές, γ) υπόγειες εισροές και εκροές, δ) επιφανειακή τροφοδοσία και διαφυγές, παράλληλα με υπόγειες εισροές.....	11
Εικόνα 7. (a) <i>Mafultha Pit lake</i> (September 2018); (b) <i>Kriel Pit lake 4: Ramp 44 North</i> (March 2017); (c) <i>Rooikop Pit lake</i> (November 2017) .....	12
Εικόνα 8. Μεταλλευτικές λίμνες παρόμοιες με φυσικές: (a) <i>Pingualuit</i> στο <i>Nunavik, Quebec, Canada</i> (Photo: PD/NASA), (b) <i>Crater Lake, Oregon</i> (Photo: GFDL/Zainub Razvi/2006), (c) <i>Highland Valley Copper pit lake</i> (BC, Canada), (d) <i>Gold mine-pit lake in Laverton, Western Australia</i> , (e) <i>Maar district, Daun, Germany</i> (Photo: CC BY-SA 3.0/Martin Schildgen), (f) <i>lignite pit lake district, Lusatia, Germany</i> (Photo: PD/Peter Radke/2008).....	13
Εικόνα 9. (a) <i>Lake Kerwari</i> in 2009; (b) Πάρκο αναψυχής και πόλος έλξης τουριστών η Λίμνη <i>Kerwari</i> μετά το άνοιγμα της το καλοκαίρι του 2021.....	14
Εικόνα 10. <i>Lake Zwenkau, Leipzig, Germany 2009 &amp; 2019</i> ( <i>Vandernberg, 2018</i> ) .....	15
Εικόνα 11. <i>Cospuden lake, Leipzig, Germany</i> ( <i>leipzigseen.de</i> ) .....	15
Εικόνα 12. <i>Germin lake, Leipzig, Germany</i> ( <i>leipzigseen.de</i> ) .....	16
Εικόνα 13. <i>Wedge Pit lake in arid Western Australia</i> ( <i>McCullough C. et al., 2020</i> ) .....	16
Εικόνα 14. <i>The “Big Hole” pit lake at Kimberley, South Africa</i> (Source: <i>Wikipedia.org</i> ; photo by <i>Rudolph Botha, March, 2005</i> ).....	17
Εικόνα 15. Μεταλλευτική Λίμνη <i>Κυπαρισσίων</i> στη Μεγαλόπολη .....	18
Εικόνα 16. Μεταλλευτική Λίμνη <i>Αμυνταίου</i> .....	18
Εικόνα 17. Μεταλλευτική Λίμνη <i>Αλιβερίου</i> .....	19
Εικόνα 18. Πρόγραμμα πλήρους απολιγνιτοποίησης της Ελλάδας (Επικαιροποιημένο <i>Master Plan ΔΑΜ λιγνιτικών περιοχών</i> ).....	22
Εικόνα 19. Χωροθέτηση Ορυχείων στην περιοχή Μεγαλόπολης .....	28
Εικόνα 20. Απόσπασμα από το <i>Google Earth</i> , του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης και των θέσεων των ΑΗΣ.....	29
Εικόνα 21. Περιφερειακή Ενότητα και δραστηριότητες ΔΕΗ ( <a href="https://www.e-go.gr/perifereiapeporonhsou">https://www.e-go.gr/perifereiapeporonhsou</a> , τροποποίηση).....	29
Εικόνα 22. Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου (EL01) και χωροθέτηση δραστηριοτήτων ΔΕΗ (1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ, τροποποίηση) .....	31

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Εικόνα 23. Διακύμανση υψομέτρου στην ευρύτερη περιοχή των Ορυχείων (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021) .....	33
Εικόνα 24. Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας (ΚΕΝΑΚ, 2017) .....	35
Εικόνα 25. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στο Μετεωρολογικό Σταθμό (ΜΣ) του ΑΗΣ της ΔΕΗ κατά την περίοδο 1995 – 2005 (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ) .....	36
Εικόνα 26. Μέση μηνιαία σχετική υγρασία στο Μετεωρολογικό Σταθμό (ΜΣ) του ΑΗΣ της ΔΕΗ κατά την περίοδο 1995 – 2005 (Πρωτογενή Στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ) .....	36
Εικόνα 27. Μέσο μηνιαίο ύψος υετού κατά την περίοδο 1995 – 2005 στο Σταθμό ΕΠΕΤ της ΔΕΗ (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ) .....	37
Εικόνα 28. Απόσπασμα από Απλοποιημένο Γεωλογικό Χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Μεγαλόπολη 1:50.000 .....	40
Εικόνα 29. Χάρτης γεωτεκτονικών ζωνών Ελλάδας ( <a href="https://www.orykta.gr">https://www.orykta.gr</a> ).....	41
Εικόνα 30. Στρωματογραφική στήλη περιοχής Μεγαλόπολης (Γεωλογικός χάρτης ΙΓΜΕ-φύλλο Μεγαλόπολη-1:50.000) .....	43
Εικόνα 31. Στρωματογραφική στήλη μεταλλικών σχηματισμών στη λεκάνη Μεγαλόπολης (Τερζοπούλου Ελ., Λιάκουρα Αικ., 1991).....	45
Εικόνα 32. Υδρογεωλογικός χάρτης περιοχής Μεγαλόπολης – Δημητσάνας (Τσιφτσής Ε., 1986).....	48
Εικόνα 33. Υπόγειοι καρστικοί υδροφορείς: Κύριος, Βόρειος και Δυτικός Ορυχείου Κυπαρισίων (WATERCHEM, 2007).....	51
Εικόνα 34. Σχηματική απεικόνιση αποστράγγισης Ορυχείων στα υπερκείμενα του λιγνίτη υδροφόρα στρώματα (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021) .....	53
Εικόνα 35. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης γεωτρήσεων στο Ορυχείο Θωκνίας (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ) .....	55
Εικόνα 36. Άποψη προς Δυτικά του ταμειυτήρα νότια του σημείου μεταφόρτωσης (Περιβαλλοντική αδειοδότηση χώρου απόθεσης στο εξαντλημένο ορυχείο της Θωκνίας, 2022) .....	56
Εικόνα 37. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης αντλιοστασίων στο Ορυχείο Μαραθούσας (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ).....	58
Εικόνα 38. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης καρστικών υδροφόρων στο Ορυχείο Κυπαρισίων (2000 – 2020).....	60
Εικόνα 39. Μεταβολή στάθμης υπόγειου υδροφόρου (γεώτρηση Ν3/Κ Κύριου υδροφόρου – μέτρηση εντός Δεκεμβρίου κάθε έτους) συναρτήσει ετήσιων αντλήσεων υπόγειων υδάτων για τις ανάγκες των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης (2003 – 2020) (Πρωτογενή Στοιχεία από μελέτες της ΔΕΗ) .....	62
Εικόνα 40. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης της λίμνης στο Ορυχείο Κυπαρισίων (2015 – 2022) (Πρωτογενή Στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ).....	63
Εικόνα 41. Λίμνη που έχει δημιουργηθεί σε μεταλλευτικό κενό στο Ορυχείο Κυπαρισίων (15.09.2022).....	63
Εικόνα 42. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης στην αποστραγγιστική γεώτρηση ΠΨ-2 στο Ορυχείο Χωρεμίου (2016 – 2018) (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ).....	65
Εικόνα 43. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης αντλιοστασίων στο Ορυχείο Χωρεμίου (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ).....	66
Εικόνα 44. Διακύμανση ετήσιων αντλήσεων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (1990 – 2020) (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτες της ΔΕΗ).....	68
Εικόνα 45. Αντλιοστάσιο Ρ24 στο Ορυχείο Χωρεμίου .....	69

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Εικόνα 46. Τομή και κάτοψη μεταλλευτικού κενού στη δυτική περιοχή του Ορυχείου Χωρεμίου (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ).....	70
Εικόνα 47. Μέση μηνιαία βροχόπτωση την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης....	72
Εικόνα 48. Μέση μηνιαία θερμοκρασία την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη....	73
Εικόνα 49. Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη .....	73
Εικόνα 50. Μέση μηνιαία σχετική υγρασία την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη.....	74
Εικόνα 51. Μέση μηνιαία τιμή ωρών ηλιοφάνειας την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη.....	75
Εικόνα 52. Γενικό μοντέλο εκτίμησης παραγόντων για το Υδατικό Ισοζύγιο και λειτουργίας των Μεταλλευτικών Λιμνών.....	80
Εικόνα 53. Εκτίμηση Υδατικού Ισοζυγίου Μεταλλευτικής Λίμνης.....	81
Εικόνα 54. Γραφική παράσταση συσχέτισης επιφάνειας που έχει πληρωθεί με νερό και όγκου νερού (επεξεργασία πρωτογενών στοιχείων από ΔΕΗ / ΔΜΕΠΟ / Τομέα Υδρογεωλογικών μελετών για χάραξη της γραφικής παράστασης).....	83
Εικόνα 55. Σενάρια εκτίμησης υδατικού ισοζυγίου με τη χρήση ιστορικών δεδομένων.....	85
Εικόνα 56. Σενάρια εκτίμησης υδατικού ισοζυγίου με τη χρήση ιστορικών δεδομένων και συνθετικών χρονοσειρών .....	86
Εικόνα 57. Μέση μηνιαία εξάτμιση που υπολογίστηκε με τη μέθοδο Penman και τη χρήση ιστορικών δεδομένων του ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη κατά την περίοδο 1980 - 2020.....	87
Εικόνα 58. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη) .....	90
Εικόνα 59. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	90
Εικόνα 60. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη) .....	91
Εικόνα 61. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη).....	91
Εικόνα 62. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	92
Εικόνα 63. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	92
Εικόνα 64. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη).....	93
Εικόνα 65. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	94



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Εικόνα 66. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	94
Εικόνα 67. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη).....	95
Εικόνα 68. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	98
Εικόνα 69. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	98
Εικόνα 70. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη).....	98
Εικόνα 71. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη).....	99
Εικόνα 72. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	100
Εικόνα 73. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	100
Εικόνα 74. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)...	101
Εικόνα 75. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	102
Εικόνα 76. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη).....	102
Εικόνα 77. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη).....	103
Εικόνα 78. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγεια διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)...	104
Εικόνα 79. Πορεία πλήρωσης των δύο υπό εξέταση κενών στην περίπτωση φυσικής πλήρωσης με τη χρήση των ιστορικών στοιχείων της περιόδου 1980 – 2020 (τα ποσοστά πλήρωσης είναι της ίδιας τάξης μεγέθους και πολύ κοντά με εκείνα που προκύπτουν με επιπλέον τη χρήση των συνθετικών χρονοσειρών).....	106
Εικόνα 80. Προβλεπόμενα έτη πλήρωσης των δύο υπό εξέταση κενών στην περίπτωση εκτροπής του ποταμού Αλφειού και απουσίας υπόγειων διαφυγών.....	106



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

---

<i>Εικόνα 81. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου (μακρινή λήψη) .....</i>	<i>116</i>
<i>Εικόνα 82. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου .....</i>	<i>116</i>
<i>Εικόνα 83. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου .....</i>	<i>117</i>
<i>Εικόνα 84. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου .....</i>	<i>117</i>
<i>Εικόνα 85. Εξορυκτικές εργασίες δίπλα στο Αντλιοστάσιο P24 .....</i>	<i>118</i>
<i>Εικόνα 86. Λεκάνη καθίζησης και αντλιοστάσιο στο Ορυχείο Χωρεμίου .....</i>	<i>118</i>
<i>Εικόνα 87. Αντλιοστάσιο P13 στο Ορυχείο Χωρεμίου .....</i>	<i>119</i>
<i>Εικόνα 88. Μεταλλευτική λίμνη που έχει δημιουργηθεί με φυσικό τρόπο στο εξοφλημένο Ορυχείο Μαραθούσας .....</i>	<i>119</i>
<i>Εικόνα 89. Μεταλλευτική λίμνη που έχει δημιουργηθεί με φυσικό τρόπο στο εξοφλημένο Ορυχείο Κυπαρισσίων .....</i>	<i>120</i>

## Συντομογραφίες

ΑΕΠΟ	Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων
ΑΗΣ	Ατμοηλεκτρικός Σταθμός
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΑτΘ	Αέριο του Θερμοκηπίου
ΔΕΗ	Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού
ΔΜΕΠΟ	Διεύθυνση Μελετών Εκμετάλλευσης και Περάτωσης Ορυχείων
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΣΕΚ	Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα
ΕΜΥ	Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΛΑΠ	Λεκάνη Απορροής Ποταμών
ΛΚΜ	Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης
ΜΠΕ	Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
ΜΣ	Μετεωρολογικός Σταθμός
ΟΗΕ	Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών
ΠΕ	Περιφερειακή Ενότητα
ΣΔΑΜ	Σχέδιο Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης
ΣΔΛΑΠ	Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών
ΥΔ	Υδατικό Διαμέρισμα
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας
ΥΣ	Υδατικό Σύστημα

## Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

### 1.1. Σκοπός της Εργασίας

Στη Συμφωνία του Παρισιού, η οποία εγκρίθηκε ομόφωνα περί τα τέλη του 2015, όλα τα Κράτη Μέλη συμφώνησαν να θέσουν την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) στην πορεία που θα της επιτρέψει να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη οικονομία και κοινωνία έως το 2050. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, η ΕΕ δεσμεύτηκε για την υλοποίηση της Πράσινης Συμφωνίας που περιλαμβάνει δέσμη πρωτοβουλιών πολιτικής για τη μείωση των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (ΑτΘ) κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 (Fit for 55).

Προς συμμόρφωση με τις ως άνω δεσμεύσεις, η Ελλάδα συντάσσει το 2019 το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), το οποίο αποτελεί το Στρατηγικό Σχέδιο που σχετίζεται με θέματα του Κλίματος και της Ενέργειας. Στο Ελληνικό ΕΣΕΚ, παρουσιάζεται, μεταξύ άλλων και ένα ιδιαίτερα φιλόδοξο πρόγραμμα απολιγνιτοποίησης που περιλαμβάνει τη δραστική και οριστική μείωση του μεριδίου λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή. Συγκεκριμένα, προβλέπεται πλήρη απένταξη του λιγνίτη από το εγχώριο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το έτος 2028. Η οριστική παύση λειτουργίας και της τελευταίας σε λειτουργία λιγνιτικής Μονάδας στη Μεγαλόπολη που τροφοδοτείται με λιγνίτη από τα Ορυχεία της περιοχής, προβλέπεται να πραγματοποιηθεί έως το 2023.

Στο πλαίσιο της απολιγνιτοποίησης και προκειμένου να επιτευχθεί δίκαιη αναπτυξιακή μετάβαση της περιοχής του Δήμου Μεγαλόπολης, η οποία εξαρτάται από την εξόρυξη και χρήση του λιγνίτη, καταρτίστηκε το 2020, το Σχέδιο Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης (ΣΔΑΜ). Σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο ΣΔΑΜ, παράλληλα με την απόσυρση των λιγνιτικών Μονάδων, προβλέπεται υιοθέτηση ολοκληρωμένων προγραμμάτων για τη στήριξη της λιγνιτικής περιοχής κατά τη μετάβαση στη μεταλιγνιτική περίοδο και τη δημιουργία προϋποθέσεων για ανάπτυξη νέων μεταλιγνιτικών χρήσεων. Ο μεταλλευτικός σχεδιασμός των Ορυχείων της Μεγαλόπολης, ο οποίος τροποποιήθηκε πρόσφατα ώστε να ενσωματώσει τις νέες απαιτήσεις για απολιγνιτοποίηση, προβλέπει τη δημιουργία λιμνών σε μεταλλευτικά κενά των Ορυχείων

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξέταση δημιουργίας πιθανής λίμνης σε μεταλλευτικά κενά του Ορυχείου Χωρεμίου. Το Ορυχείο Χωρεμίου είναι το μοναδικό Ορυχείο της Πελοποννήσου στο οποίο εκτελούνται εξορυκτικές εργασίες και προγραμματίζεται, σύμφωνα με το ισχύον Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ), να παύσει τις εργασίες του εντός του 2023, με την παράλληλη παύση λειτουργίας της λιγνιτικής Μονάδας IV του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β, την οποία τροφοδοτεί σε λιγνίτη.

### 1.2. Διάρθρωση της Εργασίας

Στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής αυτής διατριβής, διερευνήθηκε η δημιουργία μεταλλευτικής λίμνης: α) σε μεταλλευτικό κενό, στο οποίο έχουν περατωθεί ήδη οι εξορυκτικές διεργασίες και λειτουργεί σήμερα το αντλιοστάσιο P24 και β) σε συνολικό μεταλλευτικό κενό του Ορυχείου Χωρεμίου που προβλέπεται να παραμείνει μετά το πέρας της εκμετάλλευσης

Η διερεύνηση δημιουργίας των λιμνών έγινε με την εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου και τις αντίστοιχες παραδοχές, ενώ εξετάστηκαν και διάφορα σενάρια για την πλήρωση του κενού, ώστε να αξιολογηθεί η δυνατότητα πλήρωσης υπό διαφορετικές συνθήκες (πιθανές

υπόγειες διαφυγές και πιθανή εκτροπή ποταμού Αλφειού για τροφοδότηση πρόσθετου νερού στην προσπάθεια πλήρωσης του κενού).

Για τις ανάγκες των υπολογισμών, πραγματοποιήθηκε συλλογή διαθέσιμων κλιματικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής της Μεγαλόπολης και αξιολόγηση αυτών. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα, τα οποία κρίθηκαν ως αξιόπιστα και διέθεταν τη μεγαλύτερη δυνατή χρονοσειρά, ώστε οι υπολογισμοί να οδηγήσουν σε ασφαλή συμπεράσματα και σωστές εκτιμήσεις. Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) για το Μετεωρολογικό Σταθμό (ΜΣ) της Τρίπολης, από το αρχείο της ΔΕΗ και από την 1<sup>η</sup> Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) του Υδατικού Διαμερίσματος (ΥΔ) Δυτικής Πελοποννήσου (ΕΛ01). Τα στοιχεία που ήταν απαραίτητα για τους υπολογισμούς και αφορούν κατά κύριο λόγο τη μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή της Μεγαλόπολης, διατέθηκαν από τον Τομέα Υδρογεωλογικών Μελετών της Διεύθυνσης Λειτουργιών Υποστήριξης Λιγνιτικής Παραγωγής και τον Τομέα Μεταλλευτικού Σχεδιασμού & Απόδοσης της Διεύθυνσης Λιγνιτικής Παραγωγής Μεγαλόπολης της ΔΕΗ Α.Ε.

Στο πλαίσιο της εργασίας πραγματοποιήθηκε επί τόπου επίσκεψη στα Ορυχεία της Μεγαλόπολης για αναγνώριση της περιοχής, αξιολόγηση της σημερινής εικόνας των Ορυχείων και εξέταση των γεωλογικών και τοπογραφικών συνθηκών που επικρατούν. Κατά την επί τόπου επίσκεψη, αποτυπώθηκε και παρατίθεται η σημερινή κατάσταση των εξορυκτικών εργασιών σε φωτογραφίες, οι οποίες παρατίθενται στο Παράρτημα Β.

Η παρούσα εργασία αποτελείται από πέντε (6) Κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1, δίνονται εισαγωγικά στοιχεία, τα οποία αφορούν σε βιβλιογραφική ανασκόπηση διαχείρισης νερού στη μεταλλευτική δραστηριότητα και περιπτώσεων δημιουργίας μεταλλευτικών λιμνών παγκοσμίως. Επίσης, στο Κεφάλαιο 1, περιγράφεται η Ευρωπαϊκή νομοθεσία που σχετίζεται με τους στόχους μείωσης των εκπομπών, καθώς και η εφαρμογή και εναρμόνιση αυτής στο Ελληνικό Δίκαιο σε ότι αφορά την απολιγνιτοποίηση.

Στο Κεφάλαιο 2, περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή μελέτης των Ορυχείων Μεγαλόπολης. Παρουσιάζεται η μεταλλευτική δραστηριότητα έπειτα από την Απόφαση για απολιγνιτοποίηση και δίδεται η γεωγραφική θέση των Ορυχείων και η θέση τους αναφορικά με το ΣΔΛΑΠ του ΥΔ, στο οποίο χωροθετούνται. Περιγράφονται τα μορφολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και οι κλιματικές και υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Στο τέλος του Κεφαλαίου δίνονται πληροφορίες για τη διαχείριση υπόγειων και επιφανειακών νερών και στα τέσσερα πρώην ή νυν, κατά περίπτωση, Ορυχεία της Μεγαλόπολης (Θωκνίας, Μαραθούσας, Κυπαρισσίων και Χωρεμίου).

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται αναλυτικά το υπολογιστικό κομμάτι της εργασίας. Παρουσιάζονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς και οι μεθοδολογίες του υπολογισμού της εξάτμισης και της ανάπτυξης του υδατικού ισοζυγίου. Αναφέρονται οι εκτιμήσεις και οι παραδοχές που ελήφθησαν υπόψη και ο τρόπος παραγωγής συνθετικών χρονοσειρών κλιματικών παραμέτρων προκειμένου να εξεταστεί η πορεία πλήρωσης των κενών περισσότερα έτη από εκείνα για τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα ιστορικά στοιχεία. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται, επίσης, δώδεκα (12) διαφορετικά εναλλακτικά σενάρια που μπορούν να λάβουν χώρα κατά την πλήρωση των μεταλλευτικών κενών που εξετάζονται.

Στο Κεφάλαιο 4, συγκεντρώνονται σε Διαγράμματα και Πίνακες τα αποτελέσματα των υπολογισμών του Κεφαλαίου 3, ενώ στο Κεφάλαιο 5 αξιολογούνται τα αποτελέσματα και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας. Η βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε για τη σύνταξη της παρούσας διατριβής, αναφέρεται στο Κεφάλαιο 6.

Τέλος, στο Παράρτημα Α δίνονται σε Πίνακες τα ιστορικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς και στο Παράρτημα Β, παρουσιάζονται φωτογραφίες από την επί τόπου επίσκεψη στα Ορυχεία Μεγαλόπολης που πραγματοποιήθηκε το Σεπτέμβριο του 2022.

### 1.3. Μεταλλευτική δραστηριότητα και Υδατικό περιβάλλον

Η εξόρυξη μετάλλων-μεταλλευμάτων και ορυκτών καυσίμων αποτελούσε εδώ και εκατοντάδες χρόνια μια επιτακτική αναγκαιότητα για την κάλυψη ενεργειακών και άλλων ανθρώπινων αναγκών που προέκυπταν από την ολοένα αυξανόμενη τεχνολογική ανάπτυξη. Το περιβαλλοντικό αποτύπωμα των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων, μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, αποτελεί μέχρι και σήμερα τη βασικότερη πρόκληση που έχουν να αντιμετωπίσουν οι εταιρείες, που ασχολούνται με τις εξορύξεις. Ειδικά στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις, η περιβαλλοντική αποκατάσταση του τοπίου και γενικότερα της περιοχής που λάμβανε χώρα η εκμετάλλευση, αποτελεί την κύρια προτεραιότητα όλων των εμπλεκόμενων φορέων, κυρίως λόγω του επιφανειακού χαρακτήρα των δραστηριοτήτων αυτών.

Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες δυνητικά προκαλούν επιπτώσεις στο υδατικό περιβάλλον με το οποίο αλληλοεπιδρούν και οι συνέπειες μπορεί να είναι εμφανείς καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των δραστηριοτήτων εκμετάλλευσης.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου οι επιπτώσεις των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων στα νερά μιας περιοχής είναι θετικές, όπως για παράδειγμα όταν τα νερά των μεταλλείων ή ορυχείων συλλέγονται σε ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης και διαμοιράζονται σε διάφορους αποδέκτες διαφορετικών χρήσεων. Η σωστή διαχείριση των νερών της μεταλλευτικής “Mine Water Management” διασφαλίζει την ποιότητα και την ποσότητα των νερών, που υλοποιείται με την τακτική και συνεχή παρακολούθηση “monitoring”.

Στον αντίποδα, υπάρχουν δυνητικά και οι αρνητικές επιπτώσεις από τα νερά των μεταλλείων/ορυχείων, όπου μπορεί (Younger et al., 2002): α) να προκαλέσουν μείωση των διαθέσιμων αποθεμάτων των υδατικών πόρων λόγω εργασιών αποστράγγισης των χώρων εξόρυξης, β) ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών κατά τη διαδρομή τους στους χώρους εκμετάλλευσης ή μέσω υδραυλικής επικοινωνίας με άλλα υδροφόρα στρώματα, γ) ρύπανση από την ανεξέλεγκτη διάθεση των αποβλήτων εντός των υδατικών συστημάτων. Όλα τα παραπάνω απαιτούν προσεκτικό, συνεχή και λεπτομερή έλεγχο (monitoring), ώστε να προλαμβάνονται τέτοιες επιπτώσεις, πριν αποτελέσουν μακροχρόνιο περιβαλλοντικό πρόβλημα, ακόμα και κατά το πέρας των εξορυκτικών δραστηριοτήτων.

Κατά τη διαδικασία των αποστραγγίσεων, είναι καθοριστικό να υπάρχει συνεχής έλεγχος ποσοτικός και ποιοτικός των υπόγειων νερών, διαφορετικά θα μπορούσε να προκληθεί μείωση ροής σε παρακείμενα ρέματα ή πτώση στάθμης σε υδροφόρα συστήματα που βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία με αυτά του χώρου εκμετάλλευσης. Επίσης, κατά τη διαχείριση των αντλούμενων νερών θα πρέπει να πραγματοποιείται έλεγχος ποιότητας των νερών, πριν διατεθούν σε άλλους φυσικούς αποδέκτες.

Η διάθεση αποβλήτων, στείρων ή παραπροϊόντων από τις εξορυκτικές δραστηριότητες ή της καύσης π.χ. λιγνίτη, θα πρέπει να γίνεται σύμφωνα με όλους τους περιβαλλοντικούς όρους και με συνεχή παρακολούθηση, προκειμένου να μην υπάρξει υποβάθμιση της ποιότητας των εδαφών και των επιφανειακών και υπόγειων νερών.

Ο Μεταλλευτικός Κύκλος και οι Εργασίες που τον ακολουθούν περιγράφονται στην Εικόνα 1, από την έναρξη της εκμετάλλευσης μέχρι το πέρας και την αποκατάσταση των εξορυγμένων χώρων.

Το νερό που έρχεται σε επαφή με τις επιφάνειες των μεταλλευτικών κενών και το χώρο της εκμετάλλευσης, ρέει επιφανειακά στα πρανή του ορυχείου, αλληλεπιδρά με τα γεωλογικά στρώματα και τις πιθανές μεταλλοφορίες ή τις εναπομείναντες φλέβες κοιτάσματος, με αποτέλεσμα την μεταβολή των υδρογεωχημικών χαρακτηριστικών, όπου παρατηρούνται όξινες, ουδέτερες ή βασικές απορροές με υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων στερεών. Το νερό αυτό ονομάζεται «Νερό άμεσης επίδρασης από την μεταλλευτική εκμετάλλευση» ή διαφορετικά με το διεθνή όρο που είναι γνωστός ως “Mine Water”. Το “Mine Water” είναι νερό που «εξορύσσεται» από το έδαφος και ρέει από τις εξορυσσόμενες περιοχές προς γειτνιάζοντες «υδάτινους αποδέκτες», όπως ρεύματα, υδροτόπους, λίμνες, υδροφόρα στρώματα και ωκεανούς. Το “Mine Water” πρέπει να λογίζεται ως μέρος του υδρολογικού κύκλου (Εικόνα 2). Επιπλέον, σε περιοχές με εξορυκτικές δραστηριότητες, η έννοια της διαχείρισης του Μεταλλευτικού Νερού, “Mine Water Management”, αποτελεί κύρια φροντίδα των μεταλλευτικών εταιρειών και των τοπικών φορέων στις περιοχές που λαμβάνουν χώρα εξορυκτικές δραστηριότητες (Wolkersdorfer, 2008).

Η εκμετάλλευση κοιτασμάτων μπορεί να είναι υπόγεια ή επιφανειακή ή και συνδυασμός και των δύο (περίπτωση Αλιβερίου στην Ελλάδα). Οι υπαίθριες εκμεταλλεύσεις αποτελούν κοινή πρακτική τις τελευταίες δεκαετίες σε πολλά μέρη του κόσμου (όπως στην Αυστραλία), για την εξόρυξη μεταλλευμάτων που εντοπίζονται κοντά στην επιφάνεια. Μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, δημιουργούνται ανοικτές εκσκαφές, οι οποίες πρόκειται για τα λεγόμενα «μεταλλευτικά κενά».

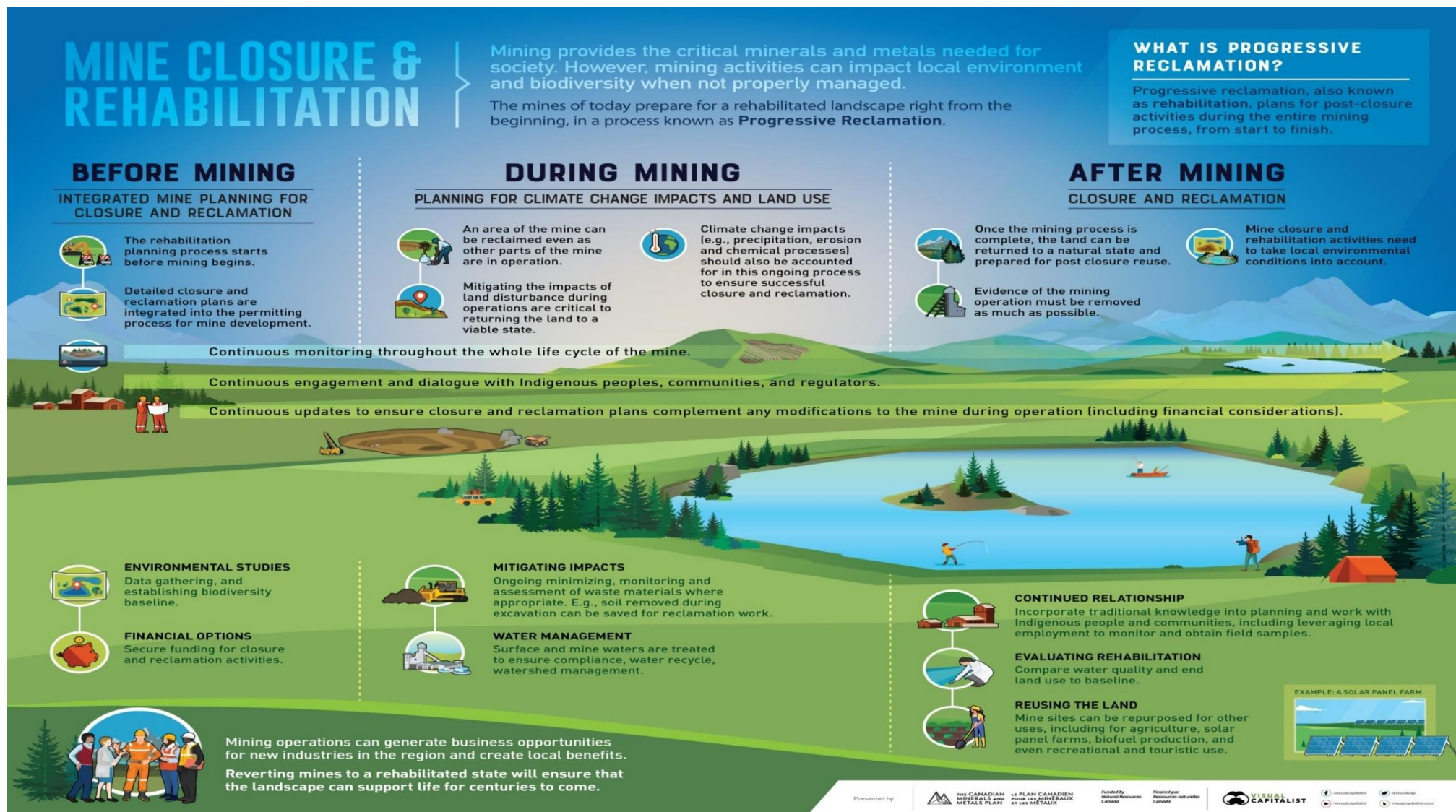
Τα μεταλλευτικά αυτά κενά έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- i. Με την παύση όλων των λειτουργιών ενός ορυχείου, σταματούν και οι αντλήσεις επιφανειακών νερών αλλά και υπόγειων νερών μέσω των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων. Αποτέλεσμα είναι η συσσώρευση επιφανειακών νερών στο κενό.
- ii. Το δάπεδο των εκμεταλλεύσεων συχνά βρίσκεται σε χαμηλότερο απόλυτο υψόμετρο από αυτό της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφόρου στρώματος, με αποτέλεσμα να εντοπίζονται υπόγειες εισροές στην εκσκαφή.
- iii. Δέχονται σημαντικές ποσότητες νερού, απευθείας μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχόπτωση, χιόνι, χαλάζι κ.λπ.).

Αυτά τα μεταλλευτικά κενά, πληρώνονται με νερό, είτε φυσικά μέσω υδρολογικών διεργασιών (πλημμύρες, ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, υπόγειες εισροές, κ.ά.), είτε τεχνητά μέσω εκτροπής ρεμάτων ή ποταμών δημιουργώντας τις μεταλλευτικές λίμνες “Pit Lakes” (Castro and Moore, 2000). Η πλήρωση του μεταλλευτικού κενού πραγματοποιείται κυρίως από τις βροχοπτώσεις και το χιόνι στα πρανή της λίμνης, τις υπόγειες εισροές από τα υδροφόρα στρώματα που αναπτύσσονται περίξ της λίμνης, από πιθανές διακλάσεις, καθώς και από το δάπεδό της.

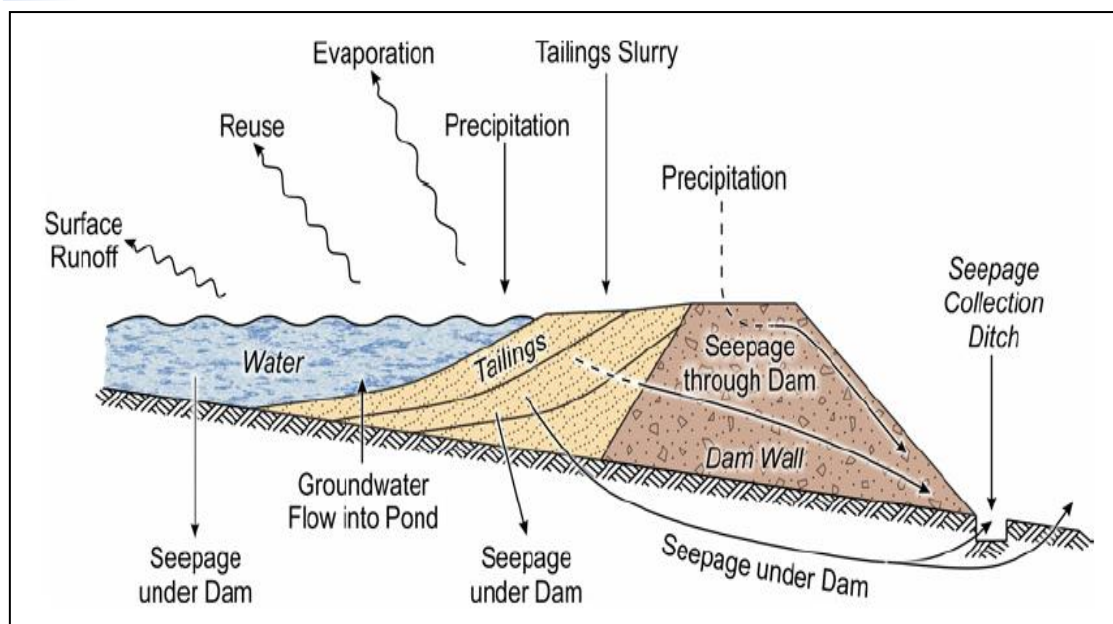


Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 1. Κύκλος Μεταλλευτικών Εργασιών από την Εξόρυξη έως την Αποκατάσταση (Natural Resources Canada, 2019)

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 2. Περιγραφή του Μεταλλευτικού Νερού "Mine Water Cycle" (Hoth et al. 2001)

#### 1.4. Δημιουργία Μεταλλευτικών Λιμνών

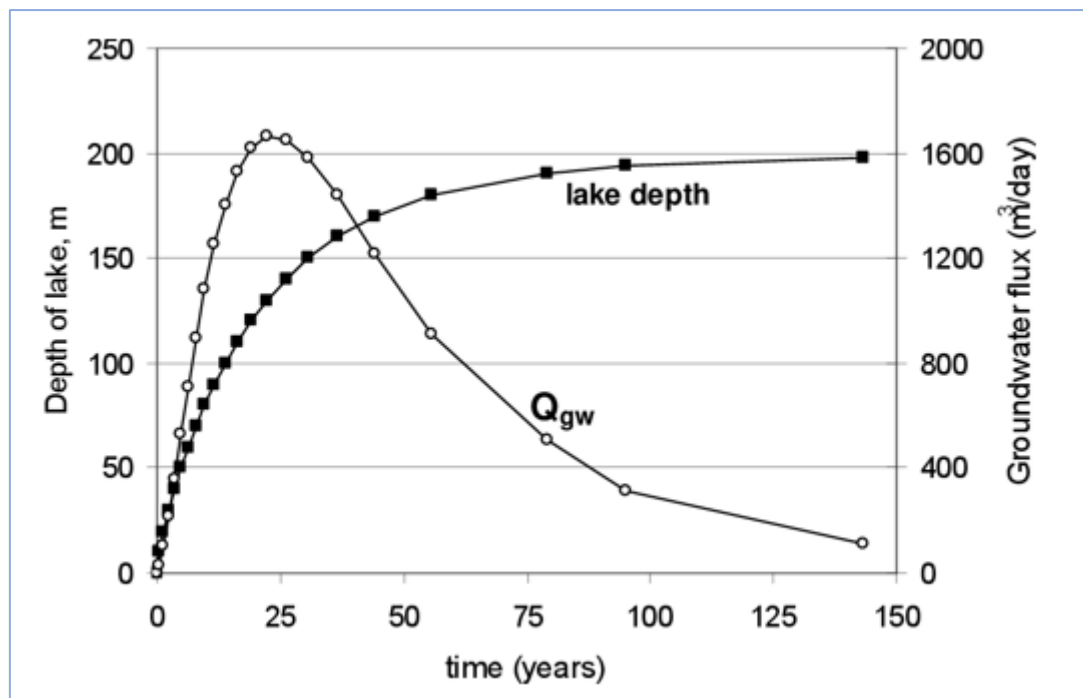
Ανάλογα με το είδος της εκμετάλλευσης των ορυχείων, τα μεταλλευτικά κενά που απομένουν μετά το πέρας της εκμετάλλευσης παρουσιάζουν διαφορετικά φυσικά, γεωχημικά και οικολογικά χαρακτηριστικά, που είναι σημαντικά και καθοριστικά κατά τη δημιουργία των μεταλλευτικών λιμνών. Οι μεταλλευτικές λίμνες διαφέρουν σημαντικά ως προς τα χαρακτηριστικά τους, σε σχέση με τις φυσικές λίμνες, λόγω του τρόπου δημιουργίας τους.

Ιδεατά, οι εταιρείες μεταλλευτικής προγραμματίζουν και διερευνούν τις προοπτικές δημιουργίας μεταλλευτικών λιμνών, τα οφέλη και τους κινδύνους κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης, κατά το πέρας αυτής αλλά και τη μετέπειτα περίοδο. Ανάλογα με τον όγκο και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των μεταλλευτικών κενών, καθώς και τις υδρολογικές διαδικασίες εισροής και εκροής νερών, η λίμνη μπορεί να χρειαστεί από 1 έτος έως 500 χρόνια για να επιτευχθεί μια σταθερή κατάσταση στο επίπεδό της (Castendyk and Eary, 2009).

Στόχος της δημιουργίας των μεταλλευτικών λιμνών, είναι η περιβαλλοντική αποκατάσταση του μορφολογικού κενού που έχει δημιουργηθεί μετά το πέρας της εκμετάλλευσης και η δημιουργία ενός ασφαλούς χώρου με σταθερές και καλές περιβαλλοντικές συνθήκες που θα μπορεί να αξιοποιηθεί ποικιλοτρόπως με μακροπρόθεσμα οφέλη για την τοπική κοινωνία. Η αξία τους ως πόροι για αναψυχή, άρδευση και αλιεία, καθώς και ως δεξαμενές παραγωγής ενέργειας και βιοτόπους άγριας ζωής, εξαρτάται κυρίως από την τοπογραφία και την ασφάλειά τους, τα γεωτεχνικά (ευαισθησία σε κατολισθήσεις, πτώσεις βράχων, κ.λπ.) και τα υδρολογικά χαρακτηριστικά τους (αλληλεπίδραση με υπόγεια και επιφανειακά ύδατα και ποιότητα αυτών) και από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Η δημιουργία και η σταθεροποίηση της στάθμης μιας μεταλλευτικής λίμνης χρειάζεται αρκετά χρόνια, πολλές φορές και πάνω από 50 χρόνια, ενώ τα πρώτα 15 χρόνια συνήθως βρίσκεται σε μια δυναμική κατάσταση (Εικόνα 3).



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 3. Διάγραμμα διακύμανσης της στάθμης κατά τη δημιουργία της Μεταλλευτικής Λίμνης (Gammons C.H., et al., 2009)

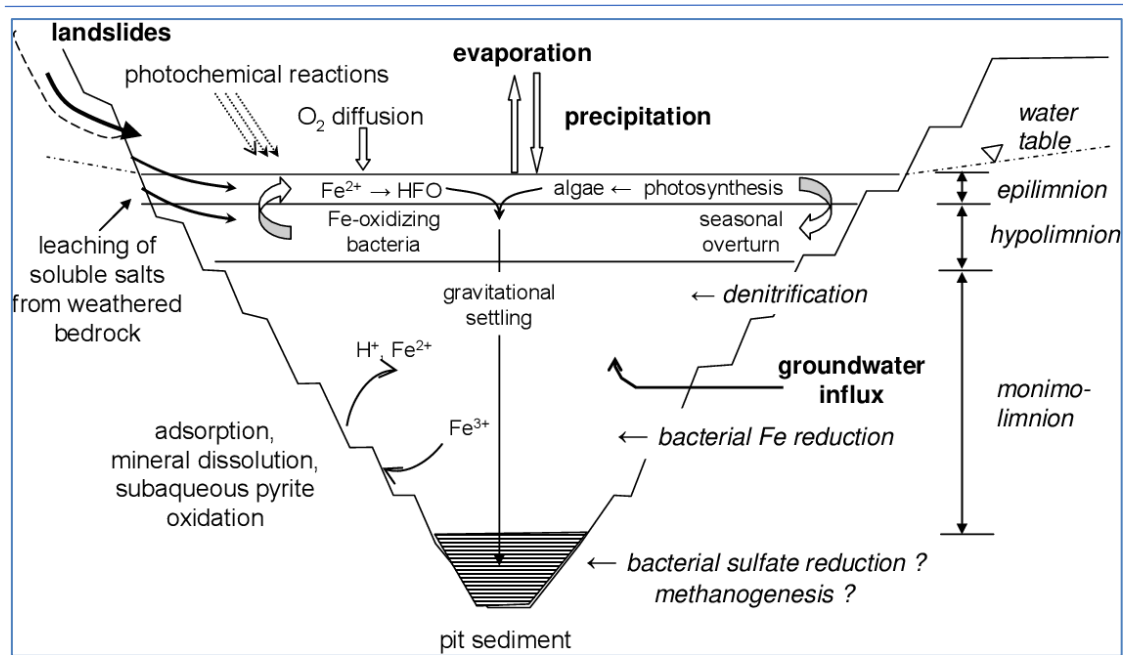
Η δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών, χωρίς σχεδιασμό και σωστή παρακολούθηση, παρουσιάζει κινδύνους για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια (Douré and Lymbery, 2005; Hinwood et al., 2012), όπως η ευστάθεια των πρανών και η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού (McCullough and Lund, 2006).

Η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού προκαλείται συχνά από (McCullough et al., 2020):

- (i) τη δράση της όξινης απορροής (Acid Mine Drainage), όπου παρουσιάζει χαμηλό pH ή/και αυξημένες συγκεντρώσεις μετάλλων που σχετίζονται με την οξείδωση των θειούχων ορυκτών,
- (ii) την παρουσία ουδέτερων ή βασικών νερών που προκύπτουν από την αποστράγγιση των ορυχείων, τα οποία συνοδεύονται από αυξημένες συγκεντρώσεις δυνητικά τοξικών στοιχείων (π.χ. Se, As, Cr) που είναι ευκίνητα και ευδιάλυτα σε ουδέτερο προς βασικό pH,
- (iii) την αυξημένη αλατότητα που προκύπτει από την αυξημένη εξάτμιση και
- (iv) τις αυξημένες συγκεντρώσεις των αζωτούχων ενώσεων.

Οι γεωχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια μεταλλευτική λίμνη είναι πολλές και σύνθετες και χρήζουν ιδιαίτερης διερεύνησης, κατά τη διάρκεια της δημιουργίας της, καθώς και όταν είναι σε μια δυναμική εξέλιξη μέχρι και την επίτευξη της οικολογικής ισορροπίας της λίμνης. Στην Εικόνα 4, παρουσιάζονται συνοπτικά οι κύριες γεωχημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μια μεταλλευτική λίμνη.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



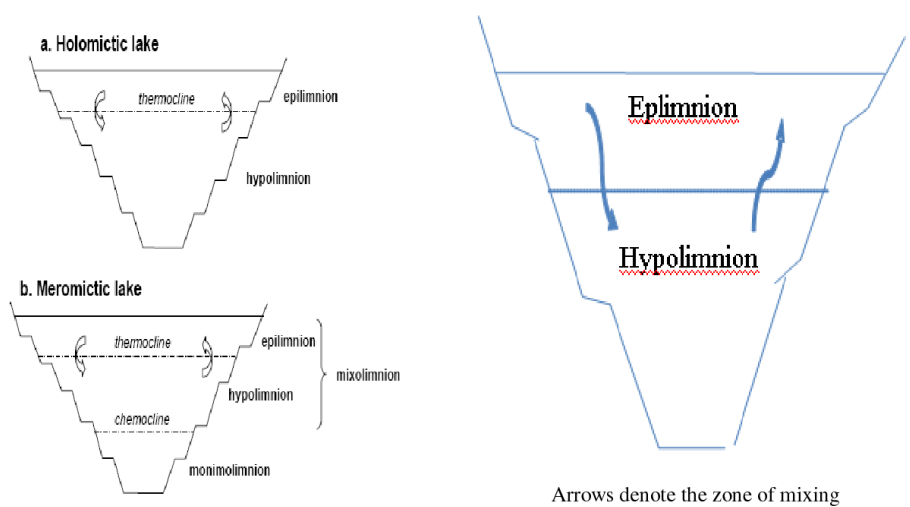
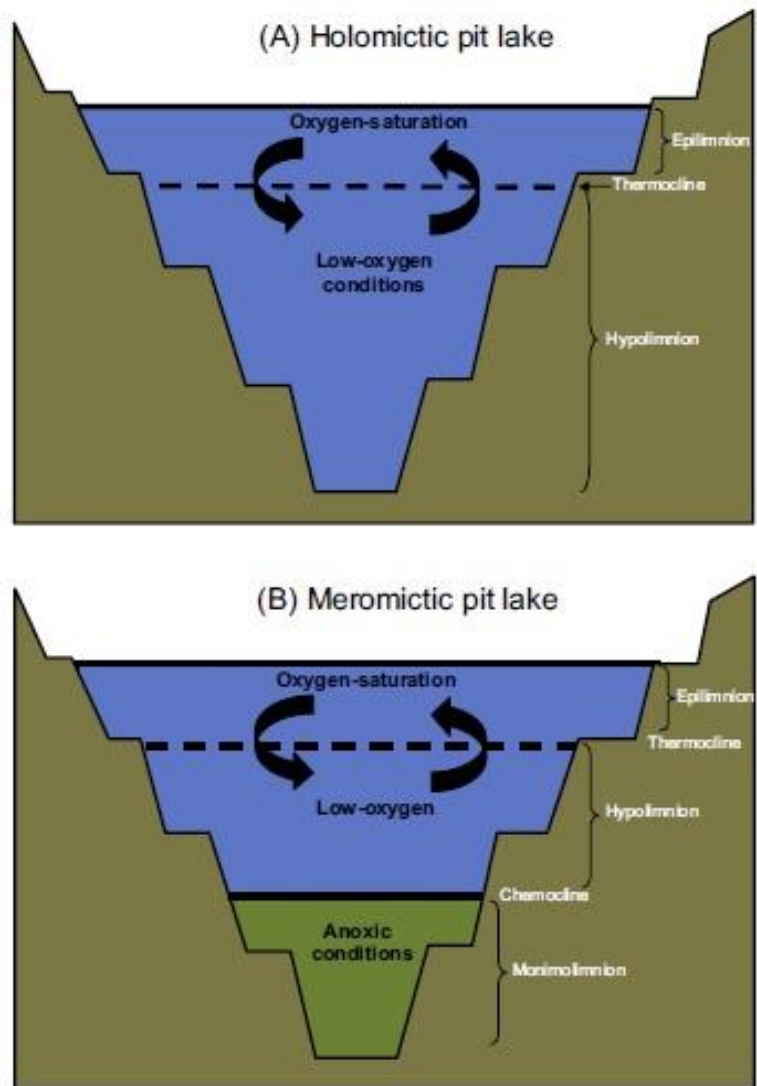
Εικόνα 4. Γεωχημικές διεργασίες κατά την δημιουργία και λειτουργία μιας μεταλλευτικής λίμνης (Gammons C.H., et al., 2009)

Σε κάθε μεταλλευτική λίμνη, η κατακόρυφη δομή της και το κατά πόσον επηρεάζεται από τις εποχιακές αλλαγές, ονομάζεται «κύκλος εργασιών» της ή “turnover”. Σύμφωνα με τον «κύκλο εργασιών», οι λίμνες διακρίνονται σε «ολομικτικές» (“holomictic pit lakes”) ή «μερομικτικές» (“meromictic pit lakes”). Σε αυτές τις λίμνες σημειώνονται ξεχωριστές ζώνες εποχικής ανάμειξης (ανάλογα με τη θερμοκρασία, την πυκνότητα και το βάθος). Όταν η θερμοκρασία εμφανίζει εποχιακές μεταβολές και αλλάζει πολύ απότομα, αλλάζει η κατακόρυφη δομή της λίμνης. Το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σημασία ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες μιας περιοχής, σε σχέση με την οικολογία και τη λιμνολογία. Γενικά, η πυκνότητα του νερού, η επίδραση των αλλαγών στη θερμοκρασία και η επίδραση των αλλαγών στην αλατότητα (από το ανώτερο στρώμα στο κατώτερο στρώμα) είναι σημαντικά για τις μεταλλευτικές λίμνες. Ολομικτικές λίμνες είναι εκείνες που συνήθως υποβάλλονται σε πλήρη θερμοκρασιακή μεταβολή από την κορυφή ως τη βάση τους κατά τη διάρκεια της Άνοιξης και του Φθινοπώρου, όταν οι θερμοκρασίες των επιφανειακών νερών περνούν από τη μέγιστη πυκνότητά τους, περίπου σε θερμοκρασία 4°C (Εικόνα 5). Οι ολομικτικές λίμνες στρωματοποιούνται κάθετα το καλοκαίρι, με ένα θερμότερο και λιγότερο πυκνό «επιλίμνιο» να στηρίζεται πάνω από ένα ψυχρότερο και πιο πυκνό «υπολίμνιο». Αυτά τα δύο στρώματα χωρίζονται από μια θερμοκλίνη (επίσης γνωστή ως «μεταλίμνιον»), δηλαδή μια ζώνη ταχείας αλλαγής θερμοκρασίας με το βάθος. Το χειμώνα, θερμοκρασίες μικρότερες από 4°C στα πιο ρηχά νερά (συχνά κάτω από πάγο), οδηγούν και πάλι σε στρωμάτωση (Stevens and Lawrence, 1998; Hodges et al., 2000; Wetzel, 2001).

Σε αντίθεση με τις ολομικτικές λίμνες, οι μερομικτικές λίμνες περιέχουν ένα κατώτατο στρώμα πολύ αλμυρού νερού, το οποίο έχει πολύ μεγάλη πυκνότητα για να αναμειχθεί με υπερκείμενα νερά, ανεξάρτητα από το προφίλ θερμοκρασίας (Schultze, 2006). Αν και το επιλίμνιο και το υπολίμνιο δυνητικά αναμειγνύονται εποχιακά (αυτή η ζώνη αναφέρεται ως «μιξολίμνιον»), το νερό στο μονιμολίμνιο είναι πολύ πυκνό και αλμυρό για να ανατραπεί. Η διεπαφάνεια μεταξύ του μιχολίμνιον και του μονιμολίμνιον αναφέρεται συχνά ως “chemocline” (δηλαδή, μια διεπαφή στη χημική σύνθεση ή την αλατότητα). Γενικά, η επίδραση των αλλαγών στην αλατότητα είναι μεγαλύτερη από την επίδραση των αλλαγών στη θερμοκρασία κατά τον προσδιορισμό της

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

πυκνότητας του νερού σε μια μεταλλευτική λίμνη. Η εξωγενής μερόμιξη εμφανίζεται όταν κάποιο εξωτερικό ή ανθρωπογενές αίτιο τροφοδοτεί αλατούχο νερό σε μια λίμνη γλυκού νερού ή γλυκό νερό σε μια αλμυρή λίμνη (Fisher and Lawrence, 2006).



Arrows denote the zone of mixing

Εικόνα 5. Εννοιολογικό μοντέλο: α) Ολομικτικών και β) Μερομικτικών Μεταλλευτικών λιμνών με βάση τη λιμνολογία (Castendyk, 2009a)

### Αλληλο-επίδραση υπόγειων νερών και μεταλλευτικών λιμνών

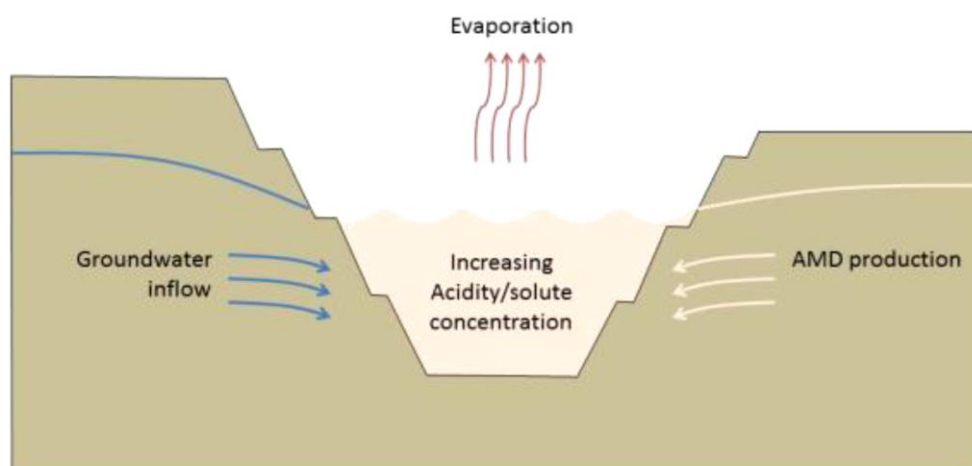
Η πιθανή υδραυλική επικοινωνία των μεταλλευτικών λιμνών με τα υπόγεια νερά της γειτινιάζουσας περιοχής, αποτελεί ένα βασικό χαρακτηριστικό των λιμνών αυτών συγκριτικά με άλλους τύπους λιμνών (Brown and Trott, 2014).

Οι μεταλλευτικές λίμνες είναι «νεαρής ηλικίας», συνεπώς ολιγοτροφικές, και δεν προλαβαίνει να συσσωρευτεί στο δάπεδο της εκμετάλλευσης και πλέον πυθμένα της λίμνης οργανικό υλικό, που θα βοηθούσαν στην στεγανοποίησή τους. Τα πρανή της λίμνης “Pit Walls”, αποκόπτουν προσχωσιγενείς υδροφόρους και σχηματισμούς που έχουν υποστεί τεκτονικές διεργασίες, κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης (Vandenberg et al., 2022). Παράλληλα, οι εμφανίσεις μεταλλοφορίας ή κοιτάσματος κατά μήκος γεωλογικών δομών, δημιουργούν προνομιακά μονοπάτια ροής των επιφανειακών νερών. Η εκμετάλλευση με χρήση εκρηκτικών υλών, καταπονεί τα πετρώματα, δημιουργώντας διακλάσεις ή κατακερματισμούς, με αποτέλεσμα την αύξηση της υδραυλικής αγωγιμότητας αυτών και τη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την κατείδυση των νερών.

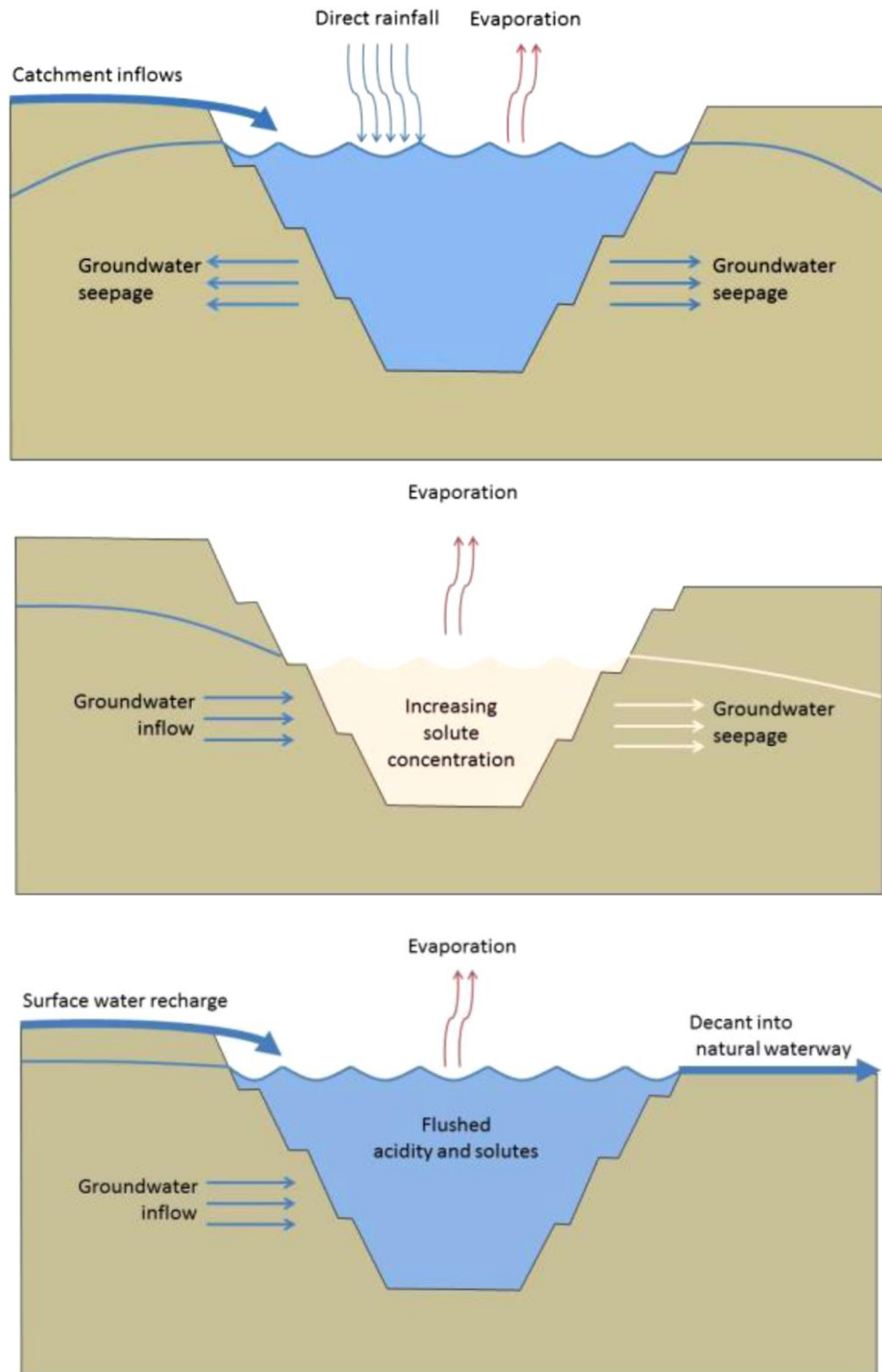
Ο πιο κρίσιμος παράγοντας δημιουργίας μια μεταλλευτικής λίμνης είναι το ισοζύγιο του μεταλλευτικού κενού. Το υδατικό ισοζύγιο, καθορίζει τους όγκους του νερού που εισρέουν ή εκρέουν από το εξορυσσόμενο κενό. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που καθορίζουν το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης, είναι: α) οι βροχοπτώσεις, β) οι υπόγειες εισροές, γ) η επιφανειακή απορροή στα πρανή της λίμνης, δ) οι υπόγειες εκροές, ε) η εξάτμιση, στ) οι πιθανές αντλήσεις, ι) η πιθανή εκτροπή ποταμού ή ρέματος (Εικόνα 6).

Οι βασικές ερωτήσεις που τίθενται κατά τη δημιουργία της μεταλλευτικής λίμνης είναι οι εξής:

- Πόσος χρόνος θα χρειαστεί για να πληρωθεί η μεταλλευτική λίμνη και να σταθεροποιηθεί;
- Πόσες θα είναι οι διαφυγές μετά την πλήρωση της λίμνης;
- Ποια είναι η ποιότητα των νερών της λίμνης;
- Ποιο είναι το διαχειριστικό μοντέλο των νερών της λίμνης και ποια η αξιοποίησή τους;



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 6. Σενάρια πλήρωσης της λίμνης και υδρογεωλογικοί παράγοντες που συμβάλλουν στη δημιουργία μιας μεταλλευτικής λίμνης: α) εξάτμιση και υπόγειες εισροές, β) υπόγειες εκροές, επιφανειακές εισροές, γ) υπόγειες εισροές και εκροές, δ) επιφανειακή τροφοδοσία και διαφυγές, παράλληλα με υπόγειες εισροές

Το τοπικό κλίμα της περιοχής, είναι καθοριστικός παράγοντας, αφού οι βροχοπτώσεις αποτελεί την κύρια πηγή τροφοδοσίας της λίμνης. Σημαντικοί παράγοντες με σημαίνοντα ρόλο αποτελούν η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα του ανέμου και η κατεύθυνση του ανέμου λόγω του τοπικού μικροκλίματος που μπορεί να τροποποιήσει σημαντικά τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Συνήθως

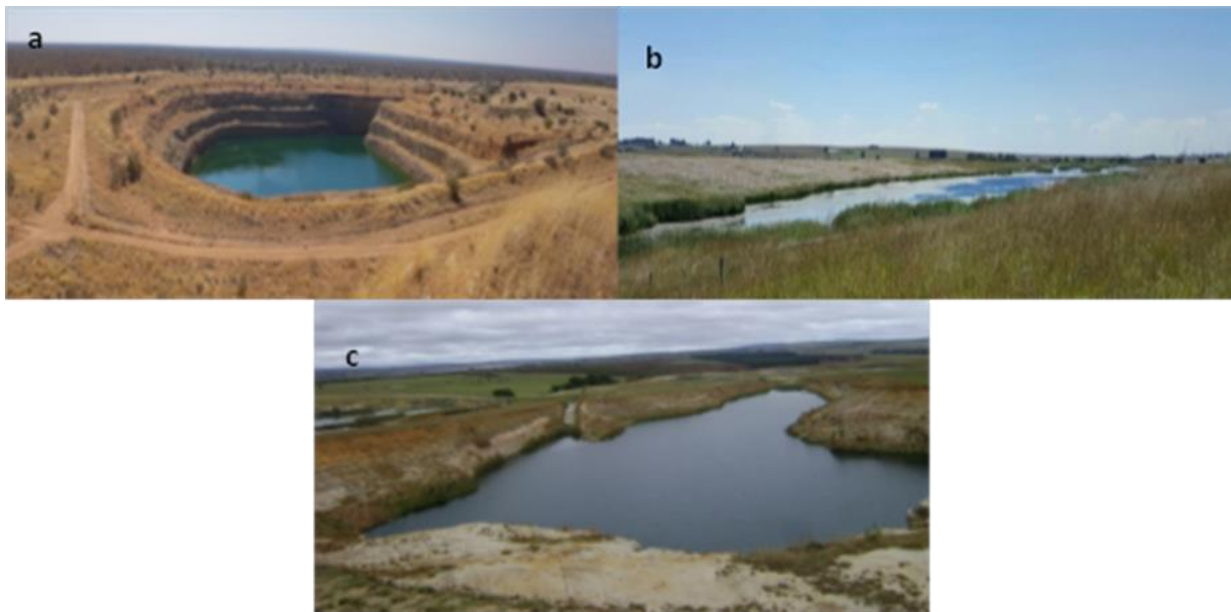
Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου, μια χρονοσειρά τουλάχιστον 30 χρόνων αποτελεί ικανή βάση δεδομένων για πρόβλεψη της πλήρωσης της λίμνης.

### Περιπτώσεις Μεταλλευτικών Λιμνών Διεθνώς

Πολλές χώρες με έντονη μεταλλευτική δραστηριότητα και κυρίως υπαίθριας εκμετάλλευσης, μετά το πέρας αυτής, έχουν επιλέξει ως τρόπο περιβαλλοντικής αποκατάστασης τη δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών σε εναπομείναντα μεταλλευτικά κενά. Η δημιουργία κάθε μεταλλευτικής λίμνης είναι ιδιαίτερη περίπτωση και ξεχωριστή από τις άλλες, λόγω των διαφορετικών γεωχημικών, γεωτεχνικών και υδρολογικών συνθηκών που επικρατούν σε κάθε χώρο εξόρυξης. Παρακάτω, αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες περιπτώσεις μεταλλευτικών λιμνών σε διάφορα μέρη του κόσμου και κάποιες φωτογραφίες από άλλες περιπτώσεις.

Στη Νότια Αφρική, σε τρεις χώρους εκσκαφής κοιτασμάτων άνθρακα, δημιουργήθηκαν τρεις λίμνες (Natal, Mafutha, Kriel και Rooikop pit lakes στα Waterberg, Wit-bank and Kwa-Zulu Natal coal basins, αντίστοιχα) με διαφορετικά χαρακτηριστικά (Εικόνα 7). Η μεταλλευτική λίμνη Mafutha δημιουργήθηκε σε ένα ενιαίο βαθύ κενό και βρίσκεται σε δυναμική υδατική ισορροπία (εισροές και εκροές) με αποτέλεσμα πολύ μικρές εποχιακές διακυμάνσεις. Η λίμνη Kriel είναι πολύπλοκη υδραυλικά, αφού επικοινωνεί με πολλά κενά λόγω των εκτεταμένων εκσκαφών στην περιοχή, ενώ οι εισροές υπερβαίνουν την εξάτμιση και τις εκροές των υπόγειων νερών, με αποτέλεσμα την περιοδική εκροή στην επιφάνεια. Η λύση της δημιουργίας των λιμνών στην περιοχή της Νότιας Αφρικής κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική και βιώσιμα αποδεκτή λύση.



Εικόνα 7. (a) Mafutha Pit lake (September 2018); (b) Kriel Pit lake 4: Ramp 44 North (March 2017); (c) Rooikop Pit lake (November 2017)



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Current Opinion in Environmental Sustainability

Εικόνα 8. Μεταλλευτικές λίμνες παρόμοιες με φυσικές: (a) Pingualuit στο Nunavik, Quebec, Canada (Photo: PD/NASA), (b) Crater Lake, Oregon (Photo: GFDL/Zainub Razvi/2006), (c) Highland Valley Copper pit lake (BC, Canada), (d) Gold mine-pit lake in Laverton, Western Australia, (e) Maar district, Daun, Germany (Photo: CC BY-SA 3.0/Martin Schildgen), (f) lignite pit lake district, Lusatia, Germany (Photo: PD/Peter Radke/2008)

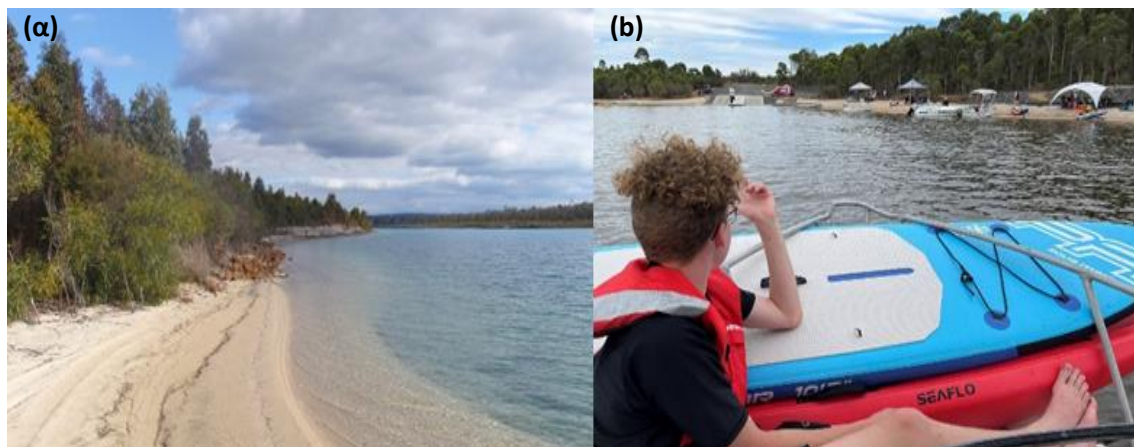
Στη Δυτική Αυστραλία και συγκεκριμένα στο Collie Coal Basin, λειτουργούσαν περισσότερα από 100 ανθρακορυχεία μέχρι το 1997. Σήμερα, έχουν δημιουργηθεί 13 τουλάχιστον μεταλλευτικές λίμνες με διαφορετική ποιότητα νερού και έκτασης (Εικόνα 8). Στην περιοχή αναπτύχθηκε ένα σχέδιο για μια «κλειστή λεκάνη απορροής», συμπεριλαμβανομένου ενός μόνιμου καναλιού εκτροπής του Collie River South Branch (CRSB) που βρισκόταν γύρω από το μεγαλύτερο κενό ορυχείου. Αυτή η απόφαση λήφθηκε για να επισπεύσει την πλήρωση της λίμνης, η οποία θα χρειαζόταν 100 χρόνια για να καλυφθεί το κενό του ορυχείου με φυσικό τρόπο. Το νερό του ποταμού εκτρέπονταν στο κενό του ορυχείου κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλών παροχών (τους χειμώνας μεταξύ 2002-2008) (Johnstone, 2019). Η Λίμνη Kerwari έχει συνολικό όγκο  $32 \times 10^6$ , μέγιστο βάθος 65 m, περίμετρο 5,4 km και επιφάνεια  $1,9 \text{ km}^2$ , ενώ έχει αξιοποιηθεί ως κόμβος αναψυχής για θαλάσσια σπορ προσελκύοντας τουρίστες στην περιοχή.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Στην κεντρική Γερμανία, έχουν δημιουργηθεί περίπου 140 μεταλλευτικές λίμνες στα κενά της εξόρυξης λιγνίτη. Η λίμνη του ταμειυτήρα Mulde ήταν η πρώτη στην περιοχή εξόρυξης λιγνίτη της Κεντρικής Γερμανίας που γέμισε με ποτάμιο νερό το 1957 και το 1976 (μέγιστο βάθος 26 m και συνολικός όγκος 118x106 m<sup>3</sup>). Στις αρχές της δεκαετίας του 1990, πολλά υπαίθρια λιγνιτωρυχεία έκλεισαν και επομένως παρέμειναν πολλά κενά. Για να επιτευχθεί γρήγορη πλήρωση των κενών με νερό χρησιμοποιήθηκε νερά ποταμών ή νερό ορυχείων. Η ταχεία πλήρωση των λιμνών επιλέχθηκε για τη σωστή διαχείρισή της, τόσο της σταθεροποίησης της λίμνης, όσο και του περιορισμού ή της πρόληψης της οξίνισης αυτής. Τέσσερις ποταμοί έχουν εκτραπεί για να γεμίσουν έντεκα μεταλλευτικά κενά ως εξής: ο ποταμός Saale για τις λίμνες Runstaedt και Geiseltal, ο ποταμός Weiße Elster για τις λίμνες Wallendorf, Rassnitz και Werbelin, ο ποταμός Mulde για τη Muldereservoir και τις λίμνες Goitschem, Seel και Γκρόμπερν και ο ποταμός Σέλκε για τη λίμνη Κονκόρντια.

Αρχικά στην Κεντρική Γερμανία, περίπου το 50% των μεταλλευτικών λιμνών ήταν όξινες ή είχαν τη δυνατότητα να γίνουν όξινες, ενώ το άλλο 50% δεν ανιχνεύτηκαν ποτέ με όξινο νερό, λόγω του γεωλογικού περιβάλλοντος. Το πρώτο ποσοστό (όξινες ή εν δυνάμει όξινες λίμνες) έχει μειωθεί σημαντικά κυρίως λόγω της πλήρωσης με νερό ποταμών ή νερού από την αποστράγγιση των ορυχείων. Οι όξινες λίμνες έχουν ήδη αυξημένες συγκεντρώσεις Fe σε χαμηλές τιμές pH και συνήθως δέχονται ανατροφοδότηση από υπόγεια νερά εμπλουτισμένα σε Fe (McCullough et al., 2020).

Οι μεταλλευτικές λίμνες στην Κεντρική Γερμανία χαρακτηρίζονται ως ευρέως οικολογικές με θετικές επιπτώσεις στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη των περιοχών γύρω από τις λίμνες.



Εικόνα 9. (a) Lake Kerwari in 2009; (b) Πάρκο αναψυχής και πόλος έλξης τουριστών η Λίμνη Kerwari μετά το άνοιγμα της το καλοκαίρι του 2021



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

---



Εικόνα 10. Lake Zwenkau, Leipzig, Germany 2009 & 2019 (Vandernberg, 2018)



Εικόνα 11. Cospuden lake, Leipzig, Germany (leipzigseen.de)



*Εικόνα 12. Germin lake, Leipzig, Germany (leipzigseen.de)*



*Εικόνα 13. Wedge Pit lake in arid Western Australia (McCullough C. et al., 2020)*





Εικόνα 14. The "Big Hole" pit lake at Kimberley, South Africa (Source: Wikipedia.org; photo by Rudolph Botha, March, 2005)

### Περιπτώσεις Μεταλλευτικών Λιμνών στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ανάπτυξη μεταλλευτικών λιμνών είναι περιορισμένη και χωρίς ιδιαίτερο σχεδιασμό.

Μεταλλευτικές λίμνες αναπτύσσονται:

- (i) Στην Κεντρική Εύβοια, στην περιοχή εκμετάλλευσης των σιδηρονικελιούχων κοιτασμάτων που οι εργασίες έλαβαν τέλος το 1991.
- (ii) Στη Βόρεια Εύβοια, στην περιοχή του Μαντουδίου, όπου λάμβανε χώρα η εκμετάλλευση του μαγνησίτη, η οποία ολοκληρώθηκε στο τέλος του 1980.
- (iii) Στη Νότια Εύβοια, στην περιοχή του Αλιβερίου, όπου η διπλή εκμετάλλευση, υπόγεια και επιφανειακή, ολοκληρώθηκε το 1990 και σήμερα στην περιοχή έχουν δημιουργηθεί δύο λίμνες. Ο συνολικός όγκος της μεγάλης λίμνης υπολογίζεται περίπου 450.000 - 500.000 m<sup>3</sup> με βάθος 50 m. Παρά το γεγονός ότι, η δημιουργία της λίμνης είναι αισθητικά αποδεκτή, καθιζήσεις παρουσιάστηκαν στο νότιο τμήμα της, καθιστώντας την μη προσβάσιμη και λειτουργική. Η στάθμη της λίμνης αυξάνει με το χρόνο, ενώ η κύρια τροφοδοσία της είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

- (iv) Στην Πελοπόννησο, στην περιοχή του λιγνιτικού κέντρου της Μεγαλόπολης, έχουν δημιουργηθεί δύο μεταλλευτικές λίμνες στα εξοφλημένα ορυχεία Μαραθούσας και Κυπαρισσίων, όπου έπαυσαν οι εργασίες εξόρυξης το 2019 και 2009, αντίστοιχα. Η λίμνη στη Μαραθούσα έχει δημιουργηθεί στο χαμηλότερο επίπεδο των εργασιών εκμετάλλευσης με επιφάνεια 0,25 km<sup>2</sup> και βάθος 15 m. Στα Κυπαρίσσια, η λίμνη έχει επιφάνεια 0,8 km<sup>2</sup>, βάθος 30 m και συνολικό όγκο 20x10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>.
- (v) Στη Δυτική Μακεδονία, στην περιοχή του Αμυνταίου, όπου μετά την παύση της μεταλλευτικής δραστηριότητας το 2020 δημιουργήθηκε μεταλλευτική λίμνη έκτασης 0,40 km<sup>2</sup>, της οποίας η στάθμη ανεβαίνει περίπο 10 m/year.

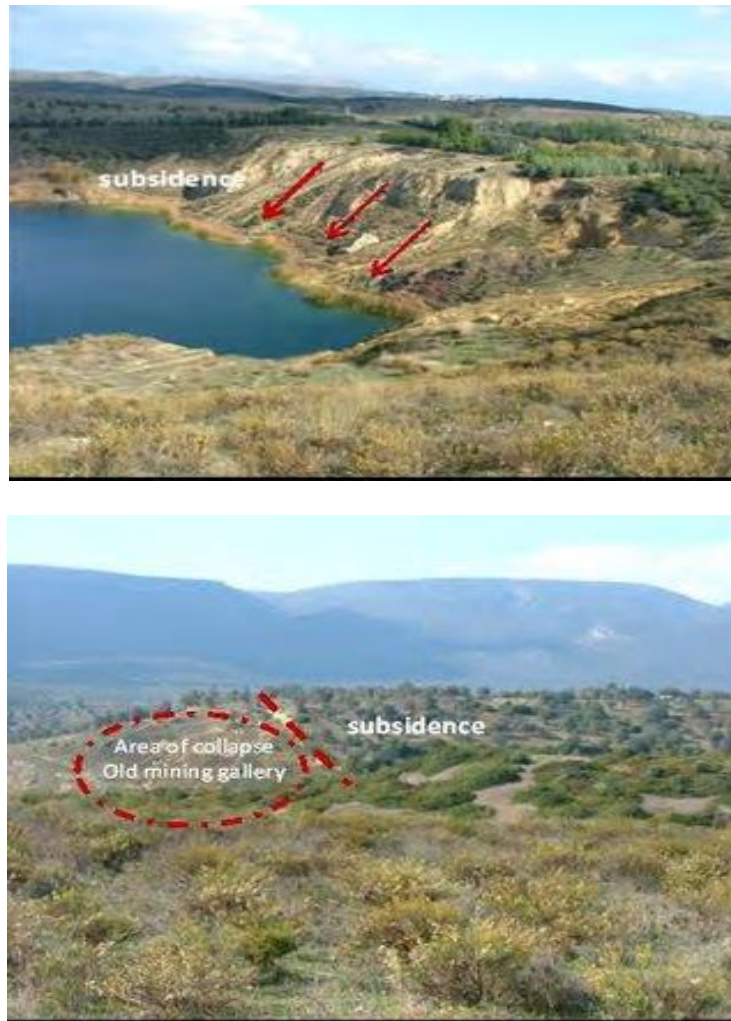


Εικόνα 15. Μεταλλευτική Λίμνη Κυπαρισσίων στη Μεγαλόπολη



Εικόνα 16. Μεταλλευτική Λίμνη Αμυνταίου





Εικόνα 17. Μεταλλευτική Λίμνη Αλιβερίου

### 1.5. Ευρωπαϊκό και εθνικό νομοθετικό πλαίσιο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), στην προσπάθειά της να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή και να υλοποιήσει τις δεσμεύσεις της στο πλαίσιο της Διεθνούς Συμφωνίας του Παρισιού, διαμόρφωσε μια ιδιαίτερα φιλόδοξη στρατηγική για την Ενέργεια και το Κλίμα, η οποία αποσκοπεί στην επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050. Προκειμένου να πετύχει το στόχο αυτό, η ΕΕ δεσμεύτηκε για την υλοποίηση της Πράσινης Συμφωνίας, η οποία καθορίζει το σχέδιο στρατηγικής για τον μετασχηματισμό της ΕΕ σε μια δίκαιη και εφημερεύουσα κοινωνία με σύγχρονη και ανταγωνιστική οικονομία.

Η Πράσινη Συμφωνία περιλαμβάνει δέσμη πρωτοβουλιών πολιτικής για τη μείωση των εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (ΑτΘ) κατά τουλάχιστον 55% έως το 2030 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990 (Fit for 55). Με την αποκαλούμενη δέσμη Fit for 55, η ΕΕ προβαίνει, επίσης, σε αναθεώρηση της νομοθεσίας της όσον αφορά το κλίμα, την ενέργεια και τις μεταφορές, ώστε να ευθυγραμμίσει το ισχύον δίκαιο με τις φιλοδοξίες για το 2030 και το 2050. Οι νομοθετικές προτάσεις που προτείνονται, αφορούν, μεταξύ άλλων, σε αλλαγές στο υπάρχον σύστημα εμπορίας εκπομπών της ΕΕ (πρόβλεψη για συνολική μείωση εκπομπών στους σχετικούς τομείς κατά 61% έως το 2030 σε

σύγκριση με το 2005) και σε αναθεώρηση της Οδηγίας για την ενέργεια από Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) (πρόβλεψη για αύξηση μεριδίου ενέργειας από ΑΠΕ στο συνολικό ενεργειακό μείγμα της ΕΕ από τουλάχιστον 32% που ισχύει σήμερα σε τουλάχιστον 40% έως το 2030).

Σε εθνικό επίπεδο, ο Εθνικός Κλιματικός Νόμος που ψηφίστηκε πρόσφατα (ΦΕΚ 105/Α/27.05.2022), ορίζει ως ενδιάμεσους κλιματικούς στόχους τη μείωση των καθαρών ανθρωπογενών εκπομπών ΑτΘ κατά τουλάχιστον 55% και 80%, για τα έτη 2030 και 2040, αντίστοιχα, σε σύγκριση με τα επίπεδα του έτους 1990. Αναφέρει επίσης ότι, οι στόχοι αυτοί, τέθηκαν λαμβάνοντας υπόψη τις προβλέψεις του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) που καταρτίζεται σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) 2018/1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 11ης Δεκεμβρίου 2018.

Το Εθνικό Σχέδιο για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ) για την Ελλάδα, το οποίο δημοσιεύτηκε σε Φύλλο Κυβερνήσεως στο τέλος του έτους 2019 και αναμένεται άμεσα να παρουσιαστεί το πρώτο σχέδιο αναθεώρησής του, αποτελεί το Στρατηγικό Σχέδιο που σχετίζεται με θέματα του Κλίματος και της Ενέργειας. Αναδεικνύει τις προτεραιότητες και τις αναπτυξιακές δυνατότητες που έχει η Χώρα μας σε θέματα ενέργειας και αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής και έχει ως στόχο να αποτελέσει το βασικό εργαλείο διαμόρφωσης της εθνικής πολιτικής για την Ενέργεια και το Κλίμα την επόμενη δεκαετία, λαμβάνοντας υπόψη τις συστάσεις της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, αλλά και τους στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ).

Στρατηγική επιδίωξη είναι, οι ενεργειακοί και κλιματικοί στόχοι που τίθενται στο πλαίσιο του ΕΣΕΚ μέχρι το έτος 2030, να συμβάλλουν καθοριστικά στην απαραίτητη ενεργειακή μετάβαση με τον πιο οικονομικά ανταγωνιστικό τρόπο για την εθνική οικονομία, να επιτύχουν τη δραστική μείωση των εκπομπών ΑτΘ και να αναδείξουν τελικά τη Χώρα μας ως ένα από τα Κράτη Μέλη που θα έχει υιοθετήσει φιλόδοξους κλιματικούς και ενεργειακούς στόχους, μέσα από ένα ολοκληρωμένο και συνεκτικό πρόγραμμα μέτρων και πολιτικών, τοποθετώντας μας στο επίκεντρο των εξελίξεων της Ενεργειακής Ένωσης τόσο για το έτος 2030 όσο και μακροπρόθεσμα για το έτος 2050.

Οι βασικές κατευθύνσεις για την επίτευξη των ενεργειακών και κλιματικών στόχων της Ελλάδας, οι οποίες προβλέπονται στο ΕΣΕΚ 2019 και όπως αναθεωρήθηκαν στο πλαίσιο του Εθνικού Κλιματικού Νόμου, είναι:

- μείωση των εκπομπών ΑτΘ έως το 2030 κατά τουλάχιστον 55% σε σύγκριση με το επίπεδο των εκπομπών το 1990,
- αύξηση του μεριδίου των ΑΠΕ τουλάχιστον σε 35% της τελικής κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2030 και μερίδια ΑΠΕ στην ηλεκτροπαραγωγή 61% έως 64% έως το 2030,
- βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας κατά τουλάχιστον 38% έως το 2030 σε σχέση με τις προβλέψεις του 2007 και
- μηδενικό μερίδιο του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή έως το 2028.

Συνεπώς, μια εκ των βασικών προτεραιοτήτων πολιτικής που καθορίζει το υπάρχον ΕΣΕΚ για τον τομέα της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση των εκπομπών ΑτΘ, είναι η επίτευξη κλιματικά ουδέτερης οικονομίας μέσω της απολιγνιτοποίησης (μηδενικό μερίδιο λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή έως το 2028).

Προκειμένου να επιτευχθεί δίκαιη αναπτυξιακή μετάβαση των περιοχών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας και του Δήμου Μεγαλόπολης που εξαρτώνται από την εξόρυξη και χρήση του λιγνίτη, καθώς και στο ευρύτερο πλαίσιο εφαρμογής του Ενεργειακού Χάρτη Πορείας για το 2050 και της



Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, κατήρτισε εντός του 2020, Σχέδιο Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης (ΣΔΑΜ).

Σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο ΣΔΑΜ, ο στόχος της πλήρους απολιγνιτοποίησης εξυπηρετεί τις ακόλουθες προτεραιότητες:

- ✓ Προστασία του περιβάλλοντος – Τα επίπεδα των βασικών ρύπων των λιγνιτικών μονάδων στην Ελλάδα υπερβαίνουν σημαντικά τα όρια που θέτει η ΕΕ, με αποτέλεσμα την πρόκληση επιβαρυντικών άμεσων και έμμεσων επιπτώσεων για το περιβάλλον και την κοινωνία
- ✓ Προώθηση ανταγωνιστικών μεθόδων ηλεκτρικής παραγωγής – Το μέσο μεταβλητό κόστος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας από καύση λιγνίτη κυμαίνεται περίπου στα 80 €/MWh (Σεπτέμβριος 2020), με την Οριακή Τιμή Συστήματος (ΟΤΣ) να ανέρχεται στα περίπου 45 €/MWh (μέσος όρος 2020)
- ✓ Διαφοροποίηση του παραγωγικού μοντέλου των λιγνιτικών περιοχών – Η προώθηση του στόχου για απολιγνιτοποίηση δύναται να αποτελέσει το έναυσμα για την επανεκκίνηση των τοπικών οικονομιών με βάση επιμέρους οικοσυστήματα παραγωγικών κλάδων της οικονομίας με ισχυρή δυναμική, όπως η καθαρή ενέργεια, η βιομηχανία, η βιοτεχνία και το εμπόριο, η έξυπνη αγροτική παραγωγή, ο βιώσιμος τουρισμός και η τεχνολογία και η εκπαίδευση.

#### 1.6. Υφιστάμενη κατάσταση στην Ελλάδα και στην περιοχή μελέτης

Στις αρχές της δεκαετίας του '90, στην Ελλάδα, οι λιγνιτικές μονάδες λειτουργούσαν ως μονάδες βάσης με συντελεστή εκμετάλλευσης άνω του 90%. Από το 2000 και μετά, με την είσοδο μονάδων φυσικού αερίου στην ηλεκτροπαραγωγή, η αγορά ηλεκτρικής ενέργειας άρχισε να λειτουργεί με κριτήρια ένταξης των λιγνιτικών μονάδων στο μεταβλητό τους κόστος. Στη συνέχεια, το 2013, η κατάργηση των δωρεάν δικαιωμάτων εκπομπής κατέστησε την εξόρυξη λιγνίτη και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο λιγνίτη, έντονα ζημιόγono, καθώς οι τιμές χονδρεμπορικής, κατά μέσο όρο, δεν κάλυπταν το πάγιο κόστος λειτουργίας των μονάδων, ενώ η αύξηση των τιμών των δικαιωμάτων αυτών, το 2018, από 5 €/t στα 30 €/t, εκτίναξε το κόστος παραγωγής στα 90 €/MWh από 50 €/MWh. Η εξέλιξη αυτή, σε συνδυασμό με τη μείωση των τιμών φυσικού αερίου και της ζήτησης ενέργειας λόγω της οικονομικής κρίσης, συρρίκνωσε την λιγνιτική παραγωγή, με πρώτες συνέπειες τη σώρευση ανεργίας αλλά και την αδυναμία αδιάλειπτης τροφοδοσίας των τηλεθερμάνσεων (ΣΔΑΜ, 2020).

Στις ημέρες μας, η Ευρώπη βρίσκεται αντιμέτωπη με την ενεργειακή κρίση, η οποία ξεκίνησε από το περασμένο έτος και κορυφώθηκε τους τελευταίους μήνες με την όλο και αυξανόμενη τιμή της ηλεκτρικής ενέργειας λόγω, της αυξανόμενης τιμής του φυσικού αερίου. Σημειώνεται ότι, για το 2022, η μεσοσταθμισμένη τιμή αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα για τους μήνες Ιανουάριο έως και Σεπτέμβριο, ανέρχεται σε 314,49 €/MWh (ΑΔΜΗΕ, 2022). Η αντίστοιχη τιμή για το 2021 διαμορφώνεται για όλο το έτος στα 132,12 €/MWh (ΑΔΜΗΕ, 2021), ενώ για το έτος 2020 στα 58,10 €/MWh (ΑΔΜΗΕ, 2020).

Οι νέες εξελίξεις στον ενεργειακό τομέα, είχαν ως αποτέλεσμα όπως αναμενόταν, την αναγκαιότητα για λήψη σχετικών άμεσων μέτρων, ώστε να εξασφαλιστεί πλήρως η ενεργειακή επάρκεια της Χώρας μας. Συνεπώς, στο πλαίσιο αυτό, αποφασίστηκε η αλλαγή συμμετοχής των λιγνιτικών Μονάδων στην ηλεκτροπαραγωγή της Ελλάδας με παράλληλο αναπροσδιορισμό του προγραμματισμού απόσυρσης των μονάδων, σύμφωνα με το ΕΣΕΚ 2019. Η ΔΕΗ, ολοκλήρωσε το καλοκαίρι σχέδιο για το διπλασιασμό της παραγωγής ρεύματος από λιγνίτη για τους επόμενους

## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

δώδεκα (12) μήνες. Εκτιμάται ότι η λιγνιτική παραγωγή της ΔΕΗ θα αυξηθεί από 5 TWh σε 10 TWh για τους επόμενους μήνες, καλύπτοντας το 20% των αναγκών της Χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια.

Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Κανονισμό 2018/1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα, προβλέπεται η αναθεώρηση των ΕΣΕΚ έως το 2023. Ωστόσο οι τεκτονικές αλλαγές που έχουν συντελεστεί τόσο σε ευρωπαϊκό όσο και σε εθνικό επίπεδο τον τελευταίο ενάμιση χρόνο, καθιστούν επιτακτική την ανάγκη άμεσης αναθεώρησης του ΕΣΕΚ της χώρας μας.

Στο ΕΣΕΚ του 2019 παρουσιάζεται ένα ιδιαίτερα φιλόδοξο πρόγραμμα για τη δραστική και οριστική μείωση του μεριδίου λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή (απολιγνιτοποίηση), θέτοντας ως χρονικό όριο την επόμενη δεκαετία και ορίζοντας πλήρη απένταξη του λιγνίτη από το εγχώριο σύστημα ηλεκτροπαραγωγής μέχρι το έτος 2028. Το χρονοδιάγραμμα απόσυρσης των εν λειτουργία το 2019 λιγνιτικών Μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, παρουσιάζεται στο ακόλουθο Διάγραμμα, με την πλειονότητα των λιγνιτικών Μονάδων της ΔΕΗ Α.Ε. να αποσύρεται έως το 2023.



Εικόνα 18. Πρόγραμμα πλήρους απολιγνιτοποίησης της Ελλάδας (Επικαιροποιημένο Master Plan ΔΑΜ λιγνιτικών περιοχών)

Σε πλήρη συμφωνία με το πρόγραμμα απολιγνιτοποίησης του ΕΣΕΚ 2019, σήμερα βρίσκονται εν λειτουργία οι λιγνιτικές Μονάδες I-V του ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου, η Μονάδα IV του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β και η Μονάδα I του ΑΗΣ Μελίτης, ενώ η Πτολεμαΐδα 5 προβλέπεται να τεθεί σε λειτουργία τις επόμενες ημέρες και σε κάθε περίπτωση, μέχρι το τέλος του έτους 2022. Λόγω της υφιστάμενης ενεργειακής κρίσης και για την εξασφάλιση της ενεργειακής επάρκειας της Ελλάδας, το εθνικό αναθεωρημένο ΕΣΕΚ, το οποίο αναμένεται να δημοσιευτεί στο άμεσο χρονικό διάστημα, προβλέπεται να περιλαμβάνει παράταση του χρόνου απόσυρσης του συνόλου των λιγνιτικών Μονάδων πέραν του 2023.

Σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο ΣΔΑΜ, παράλληλα με την απόσυρση των λιγνιτικών Μονάδων, προβλέπεται υιοθέτηση ολοκληρωμένων προγραμμάτων για τη στήριξη των ελληνικών λιγνιτικών περιοχών κατά τη μετάβαση στη μεταλιγνιτική περίοδο και δημιουργία προϋποθέσεων για ανάπτυξη νέων μεταλιγνιτικών χρήσεων στις υπόψη περιοχές. Προτεραιότητα της πλήρους απολιγνιτοποίησης αποτελεί η διαφοροποίηση του παραγωγικού μοντέλου των λιγνιτικών περιοχών και η επανεκκίνηση των τοπικών οικονομιών με βάση επιμέρους οικοσυστήματα παραγωγικών κλάδων της οικονομίας με ισχυρή δυναμική, όπως η καθαρή ενέργεια, η βιομηχανία, η βιοτεχνία και το εμπόριο, η έξυπνη αγροτική παραγωγή, ο βιώσιμος τουρισμός και η τεχνολογία και η εκπαίδευση.

Συγκεκριμένα, για την περιοχή της «Ζώνης Απολιγνιτοποίησης Μεγαλόπολης» (ΖΑΠ Μεγαλόπολης), η ΔΕΗ (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022), σε συμφωνία με το ΣΔΑΜ, επιλέγει ως τελικές χρήσεις γης των αποκατεστημένων εκτάσεων τις κάτωθι:

- ✓ **Δημιουργία τεχνητών φυτειών δάσους και θαμνωδών εκτάσεων**, κατά κύριο λόγο σε χώρους τελικών εξωτερικών αποθέσεων, αλλά και σε περιοχές εσωτερικής απόθεσης και πρανών εκσκαφής (όπως στα ΒΑ του Ορυχείου Μαραθούσας)
- ✓ **Ανάπτυξη Φ/Β πάρκων**, στις επίπεδες ή παραεπίπεδες επιφάνειες των τελικών χώρων απόθεσης αγόνων, καθώς και σε περιοχές αδιατάρακτες από μεταλλευτική δραστηριότητα
- ✓ **Εγκατάσταση BESS** (Battery Energy Storage Systems) , για αποθήκευση ενέργειας σε αδιατάρακτα εδάφη (σε πρώην βοηθητικούς χώρους για την ανάπτυξη της μεταλλευτικής δραστηριότητας)
- ✓ **Βιομηχανικές / επιχειρηματικές Ζώνες**, κατά κύριο λόγο σε εδάφη όπου ελαφρώς έχουν διαταραχθεί από εργασίες εκσκαφών-αποθέσεων
- ✓ **Λιμναία οικοσυστήματα**, στις περιοχές των τελικών ορυγμάτων
- ✓ **Ζώνες αναψυχής – αθλητισμού**, στις παραλίμνιες περιοχές.

Σημειώνεται ότι, η Απόφαση περί απολιγνιτοποίησης στην Ελλάδα, επηρεάζει προφανώς τη λειτουργία των Ορυχείων, όπως έχουν αδειοδοτηθεί και διαφοροποιεί το πρόγραμμα αποκαταστάσεων, όπως έχει αναπτυχθεί, σύμφωνα με τον Κανονισμό Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών.

Ο αρχικός σχεδιασμός που περιλαμβάνονταν στη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων του έτους 1994, καθώς και εκείνος που πρόσφατα αδειοδοτήθηκε το 2018, εμφάνιζαν πολλαπλές διαφοροποιήσεις που οφείλονται στην αλλαγή του σχεδιασμού ανάπτυξης των Ορυχείων. Οι σχεδιασμοί αυτοί, περιελάμβαναν, μεταξύ άλλων, πρόβλεψη για την επέκταση της εκμετάλλευσης στην περιοχή του ΑΗΣ Μεγαλόπολης (μετά την καθαίρεσή του), του οικισμού Τριποτάμου (μετά την απαλλοτρίωση του) και επιπρόσθετες εκτροπές της κοίτης του Αλφειού Ποταμού, αλλά και του παραποτάμου του, Ελισσόνα.

Σε εφαρμογή της Απόφασης για παύση της λειτουργίας των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης και κατά συνέπεια των εργασιών στα Ορυχεία από το έτος 2023, ο μεταλλευτικός σχεδιασμός τροποποιήθηκε εκ νέου, αφού προβλέπεται, τόσο προσβολή του ήδη απαλλοτριωμένου οικισμού Τριποτάμου, ο οποίος έχει ήδη ξεκινήσει, όσο και καμία περαιτέρω επέκταση των Ορυχείων. Κατά αυτόν τον τρόπο, ούτε ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης και άλλα μεγάλα τεχνικά έργα θα προσβληθούν από τη μεταλλευτική δραστηριότητα, ούτε οι αρχικά προβλεπόμενες εκτροπές των ποταμών της περιοχής θα υλοποιηθούν.

Ο νέος μεταλλευτικός σχεδιασμός για την περιοχή των Ορυχείων Μεγαλόπολης, εν όψει της απόφασης απολιγνιτοποίησης, προβλέπει τη δημιουργία τριών (3) λιμναίων οικοσυστημάτων, ως εξής (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022):

- ✚ Λίμνη Κυπαρισίων, η οποία θα είναι μια μικρή λίμνη που έχει ως στόχο την προστασία του αρχαιολογικού χώρου που βρίσκεται νοτιότερα
- ✚ Λίμνη Μαραθούσας, η οποία θα περιβάλλεται, κατά το πλείστον, από τη νότια και δυτική πλευρά της από εκτάσεις στις οποίες προβλέπεται η ανάπτυξη Φ/Β πάρκων, ενώ αναμένεται να μην παρεμποδίζει το Φ/Β πάρκο

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

---

- 🚧 Λίμνη Χωρεμίου, η οποία θα καταλαμβάνει όλη τη δυτική πλευρά του χώρου του Φ/Β Πάρκου, το οποίο προβλέπεται από το ΣΔΑΜ.

Στο μεταξύ, η ΔΕΗ, προγραμματίζει να εκτελέσει τις απαραίτητες από τη μεταλλευτική νομοθεσία εργασίες αποκατάστασης των εκτάσεων προκειμένου να αποδοθούν σε μεταλιγνιτικές χρήσεις, όπως:

- περάτωση εργασιών παραγωγής λιγνίτη (εκσκαφές - αποθέσεις) και αντίστοιχες αποκατεστημένες εκτάσεις, περί τα τέλη του 2023,
- παρουσίαση της περιβαλλοντικής αποκατάστασης των Ορυχείων, τις χρήσεις γης (σύμφωνα με το ΣΔΑΜ) και την απαρχή της ανάπτυξης της λίμνης Χωρεμίου, περί τα τέλη του 2026 και
- τελική περιβαλλοντική αποκατάσταση – Χρήσεις γης όπου αναμένεται η οριστικοποίηση του σχήματος –έκτασης των λιμνών της περιοχής .

Επισημαίνεται ότι, η δημιουργία λιμνών σε εξοφλημένα Ορυχεία, αποτελεί μία από τις πιο αποτελεσματικές και προτεινόμενες λύσεις διεθνώς για χρήσεις γης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο (Charles Mborah, et al., 2016), ενώ είναι μια πρακτική που διερευνάται και εφαρμόζεται κατά κύριο λόγο παγκοσμίως, σε πολλές περιπτώσεις αποκατάστασης ορυχείων που έχουν παύσει να λειτουργούν.

## Κεφάλαιο 2. Υφιστάμενη κατάσταση στην περιοχή μελέτης

### 2.1 Μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή

Στην περιοχή της Μεγαλόπολης, η ΔΕΗ Α.Ε. από το έτος 1969 ξεκίνησε την έντονη μεταλλευτική δραστηριότητα με την ανάπτυξη τεσσάρων (4) λιγνιτωρυχείων, του Ορυχείου Θωκνίας, του Ορυχείου Χωρεμίου, του Ορυχείου Κυπαρισσίων και του Ορυχείου Μαραθούσας. Για την εκμετάλλευση του εξορυσσόμενου λιγνιτικού κοιτάσματος, η ΔΕΗ Α.Ε. κατασκεύασε δύο (2) Ατμοηλεκτρικούς Σταθμούς (ΑΗΣ) παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α ή ΑΗΣ Μεγαλόπολης (Μονάδες I, II και III) και τον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β (Μονάδα IV).

Σήμερα, σε συμμόρφωση με τη πρόσφατη σχετική Απόφαση για την απολιγνιτοποίηση της Χώρας μας, οι εργασίες εξόρυξης λαμβάνουν χώρα μόνο στο Ορυχείο Χωρεμίου (Κύριος Τομέας και Δυτικό Πεδίο), ενώ ακυρώθηκε η προγραμματιζόμενη επέκταση της εκμετάλλευσης στα δυτικά και βόρεια του Ορυχείου Μαραθούσας. Ο εξορυσσόμενος λιγνίτης από το Ορυχείο Χωρεμίου, τροφοδοτεί αποκλειστικά τη Μονάδα IV του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β, η οποία είναι και η μόνη πλέον σε λειτουργία Μονάδα. Η εγκατεστημένη ισχύς της Μονάδας IV ανέρχεται σε 300MW, με ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας 2.400 GWh και παροχή θερμικής ενέργειας στο δίκτυο τηλεθέρμανσης της Μεγαλόπολης, απόδοσης 20 MWth (ΑΕΠΟ 34393/08.09.2017).

Οι Μονάδες I και II του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α έχουν αποσυρθεί από το έτος 2014 με την Απόφαση της ΡΑΕ υπ' αριθμ. 111/2014. Η Μονάδα III, τέθηκε εκτός λειτουργίας εντός του 2021 (αρχές του έτους), σύμφωνα με τα προβλεπόμενα στο «Επικαιροποιημένο Master Plan Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης των λιγνιτικών περιοχών» που εκδόθηκε το Δεκέμβριο του 2020, ενώ η απόσυρση της Μονάδας IV προγραμματίζεται για το έτος 2023. Σημειώνεται ότι, ο ΑΔΜΗΕ έχει ζητήσει την παραμονή της Μονάδας III στο σύστημα προκειμένου να διασφαλιστεί σαφώς η ενεργειακή επάρκεια της Ελλάδας (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022). Σε κάθε περίπτωση, προϋπόθεση για την εκτέλεση εξορυκτικών εργασιών στα Ορυχεία της Μεγαλόπολης είναι η λειτουργία των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης που έχουν ως κύριο καύσιμο το λιγνίτη. Παύση της λειτουργία των λιγνιτικών Μονάδων στην περιοχή, σηματοδοτεί αυτόματα και παύση των εργασιών εξόρυξης.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα έτη έναρξης εργασιών και εξόφλησης για κάθε Ορυχείο (πλην του Χωρεμίου που βρίσκεται υπό ανάπτυξη), ενώ στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα ισοδύναμα έτη ένταξης και απόσυρσης των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης (πλην της Μονάδας IV που βρίσκεται σε λειτουργία) και δίνεται η ονομαστική ισχύς τους.

Πίνακας 1. Χρονολογίες έναρξης και λήξης εργασιών εκμετάλλευσης Ορυχείων Μεγαλόπολης (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022)

Ορυχείο	Έτος έναρξης εργασιών εξόρυξης	Έτος ολοκλήρωσης εκμετάλλευσης Ορυχείου
Ορυχείο Θωκνίας	1970	1994
Ορυχείο Χωρεμίου	1972	εν λειτουργία
Ορυχείο Κυπαρισσίων	1987	2009
Ορυχείο Μαραθούσας	1989	2019

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Πίνακας 2. Χρονολογίες ένταξης στο σύστημα και παύσης λειτουργίας Μονάδων παραγωγής (ΦΕΚ 92/Β/31.01.2002)

ΑΗΣ Μεγαλόπολης	Ονομαστική ισχύς (MWe)	Ισοδύναμο έτος ένταξης	Έτος παύσης λειτουργίας
Μεγαλόπολη Α, Μονάδα Ι	125	1970	2014
Μεγαλόπολη Α, Μονάδα ΙΙ	125	1970	2014
Μεγαλόπολη Α, Μονάδα ΙΙΙ	300	1975	2021
Μεγαλόπολη Β, Μονάδα ΙV	300	1991	εν λειτουργία

Τα τελευταία έτη, η εξόρυξη λιγνίτη για την τροφοδοσία των δύο, έως πρόσφατα σε λειτουργία, Μονάδες ΙΙΙ και ΙV, ανέρχονταν περίπου στα 8 εκ. τν (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2020). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι, το 2016, για την παραγωγή 2,68 TWh καταναλώθηκαν περίπου 6,62 εκ. t λιγνίτη (3,26 εκ. t λιγνίτη για την παραγωγή 1,25 TWh στη Μονάδα ΙΙΙ και 3,36 εκ. t λιγνίτη για την παραγωγή 1,43 TWh στη Μονάδα ΙV) (ΜΠΕ Μονάδας ΙΙΙ και ΜΠΕ Μονάδας ΙV, 2018). Το έτος 2019, για την παραγωγή 2,37 TWh (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022) στις Μονάδες των ΑΗΣ Μεγαλόπολης (περίπου 22,7% της συνολικής παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνιτικές μονάδες), καταναλώθηκαν περίπου 7,5 εκ. t λιγνίτη (Εκθεση πορείας αποστράγγισης, 2020)

Στο πλαίσιο της απολιγνιτοποίησης, η μείωση της παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας από τις λιγνιτικές Μονάδες επέφερε και σημαντική μείωση της αναγκαίας ποσότητας για εξόρυξη λιγνίτη. Το έτος 2020, για την παραγωγή 0,97 TWh στις Μονάδες ΙΙΙ και ΙV των ΑΗΣ Μεγαλόπολης (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022), παραγωγή που αντιστοιχεί σε ποσοστό περίπου ίσο με 17% της συνολικής παραχθείσας ηλεκτρικής ενέργειας από λιγνιτικές μονάδες (5,72 TWh) (Εκθεση Βιώσιμης Ανάπτυξης 2020, ΔΕΗ), καταναλώθηκαν περίπου 2,88 εκ. t λιγνίτη, γεγονός που συνεπάγεται αρκετά μικρότερη δραστηριότητα στην εξόρυξη λιγνίτη από ότι τα προγενέστερα έτη.

Τα λιγνιτικά αποθέματα της λεκάνης της Μεγαλόπολης κατανέμονται σε 4 επιμέρους κοιτάσματα που καταλαμβάνουν περίπου συνολική έκταση 23 km<sup>2</sup>. Διακρίνονται, ως προς την κατακόρυφο, 3 λιγνιτοφόρες στιβάδες: Η κατώτερη και η μεσαία με μέσο πάχος 25-30 m και 15-20 m, αντίστοιχα και η ανώτερη με περιορισμένη εξάπλωση στα ανατολικά. Μεταξύ της κατώτερης και της μεσαίας στιβάδας παρεμβάλλονται άργιλοι πάχους 12-15 m, ενώ μεταξύ της μεσαίας και της ανώτερης παρεμβάλλονται άργιλοι μικρότερου πάχους (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Από την αρχή της εξορυκτικής δραστηριότητας στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης (ΛΚΜ), εφαρμόζεται η μέθοδος επιφανειακής εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων με την εφαρμογή συνεχούς εκσκαφής, φόρτωσης, μεταφοράς και απόθεσης με σύστημα πολλαπλών βαθμίδων. Η εκσκαφή γίνεται με τη χρήση καδοφόρων εκσκαφών, η μεταφορά μέσω ταινιοδρόμων και η απόθεση με τη χρήση αποθετών. Η φόρτωση λιγνίτη από τις αυλές προς τους ΑΗΣ γίνεται μέσω αποληπτών. Όλες οι ως άνω εργασίες πραγματοποιούνται με τη χρήση ηλεκτροκίνητων μηχανημάτων μεγάλης δυναμικότητας και συνεχούς λειτουργίας, ενώ συμβατικός ντιζελοκίνητος εξοπλισμός χρησιμοποιείται επικουρικά και σε ειδικές περιπτώσεις, όπου λόγω συνθηκών, δεν είναι δυνατή η χρήση του πάγιου εξοπλισμού.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, έπειτα από συστηματική διερεύνηση μεταξύ των ετών 1957 - 1960, στη λεκάνη της Μεγαλόπολης διαπιστώθηκαν 700 Mt λιγνιτικά αποθέματα, από τα οποία τα 490 Mt λαμβάνονται ως τεχνοοικονομικά απολήψιμα. Το λιγνιτωρυχείο της Μεγαλόπολης ξεκίνησε με ετήσια παραγωγή ύψους 1 εκ. t λιγνίτη, η οποία το 2006 ανήλθε σε 13,5 εκ. t λιγνίτη (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Από την έναρξη λειτουργίας του πρώτου Ορυχείου εκμετάλλευσης της περιοχής, της Θωκνίας, μέχρι το τέλος του έτους 2020 έχουν εξορυχθεί περί τα 455,39 εκ. t λιγνίτη, ενώ οι συνολικές εκσκαφές ανήλθαν περίπου σε 1.324 εκ. m<sup>3</sup> (άγονα και λιγνίτης) (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022). Η Απόφαση για απολιγνιτοποίηση, απαίτησε την ανάπτυξη νέου μεταλλευτικού σχεδιασμού, ο οποίος, μεταξύ άλλων, έλαβε υπόψη και τις νέες απαιτήσεις τροφοδοσίας σε λιγνίτη των Λιγνιτικών Μονάδων της περιοχής της Μεγαλόπολης. Στον Πίνακα 3 δίνονται η παραγωγή λιγνίτη και οι αντίστοιχες συνολικές εκσκαφές για το Ορυχείο Χωρεμίου και για την περίοδο 2021 - 2023. Σύμφωνα με το σχεδιασμό, εκτιμάται ότι το σύνολο του λιγνιτικού αποθέματος που θα αποληφθεί έως το έτος 2023 από το Ορυχείο Χωρεμίου ανέρχεται σε 4,83 εκ. t, ενώ οι συνολικές εκσκαφές εκτιμώνται σε 12,38 εκ. Fm<sup>3</sup>.

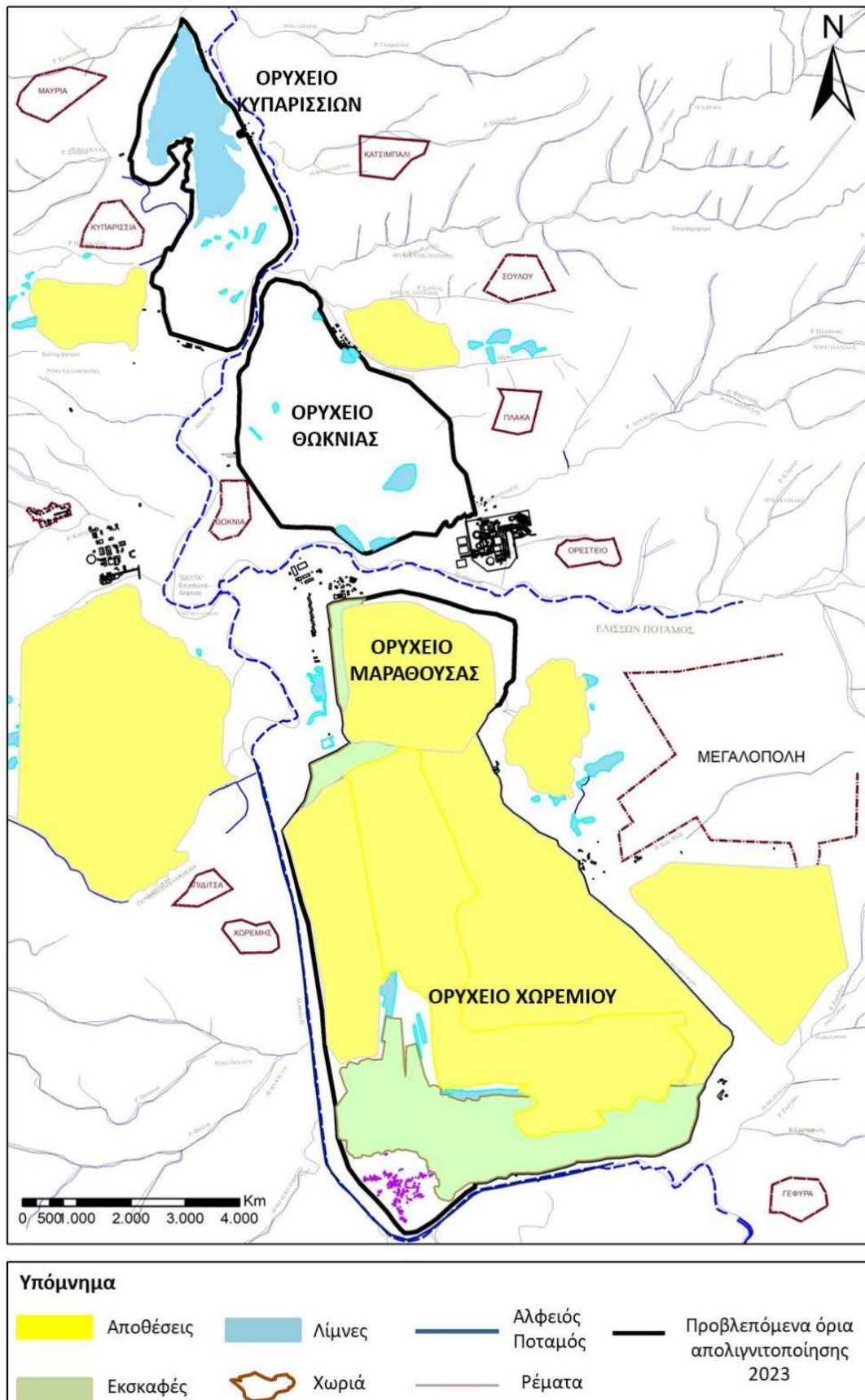
Πίνακας 3. Πρόβλεψη παραγωγής λιγνίτη, αγόνων υλικών και συνολικών εκσκαφών στο Ορυχείο Χωρεμίου (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022)

Είδος	Μονάδα μέτρησης	Κύριος Τομέας Ορυχείου Χωρεμίου	Δυτικό Πεδίο Ορυχείου Χωρεμίου
Λιγνίτης	εκ. t	2,51	2,32
Άγονα υλικά	εκ. m <sup>3</sup>	5,14	3,22
Συνολικές εκσκαφές	εκ. m <sup>3</sup>	7,23	5,15

Σημειώνεται ότι, το σύνολο των βεβαιωμένων λιγνιτικών αποθεμάτων που θα παραμείνει λόγω της απολιγνιτοποίησης ανέρχεται περίπου σε 136 εκ. t, με μέση σχέση εκμετάλλευσης 2,22 (m<sup>3</sup>/t).

Στις Εικόνες 19 και 20 παρουσιάζονται οι θέσεις των Ορυχείων και των ΑΗΣ στη λιγνιτοφόρο κοιλάδα της Μεγαλόπολης.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 19. Χωροθέτηση Ορυχείων στην περιοχή Μεγαλόπολης

## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 20. Απόσπασμα από το Google Earth, του Λιγνιτικού Κέντρου Μεγαλόπολης και των θέσεων των ΑΗΣ

## 2.2 Θέση Ορυχείων Μεγαλόπολης

### 2.2.1 Γεωγραφική θέση και διοικητική Υπαγωγή

Το ΛΚΜ, στο οποίο αναπτύσσονται τα τέσσερα (4) Ορυχεία της ΔΕΗ, βρίσκεται κοντά στην πόλη της Μεγαλόπολης και σε απόσταση 39 km από την Τρίπολη και 56 km από την Καλαμάτα. Διοικητικά υπάγεται στο Δήμο Μεγαλόπολης, της Περιφερειακής Ενότητας (ΠΕ) Αρκαδίας της Περιφέρειας Πελοποννήσου.



Εικόνα 21. Περιφερειακή Ενότητα και δραστηριότητες ΔΕΗ (<https://www.e-go.gr/perifereiapeloponnhsou>, τροποποίηση)

Τα Ορυχεία καλύπτουν χώρο συνολικής έκτασης 52.303.500 m<sup>2</sup>, η οποία προκύπτει από εξαιρέσεις τμημάτων και προσθήκες εκτάσεων προς επέμβαση και μετά από διευθετήσεις – εκτροπές ρεμάτων και ποταμών, μετατοπίσεις δικτύων και απαλλοτριώσεις οικισμών (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Στην ευρύτερη περιοχή δραστηριότητας της ΔΕΗ, πέραν των Ορυχείων που περιλαμβάνουν περιοχές εκσκαφών, αποθέσεων αγόνων και τέφρας και περιοχές αποκατάστασης (λίμνες, καλλιεργούμενες ή δασικές εκτάσεις), καθώς και των ΑΗΣ, μαζί με τις συνοδές εγκαταστάσεις ορυχείων και σταθμών παραγωγής, οι οποίες είναι απαραίτητες για την εύρυθμη λειτουργία τους, αναπτύσσονται τα κάτωθι:

- Οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο (Α/Δ Τριπόλεως - Καλαμάτας, Ε.Ο. Τριπόλεως - Καλαμάτας, Ε.Ο. Μεγαλόπολης - Βάστα, Ε.Ο. Νέδας - Μεγαλόπολης, κ.ά.)
- Θέσεις συγκέντρωσης επιφανειακών υδάτων (Αλφειός, Ξερίλας, Ελισσώνας)
- Οικιστικές ενότητες
- Αγροτικές καλλιέργειες
- Δασικές περιοχές (φυσικές περιοχές και αποκατεστημένες περιοχές ορυχείων - χώρων αποθέσεως)
- Περιοχές αρχαιολογικού - πολιτιστικού ενδιαφέροντος (εκκλησίες, κ.λπ.) (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

### 2.2.2 Υδατικό Διαμέρισμα και Λεκάνη Απορροής Ποταμού

Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες στο ΛΚΜ της ΔΕΗ υπάγονται στο Υδατικό Διαμέρισμα (ΥΔ) Δυτικής Πελοποννήσου (ΕΛ01) και συνεπώς το σύνολο των υδατικών συστημάτων που εντοπίζονται στην περιοχή μελέτης εμπίπτουν στις απαιτήσεις της υπ' αριθμ. Απόφασης της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων 898/21.12.2017, η οποία εκδόθηκε με το ΦΕΚ 4678/Β/29.12.2017 «Έγκριση της 1ης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων.»

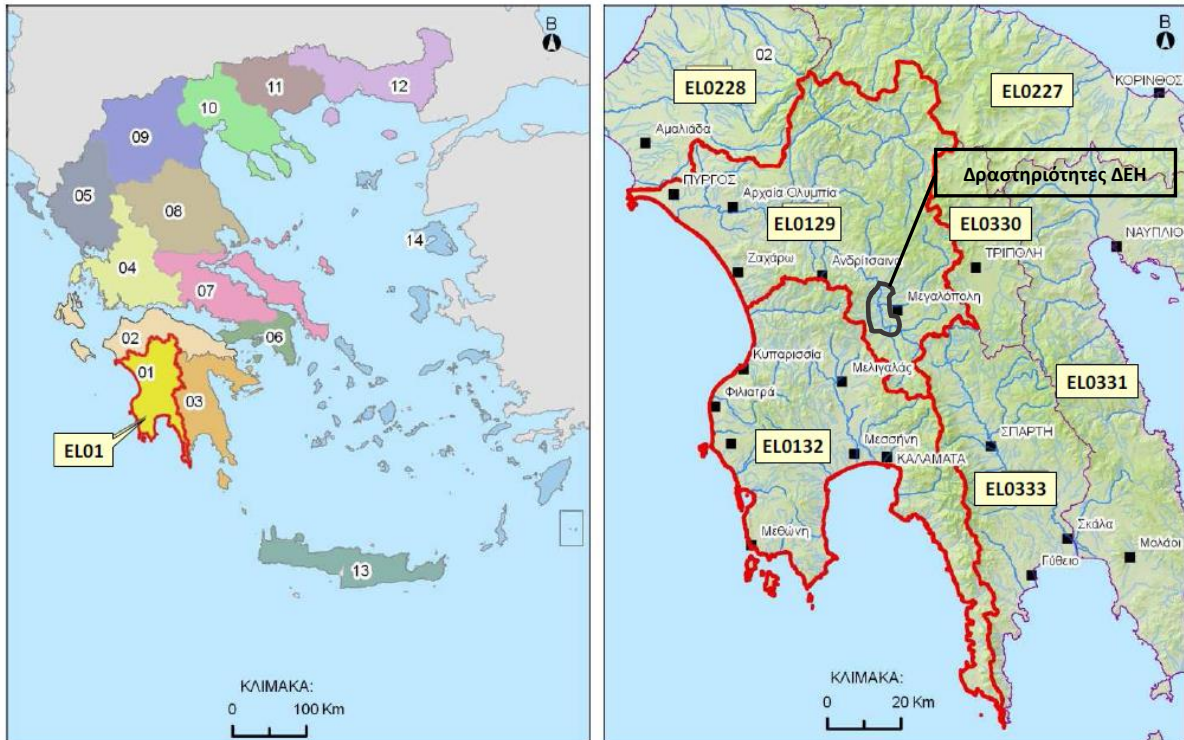
Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΣΔΛΑΠ) του ΥΔ Δυτικής Πελοποννήσου (ΕΛ01), το υπόψη ΥΔ εκτείνεται γεωγραφικά στη δυτική και νοτιοδυτική Πελοπόννησο. Διοικητικά σε αυτή την έκταση περιλαμβάνεται εξολοκλήρου και η ΠΕ Αρκαδίας, στην οποία χωροθετούνται οι δραστηριότητες του ΛΚΜ.

Το γεωμορφολογικό ΥΔ είναι ορεινό στο ανατολικό και στο εσωτερικό του τμήμα με υψόμετρα από 600 έως 2400 m, λοφώδες και ημιορεινό στην περίμετρο του (100 – 600 m) και πεδινό στις παραλιακές ζώνες και στις κοιλάδες των ποταμών. Οι πεδινές εκτάσεις είναι περίπου το 13% της έκτασης του ΥΔ και έχουν αναπτυχθεί στον κάμπο του Αλφειού, στην παραλιακή ζώνη Πύργου – Πύλου, στον κάμπο της Μεσσηνίας και στο υψίπεδο της Μεγαλόπολης (1<sup>η</sup> Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΕΛ01, 2017).

Το ΥΔ Δυτικής Πελοποννήσου αποτελείται από τις Λεκάνες Απορροής (ΛΑΠ) Αλφειού (ΕΛ0129) και Πάμισου - Νέδοντος - Νέδα (ΕΛ0132), με τα Ορυχεία της Μεγαλόπολης να οριοθετούνται εντός της ΛΑΠ Αλφειού.



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 22. Υδατικό Διαμέρισμα Δυτικής Πελοποννήσου (EL01) και χωροθέτηση δραστηριοτήτων ΔΕΗ (1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ, τροποποίηση)

Τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα στην περιοχή της ΛΑΠ Αλφειού (EL0129) είναι αρκετά σημαντικά και εκτιμώνται περίπου τα 1.058 mm ετησίως. Στις ορεινές περιοχές της Αρκαδίας, το ύψος βροχής κυμαίνεται μεταξύ 1.000 mm και 1.200 mm, ενώ στο κεντρικό τμήμα της ΛΑΠ και στα παράλια φτάνει τα 1.000 mm. Οι βροχές είναι μικρότερες προς τα ανατολικά και σημαντικότερες στις περιοχές μεγαλύτερου υψομέτρου. Οι ανωτέρω τιμές μέσω ετήσιων κατακρημνισμάτων αντιστοιχούν, κατά προσέγγιση, σε έναν όγκο νερού περίπου  $8,1 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{year}$ , το οποίο τροφοδοτεί τον υδρολογικό κύκλο της λεκάνης. Οι περισσότερες βροχοπτώσεις καταγράφονται κατά τους μήνες Οκτώβριο ως και Μάρτιο, με πιο υγρό μήνα το Δεκέμβριο και πιο ξηρό τον Ιούνιο.

Τα Υδατικά Συστήματα (ΥΣ), επιφανειακά και υπόγεια, τα οποία βρίσκονται στη ΛΑΠ Αλφειού (EL0129) και είναι εντός των ορίων της περιοχής της μεταλλευτικής δραστηριότητας της ΔΕΗ, παρουσιάζονται μαζί με τα χαρακτηριστικά τους και την αξιολόγησή τους, σύμφωνα με την Έκθεση της 1<sup>ης</sup> Αναθεώρησης του Σχεδίου ΛΑΠ ΥΔ Δυτικής Πελοποννήσου, στους κάτωθι Πίνακες.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Πίνακας 4. Ποτάμια ΥΣ στην περιοχή δραστηριοτήτων ΔΕΗ (1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΕΛ01, 2017)

Κωδικός	Ονομασία	Κατηγορία	Μήκος (km)	Οικολογική Κατάσταση/ Δυναμικό	Χημική κατάσταση
ΕΛ0129R000217050H	ΑΛΦΕΙΟΣ Π._10	ΙΤΥΣ	2,6	Άγνωστη	Άγνωστη
ΕΛ0129R000219054N	ΑΛΦΕΙΟΣ Π._11	ΦΥΣ	3,0	Ελλιπής	Καλή
ΕΛ0129R000215044H	ΑΛΦΕΙΟΣ Π._9	ΙΤΥΣ	12,5	Μέτρια	Καλή
ΕΛ0129R000217051A	ΕΚΤΡΟΠΗ ΑΛΦΕΙΟΥ Π._1	ΤΥΣ	6,5	Κακή	Καλή
ΕΛ0129R000219053A	ΕΚΤΡΟΠΗ ΑΛΦΕΙΟΥ Π._2	ΤΥΣ	1,0	Άγνωστη	Άγνωστη
ΕΛ0129R000216045N	ΕΛΙΣΣΩΝ Π._1	ΦΥΣ	3,3	Κακή	Άγνωστη
ΕΛ0129R000216046N	ΕΛΙΣΣΩΝ Π._2	ΦΥΣ	16,7	Κακή	Καλή
ΕΛ0129R000218052N	ΞΕΡΙΛΑΣ Ρ.	ΦΥΣ	20,7	Καλή	Άγνωστη

Πίνακας 5. Υπόγεια ΥΣ στην περιοχή δραστηριοτήτων ΔΕΗ (1η Αναθεώρηση ΣΔΛΑΠ ΕΛ01, 2017)

Κωδικός	Ονομασία	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Χημική κατάσταση	Ποσοτική κατάσταση
ΕΛ0100070	ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ	189,4	Καλή	Καλή

Το ποτάμιο ΥΣ ΕΛ0129R000215044H αποτελεί ιδιαίτερος τροποποιημένο ΥΣ, καθώς έχει υποστεί διευθέτηση της κοίτης του, ώστε να προστατευθούν οι μεταλλευτικές δραστηριότητες της ΔΕΗ στην περιοχή των Ορυχείων. Αντίστοιχα, τα ποτάμια ΥΣ ΕΛ0129R000217051A και ΕΛ0129R000219053A έχουν χαρακτηριστεί ως Τεχνητά ΥΣ, γιατί αφορούν σε μετακίνηση της κοίτης του ποταμού Αλφειού με στόχο την επέκταση των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων της, για την εξόρυξη του **υπάρχοντος λιγνίτη στην περιοχή** της υφιστάμενης κοίτης.

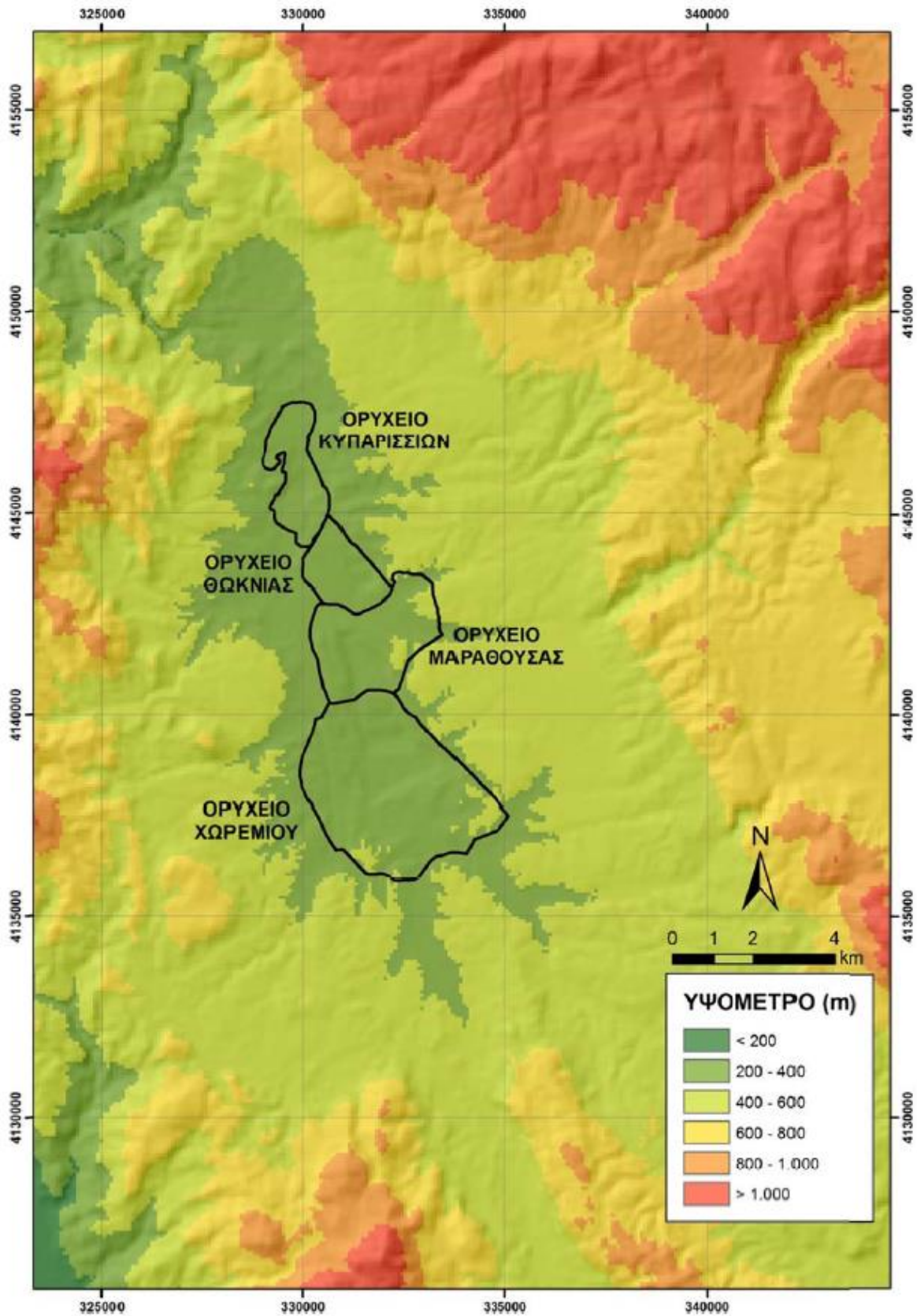
### 2.3. Μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής

Η λιγνιτοφόρος λεκάνη της Μεγαλόπολης, η οποία χωροθετείται στην ΠΕ Αρκαδίας, βρίσκεται στην λεκάνη του οροπεδίου της Μεγαλόπολης καλύπτοντας συνολικά έκταση περίπου 200 km<sup>2</sup>. Η λεκάνη αποτελεί νεοτεκτονικό ρηξιγενές βύθισμα που διαμορφώθηκε κατά στάδια και οριοθετείται από τα όρη Μαίναλο προς Βορρά και Ταΰγετο προς Νότο, τα όρη Λύκαιο και Τενάδιο προς Δυτικά και από χαμηλότερους ορεινούς όγκους προς Ανατολικά (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Η ευρύτερη περιοχή των Ορυχείων κυμαίνεται υψομετρικά μεταξύ +290 m, μέσα στις εκσκαφές και +1.100 m, στους ορεινούς όγκους ανατολικά και δυτικά της λεκάνης), με μέσο υψόμετρο τα +400 m. Τα μεγαλύτερα υψόμετρα εμφανίζονται στα Β, ΒΑ και Α της περιοχής και τα χαμηλότερα στα ΝΑ (Εικόνα 23). Στα κεντρικά της περιοχής, όπου λαμβάνουν χώρα οι εξορυκτικές εργασίες, τα απόλυτα υψόμετρα κυμαίνονται μεταξύ +360 m και +450 m (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021).



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 23. Διακύμανση υψομέτρου στην ευρύτερη περιοχή των Ορυχείων (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021)

Το ανάγλυφο της περιοχής, είναι γενικά ομοιόμορφο με ομαλές κλίσεις πρανών, καθώς οι μορφολογικές κλίσεις δεν ξεπερνούν την τάξη του 0,5%. Υψηλές κλίσεις παρατηρούνται στους χώρους των Ορυχείων, αλλά και σε άλλες περιοχές (στο χωριό Μακρύσιο στα ανατολικά και Απιδίτσα στα δυτικά, βόρεια προς την Καρύταινα και νότια από τη Γέφυρα προς το Λεοντάρι).

Η φυσική αποστράγγιση της λεκάνης γίνεται μέσω του ποταμού Αλφειού και των παραποτάμων του, με κυριότερους τους Ελισσώνα, Ξερίλα, Γουδάνη και Λαγκάδα. Ο ποταμός Αλφειός πηγάζει από τα Νοτιοανατολικά όρια της λεκάνης από υψόμετρο +383 m, ανατολικά του υψώματος Λεονταρίου και διασχίζει κατά μήκος τη λεκάνη με κατεύθυνση δυτικά και εν συνεχεία βόρεια, περιμετρικά της νότιας και δυτικής πλευράς των Ορυχείων. Η έκταση της λεκάνης απορροής του ποταμού Αλφειού ανέρχεται σε 3.497 km<sup>2</sup> (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

## 2.4. Κλιματικές συνθήκες της περιοχής

### 2.4.1 Γενικά στοιχεία

Οι σημαντικότεροι συντελεστές που επιδρούν στη διαμόρφωση του κλίματος είναι: η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, ο άνεμος και οι βροχοπτώσεις.

Η περιοχή της Μεγαλόπολης έχει χαρακτηριστικό Μεσογειακό κλίμα, ξηρό έως υπέρξηρο με ήπιους χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια και με γενικά μακρές περιόδους ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Η υψηλή ηλιοφάνεια και η υγρασία έως και 85% καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, συνιστούν τα κυριότερα χαρακτηριστικά του κλίματος της περιοχής. Το χειμώνα, οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι χαμηλές, ενώ είναι έντονο το φαινόμενο των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων. Το φθινόπωρο, οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι χαμηλές με συχνές βροχοπτώσεις και έντονη συννεφιά. Την άνοιξη, η θερμοκρασία αυξάνεται κυρίως προς τα τέλη του Μαΐου, ενώ σιγά σιγά μειώνεται και η συχνότητα των βροχοπτώσεων. Το καλοκαίρι, η θερμοκρασία αυξάνει σημαντικά με τιμές 38 - 39°C (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

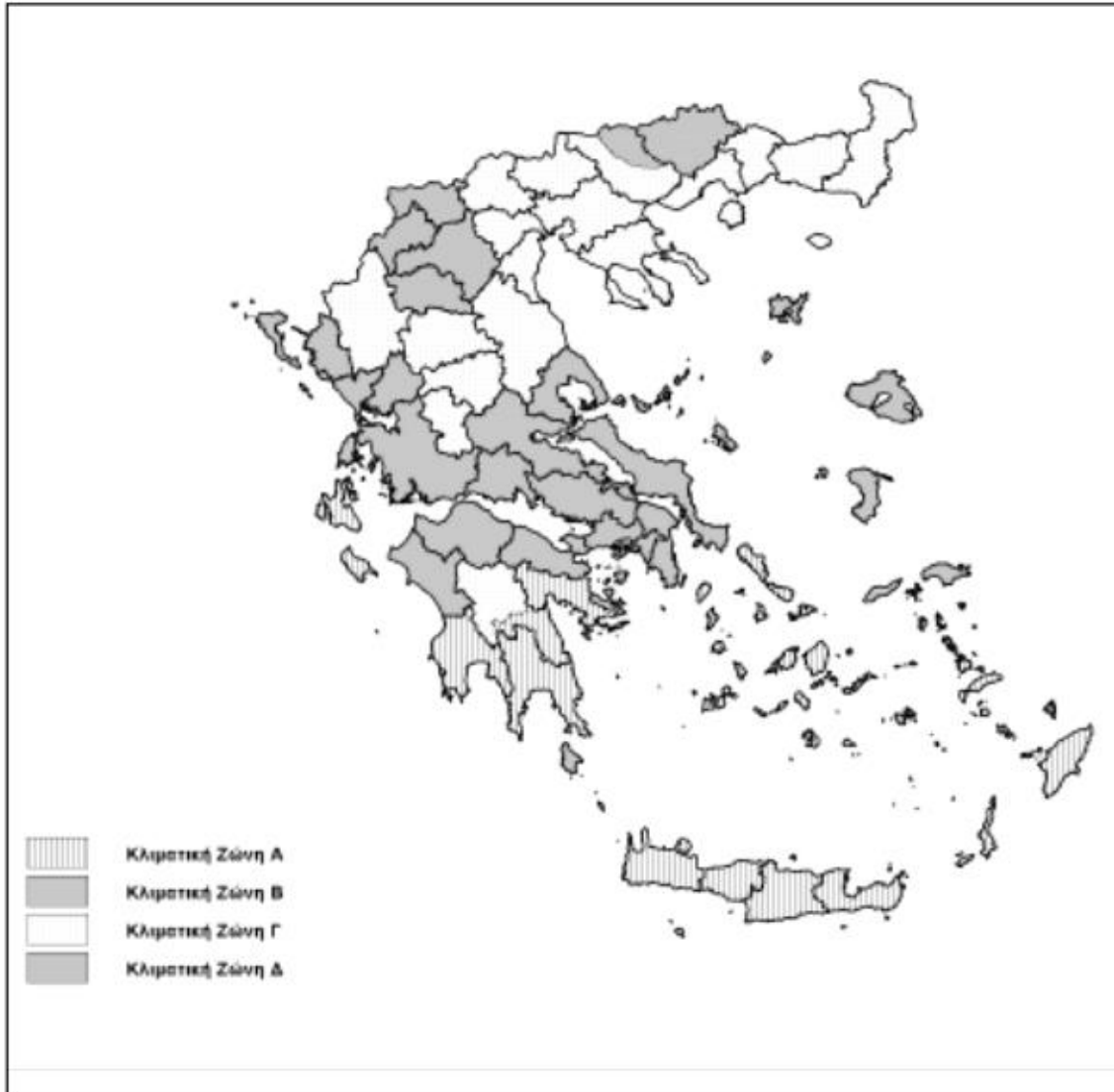
Σύμφωνα με τον Κανονισμό Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων (ΚΕΝΑΚ), η ελληνική επικράτεια διαιρείται σε τέσσερις (4) κλιματικές ζώνες ανάλογα με τις βαθμομημέρες θέρμανσης. Στην Εικόνα 24 απεικονίζονται σχηματικά οι κλιματικές ζώνες στην Ελλάδα.

Η περιοχή της ΠΕ Αρκαδίας, όπου λαμβάνει χώρα η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων της Μεγαλόπολης, υπάγεται στη Ζώνη Γ για την οποία οι βαθμομημέρες έχουν υπολογιστεί από 1.601 έως 2.200 σε θερμοκρασία βάσης 18 °C (ΚΕΝΑΚ).

Γενικά, το κλίμα της Πελοποννήσου καθορίζεται από τα μικροκλίματα που δημιουργούνται στις ορεινές (όπως στον Πάρνωνα και τον Ταΰγετο) και τις παραθαλάσσιες περιοχές. Συνήθως το κλίμα που επικρατεί είναι το θαλάσσιο μεσογειακό στις παραθαλάσσιες και πεδινές περιοχές, ενώ προς το εσωτερικό τμήμα της Πελοποννήσου το κλίμα εξελίσσεται σε χερσαίο και ορεινό (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Πιο συγκεκριμένα, το κλίμα των ορεινών περιοχών είναι υγρό κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου η σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 65 - 85%, και σχετικά ξηρό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, με τη σχετική υγρασία να μην ξεπερνά το 44 έως 50%. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων κυμαίνεται στα 900 mm, με μία χαρακτηριστική αύξηση κατά την περίοδο μεταξύ Νοεμβρίου και Φεβρουαρίου που υπερβαίνει τα 100 mm ανά μήνα. Το Νοέμβριο και το Δεκέμβριο το μέγιστο παρατηρούμενο ύψος των βροχοπτώσεων ξεπερνά τα 175 mm, ενώ τους μήνες τους καλοκαιριού το μέγιστο μηνιαίο ύψος των βροχοπτώσεων ανέρχεται σε 20 με 40 mm.

Παγετοί παρατηρούνται συχνά κατά τους χειμερινούς μήνες, αλλά και κατά τους μήνες της άνοιξης (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).



Εικόνα 24. Σχηματική απεικόνιση κλιματικών ζωνών ελληνικής επικράτειας (KENAK, 2017)

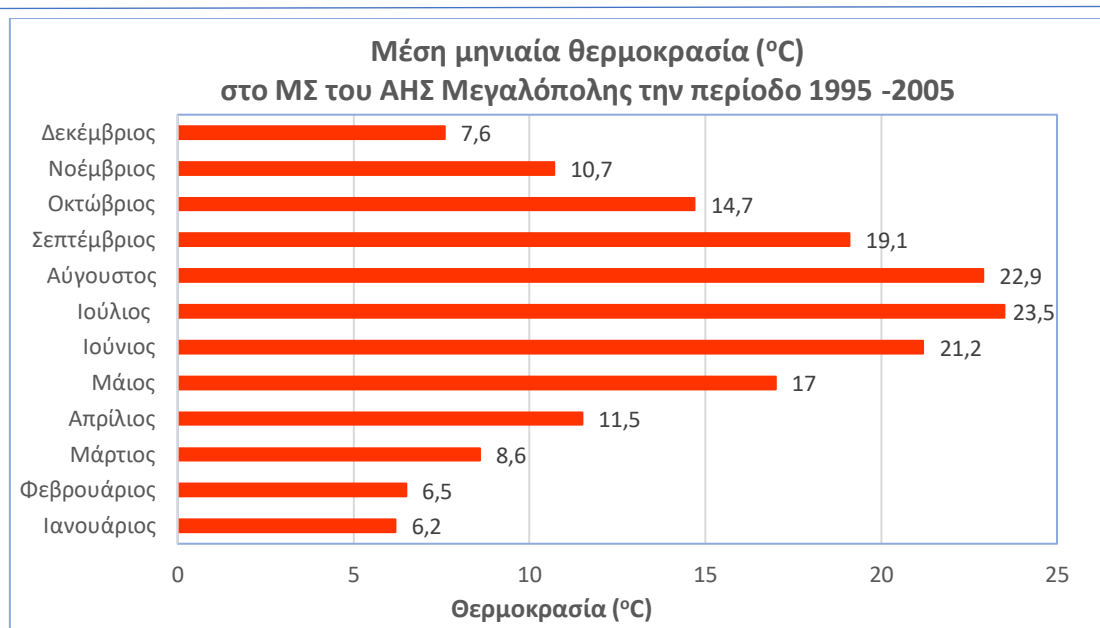
#### 2.4.2 Θερμοκρασία

Στην άμεση περιοχή των Ορυχείων, σημειώνονται σχετικά μεγάλες εποχικές και ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Τη θερμή περίοδο του έτους, η θερμοκρασία ανεβαίνει σε υψηλά επίπεδα, ενώ ο χειμώνας εμφανίζεται σχετικά τραχύς.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Μετεωρολογικού Σταθμού (ΜΣ) του ΑΗΣ Μεγαλόπολης της ΔΕΗ την περίοδο 1995 – 2005, η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται περίπου σε 14,1 °C. Οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος με μέση θερμοκρασία 23,5 °C και ακολουθεί ο Αύγουστος με 22,9 °C, ενώ ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με μέση θερμοκρασία 6,2°C. Την περίοδο 1995 – 2005, η ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράφεται είναι -11,9 °C το μήνα Φεβρουάριο και η μέγιστη 41,1 °C το μήνα Ιούλιο.

Οι μέσες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας στο ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης της ΔΕΗ την περίοδο 1995 – 2005, αποτυπώνονται στο παρακάτω Διάγραμμα (Εικόνα 25).

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

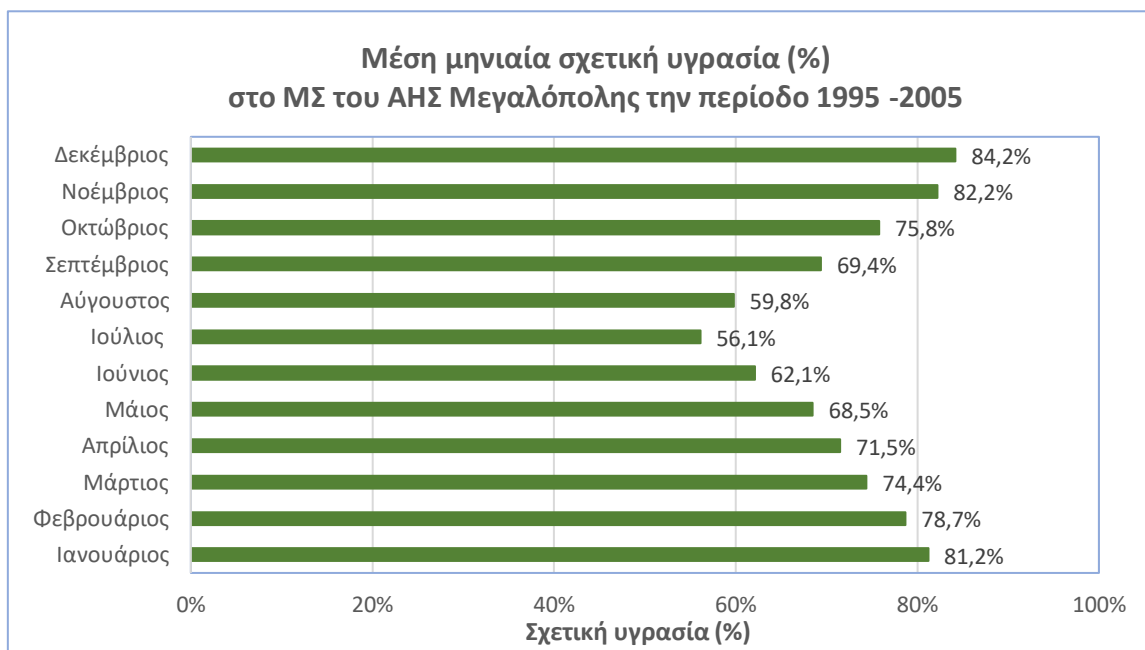


Εικόνα 25. Μέση μηνιαία θερμοκρασία στο Μετεωρολογικό Σταθμό (ΜΣ) του ΑΗΣ της ΔΕΗ κατά την περίοδο 1995 – 2005 (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ)

### 2.4.3 Σχετική υγρασία

Η περιοχή της Μεγαλόπολης χαρακτηρίζεται από υψηλή υγρασία, καθόλη τη διάρκεια του έτους. Το χειμώνα, η σχετική υγρασία φθάνει μέχρι και 100%, ενώ κατά τους θερινούς μήνες, σπάνια η υγρασία πέφτει κάτω από το 20% και μόνο κατά τις μεσημβρινές ώρες.

Οι μέσες μηνιαίες τιμές σχετικής υγρασίας στο ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης της ΔΕΗ την περίοδο 1995 – 2005, αποτυπώνονται στην Εικόνα 26.



Εικόνα 26. Μέση μηνιαία σχετική υγρασία στο Μετεωρολογικό Σταθμό (ΜΣ) του ΑΗΣ της ΔΕΗ κατά την περίοδο 1995 – 2005 (Πρωτογενή Στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ)

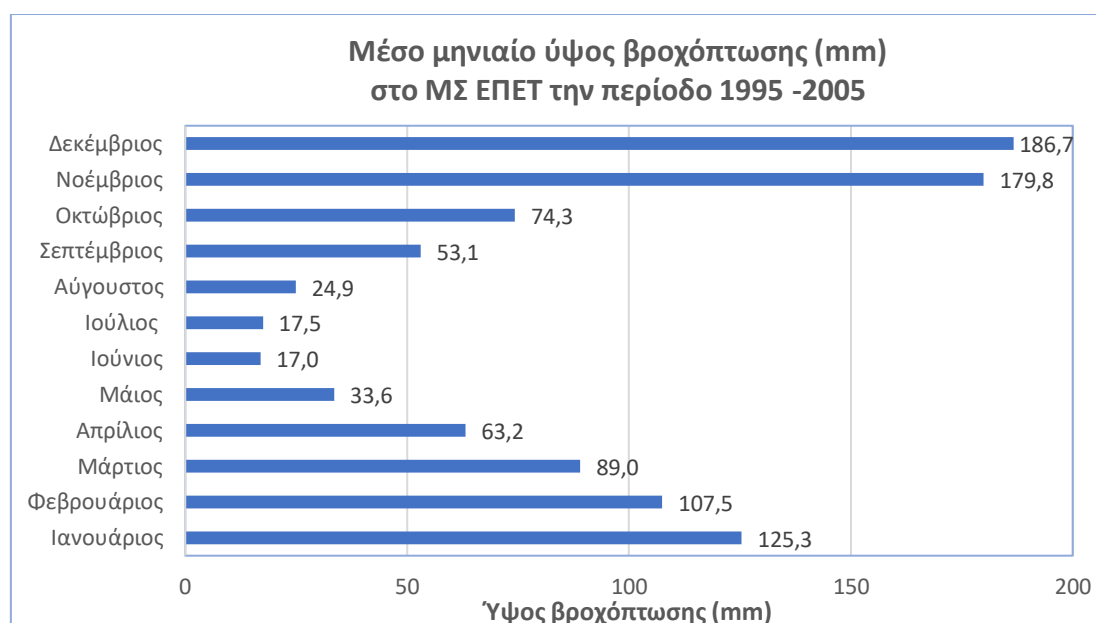
#### 2.4.4 Άνεμος

Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή, κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού έχουν Β-ΒΔ διεύθυνση, ενώ κατά τη διάρκεια του χειμώνα πνέουν Α και ΝΑ άνεμοι. Οι τιμές της ταχύτητας των ανέμων γενικά κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα, της τάξης του 1 με 2 Beaufort και σπάνια ξεπερνούν τα 5 Beaufort (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

#### 2.4.5 Βροχοπτώσεις

Για τα έτη 1995 – 2005, ο μήνας με τη μεγαλύτερη μηνιαία τιμή βροχόπτωσης είναι ο Δεκέμβριος με 186,7 mm, ενώ ο μήνας με τη χαμηλότερη είναι ο Ιούνιος με 17,0 mm. Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται για τα έτη αυτά ανέρχεται σε 972,0 mm.

Στο Εικόνα 27 απεικονίζονται οι μέσες μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης, που κατέγραψε ο ΜΣ ΕΠΕΤ που βρίσκεται στο χώρο των γραφείων των Ορυχείων της ΔΕΗ την περίοδο 1995 – 2005.



Εικόνα 27. Μέσο μηνιαίο ύψος υετού κατά την περίοδο 1995 – 2005 στο Σταθμό ΕΠΕΤ της ΔΕΗ (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ)

### 2.5. Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής

#### 2.5.1 Γενικά στοιχεία γεωλογικής δομής

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης περιβάλλεται από ορεινούς όγκους, οι οποίοι περιλαμβάνουν πλήθος ποικίλων γεωλογικών σχηματισμών που ανήκουν στις **γεωτεκτονικές ζώνες** Ωλονού – Πίνδου και Γαβρόβου - Τριπόλεως. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν κυρίως το υπόβαθρο των Πλειοκαινικών ιζημάτων της λεκάνης, μέσα στα οποία αποτέθηκαν κάποια περίοδο τα λιγνιτικά κοιτάσματα.

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης αποτελεί τεκτονικό βύθισμα που εξελίχθηκε κατά το στάδιο εφελκυσμού του Ολιγοκαινού – Μειοκαινού, ακολουθώντας την Ηωκαινική φάση συμπίεσης των αλπικών πτυχώσεων. Τα δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων που έχουν αναπτυχθεί με διευθύνσεις ΒΒΔ - ΝΝΑ και Α – Δ, έχουν επηρεάσει τόσο τα παλαιότερα, όσο και τα νεότερα **μεταλλικά ιζήματα** της λεκάνης (Πλειοκαινικά και Πλειστοκαινικά). Μέσα στο τεκτονικό βύθισμα της λεκάνης,

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

---

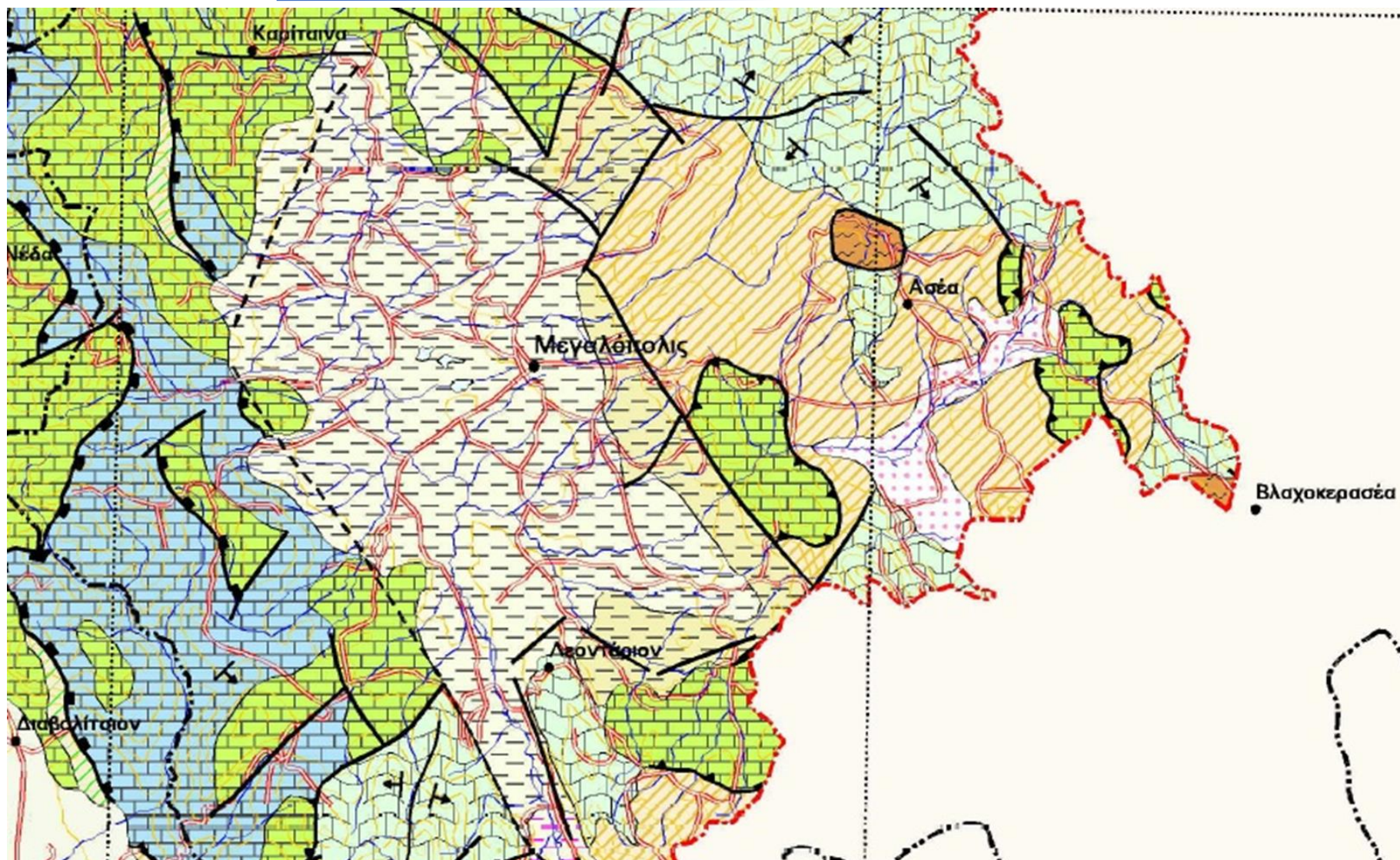
αποτέθηκαν σε μεταγενέστερο χρόνο ιζήματα ποτάμιας και λιμναίας φάσης, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούσαν κάθε φορά στην περιοχή.

Το λιγνιτικό κοίτασμα της Μεγαλόπολης προέρχεται από την απόθεση φυτικών ιζημάτων, εντός της λίμνης και των περιμετρικών ελών, η οποία με κατάλληλες συνθήκες (αναερόβιο περιβάλλον, κατάλληλη θερμοκρασία και πίεση) υπέστησαν ενανθράκωση.

Η γεωλογία της περιοχής της Μεγαλόπολης παρουσιάζεται στην Εικόνα 28.



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



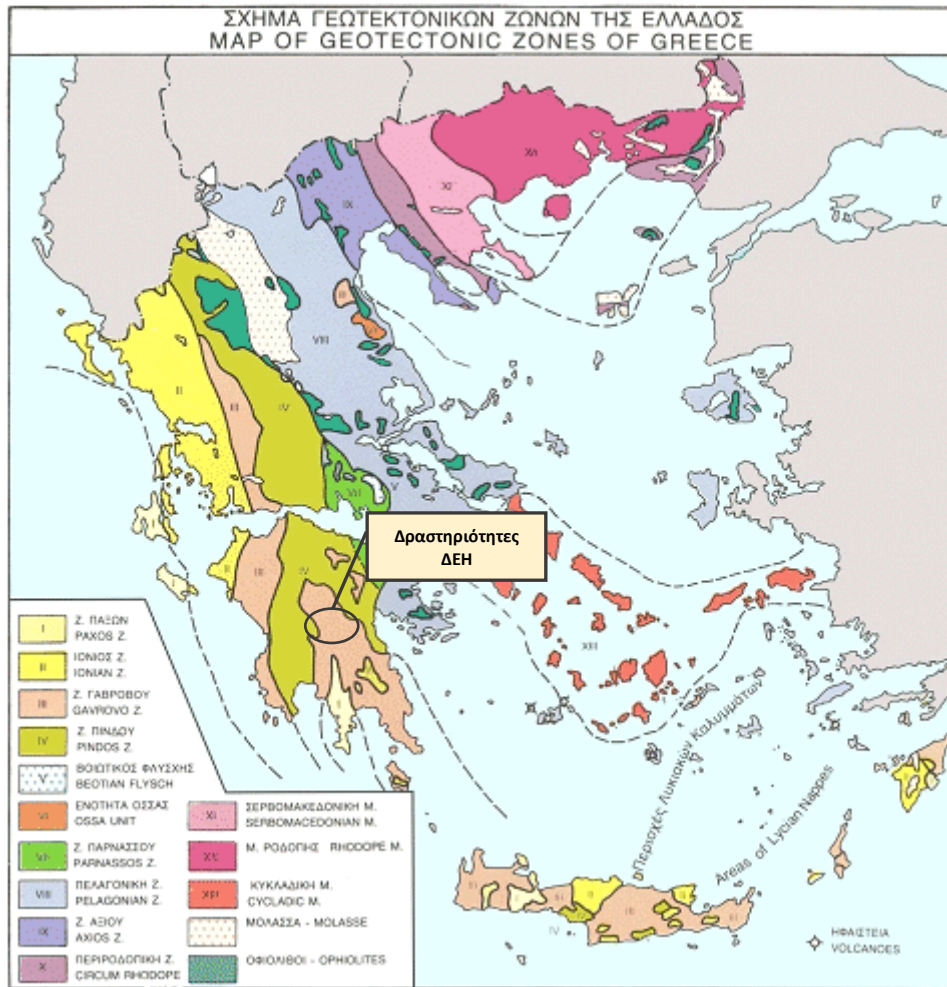
Εικόνα 28. Απόσπασμα από Απλοποιημένο Γεωλογικό Χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο Μεγαλόπολη 1:50.000

## 2.5.2 Γεωτεκτονικοί σχηματισμοί

Το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής της Μεγαλόπολης δομείται από αλπικούς σχηματισμούς, οι οποίοι εντάσσονται στις γεωτεκτονικές ζώνες Ωλονού – Πίνδου και Γαβρόβου – Τριπόλεως, με τη δεύτερη ζώνη να είναι επωθημένη πάνω στην πρώτη. Υπερκείμενα των αλπικών σχηματισμών βρίσκονται σε ασυμφωνία τα μεταλπικά λιμναία ιζήματα της λεκάνης της Μεγαλόπολης (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 29. Χάρτης γεωτεκτονικών ζωνών Ελλάδας (<https://www.orykta.gr>)

Η στρωματογραφική στήλη της Πίνδου στην Ηπειρωτική Ελλάδα απαντάται στην οροσειρά της Πίνδου, στα Αθαμανικά όρη (Τζουμέρκα), στα Άγραφα, στο Παναιτωλικό και στα όρη της Ναυπακτίας, ενώ προς την Πελοπόννησο συνεχίζει στις περιοχές του Παναχαϊκού, του Ωλονού (Ευρύμανθου), της Αρκαδίας και της Μεσσηνίας. Στη λεκάνη της Μεγαλόπολης, συναντάται το τμήμα της κολώνας της Πίνδου από το κάτω Κρητιδικό έως το Ηώκαινο (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

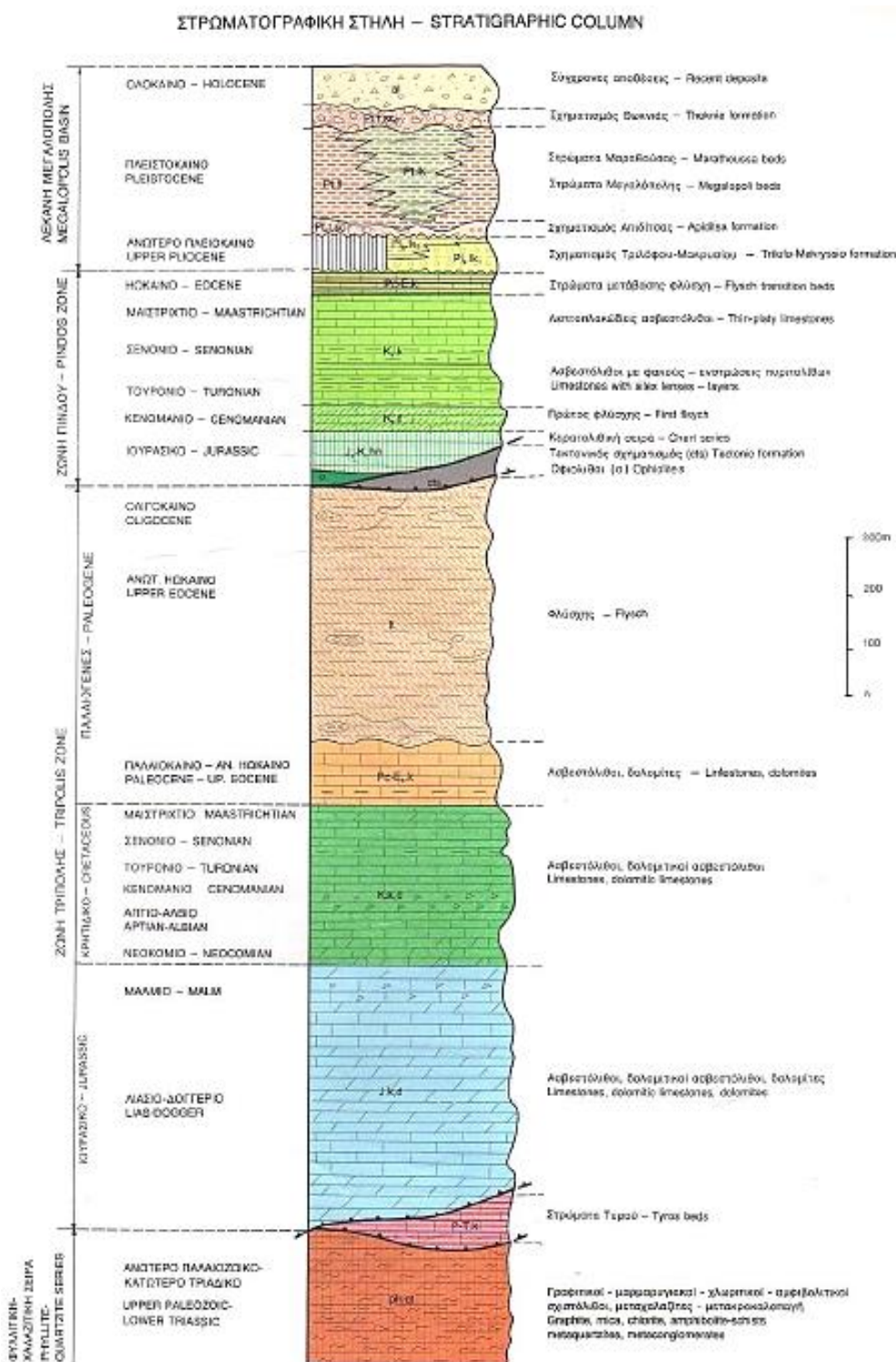
Η ζώνη **Ωλονού - Πίνδου**, η οποία απαντάται κυρίως στις δυτικές και βόρειες παρυφές και μόνο σε ορισμένες θέσεις στις ανατολικές παρυφές της λεκάνης της Μεγαλόπολης (Εικόνα 29), αποτελείται από εναλλαγές ασβεστολιθικών και κλαστικών σχηματισμών (φλύσχη) (Δημητρακοπούλου Σ., 2010). Στη βάση της ζώνης, στην περιοχή της λεκάνης της Μεγαλόπολης, εντοπίζονται στρώματα του πρώτου φλύσχη κάτω Κρητιδικής έως Τουρωνίου ηλικίας. Επάνω από τον φλύσχη, συναντώνται ασβεστόλιθοι (με πάχος περίπου από 150 έως 200 m), οι οποίοι μεταβαίνουν μέσω μαργαϊκών σχηματισμών στον δεύτερο φλύσχη της ζώνης της Πίνδου (βλ. Εικόνα 30).

Οι ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού – Πίνδου που ανήκουν στο Άνω Κρητιδικό είναι πολύ διαδομένοι στην περιοχή της Μεγαλόπολης και θεωρούνται ως οι πιο σημαντικοί γεωλογικοί σχηματισμοί από υδρογεωλογικής απόψεως, δεδομένου ότι αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο και τα περιθώρια του Ορυχείου Κυπαρισσιών. Στοιχεία από σχετική γεωτρητική έρευνα, έδειξαν ότι, τα ασβεστολιθικά αυτά πετρώματα έχουν υποστεί έντονη καρστικοποίηση, η οποία ευνοεί, μεταξύ

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

άλλων και στη δημιουργία καταστροφικών φαινομένων (επιφανειακά βυθίσματα) (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Πάνω από την ζώνη της Πίνδου, η λεκάνη πληρώθηκε με νεογενείς σχηματισμούς που περιλαμβάνουν μάργες, αργίλους, κροκαλοπαγή, λιγνιτικά στρώματα, τα οποία είναι θεωρητικά αδιαπέρατοι ή μικρής διαπερατότητας σχηματισμοί. Η θεώρηση αυτή έχει επιβεβαιωθεί και από τη γεωτρήσεων που έχουν ανοιχθεί στην περιοχή (Δημητρακοπούλου Σ., 2010).



Η στρωματογραφική κολώνα της Γαβρόβου έχει διάταξη ΒΒΔ - ΝΝΑ και ξεκινώντας από τα Ελληνοαλβανικά σύνορα, επεκτείνεται μέχρι και την Πελοπόννησο, ενώ εμφανίζεται και στις νήσους Κρήτη και Ρόδο. Η έκταση των εμφανίσεων της ζώνης είναι αρκετά μεγαλύτερη στην Πελοπόννησο σε σχέση με την ηπειρωτική Ελλάδα. Συναντάται στην ορεινή περιοχή των Β, ΒΑ, Α, ΝΑ και Ν παρυφών της λεκάνης της Μεγαλόπολης.

Η **ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης**, η οποία έχει μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή της Μεγαλόπολης, ως αναφέρθηκε άνωθεν, αποτελείται από ανθρακικούς σχηματισμούς και φλύσχη. Οι ασβεστόλιθοι είναι άστρωτοι, παχυστρωματώδεις και το πάχος τους μπορεί να υπερβαίνει ακόμα και τα 1.000 m. Πάνω σε παλιά καρστική επιφάνεια των ασβεστολίθων της ζώνης, επικάθεται ασύμφωνα αργιλοψαμμιτική σειρά φλύσχη, ο οποίος αποτελείται κυρίως από ψαμμίτες και ιλυόλιθους. Μέσα στο φλύσχη παρατηρήθηκαν ενστρώσεις πελαγικών ασβεστολίθων και κερατολίθων. Το πάχος της σειράς του φλύσχη στην περιοχή της Μεγαλόπολης υπολογίζεται περίπου στα 500 m (Δημητρακοπούλου, 2010 & ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

### 2.5.3 Μεταλικά λιμναία ιζήματα

Τα **μεταλικά ιζήματα** λιμναίας φάσης, τα οποία πληρούν την κυρίως λεκάνη της Μεγαλόπολης, αποτελούνται από μάργες, αργίλους, μαργαϊκές και αμμώδεις αργίλους, άμμους και τέλος χαλαρά έως συνεκτικά συνάγματα (κροκαλοπαγή), το συνολικό μέγιστο πάχος των οποίων υπερβαίνει τα 200 m. Η λιθοστρωματογραφική διάρθρωση των μεταλλικών σχηματισμών στη λεκάνη της Μεγαλόπολης, απεικονίζεται στην Εικόνα 31 ενώ περιγραφή των ιζημάτων που παρουσιάζονται δίνεται στις παρακάτω παραγράφους.

#### **A. ΑΝΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ**

Η **βαθμίδα Μακρυσίου** περιλαμβάνει τα αρχαιότερα στρώματα των ιζημάτων της λεκάνης, κυρίως μάργες λιμναίας φάσης, τα οποία απαντώνται σε συνολικό πάχος ίσο με 100 m. Μεταξύ των στρωμάτων αυτών παρεμβάλλονται λιγνιτικά στρώματα μικρού πάχους (από 0,2 έως 1 m). Η βάση του σχηματισμού που βρίσκεται στην περιοχή του χωριού Σούλου, έχει πάχος μέχρι και 40 m και αποτελείται από συνεκτικά κροκαλοπαγή με ασβεστολιθικές κυρίως κροκάλες ποικίλου μεγέθους.

Η **βαθμίδα Τρίλοφου** αποτελείται από λιμναία στρώματα αργίλων, μαργών και σε πολλές περιπτώσεις αργιλοαμμωδών στρωμάτων με λεπτές παρεμβολές από χαλαρά κροκαλοπαγή πάχους από 0,3 έως 1,5 m (συμμετοχή ασβεστολιθικών κροκαλών μεγέθους έως και 20 cm), ποτάμιες αποθέσεις αργίλων, άμμων, αργιλοαμμώδων ιζημάτων, ιλύος και χαλαρών κροκαλοπαγών και λατυποπαγών ασβεστολιθικής σύστασης και ποικίλου μεγέθους σε διασταυρούμενη στρώση. Η βαθμίδα του Τρίλοφου, το πάχος της οποίας υπολογίζεται στα 100 με 200 m, αντιπροσωπεύει πιθανώς τα περιφερειακά λιμναία στρώματα της βαθμίδας Μακρυσίου.

#### **B. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ**

Η **βαθμίδα Απιδίτσας (Δυτική περιοχή)** αποτελείται από εναλλαγές και πλευρικές μεταβάσεις αργίλων και αργιλοαμμωδών στρωμάτων με χαλαρά, έως μικρής συνεκτικότητας κροκαλοπαγή και λατυποπαγή από κοινού με άμμους και αργίλους. Οι κροκάλες και οι λατύπες είναι κυρίως ψαμμιτικές (απουσία ασβεστολιθικών και πιθανή ύπαρξη κερατολιθικών) και προέρχονται από τον πρώτο φλύσχη της ζώνης Ωλονού - Πίνδου. Όσο απομακρυνόμαστε από τη δυτική πλευρά της λεκάνης προς το εσωτερικό της, το μέγεθος των κροκαλολατυπών μειώνεται (μέγιστη διάμετρος 50 cm και ελάχιστη 8 cm), ενώ ταυτόχρονα ο βαθμός αποστρογγύλωσής τους αυξάνεται. Τα στρώματα



της βαθμίδας αυτής έχουν βαθύ κόκκινο - καφέ χρώμα, το οποίο οφείλεται στην παρουσία αιματίτη και άλλων ενώσεων του σιδήρου (ένυδρα υδροξείδια). Το πάχος των στρωμάτων της βαθμίδας υπερβαίνει τα 60 με 80 m.

Στη **βαθμίδα Χωρεμίου** διακρίνονται οι παρακάτω ομάδες στρωμάτων:

- ❖ Στρώματα Μαραθούσας: Αποτελούνται στο κεντρικό τμήμα τους από λιμναίες φάσεις και στα περιφερειακόπωσήματά τους όπωσώ ποτάμια φάση. Τα λιμναία στρώματα συνίστανται από εναλλαγές μαργών, χουμωδών αργίλων, ιλύος και λιγνίτη. Στη βάση τους παρατηρούνται παρεμβολές φακών και στρωμάτων από άμμο και λεπτών, χαλαρών κροκαλοπαγών. Μεταξύ των οικισμών Χωρέμι Χωρεμίου και Θωκνία παρουσιάζονται τρεις διαφορετικοί λιγνιτοφόροι ορίζοντες ενώ στην υπολεκάνη των Κυπαρισσιών ενώ παρατηρούνται και οι τρεις οι ίδιοι ορίζοντες, μόνο ο ένας, ο ανώτερος, έχει σημαντικό πάχος. Η ποτάμια φάση αποτελείται από αργιλοαμμώδη υλικά, πηλούς και χαλαρά κροκαλοπαγή. Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 200 m.
- ❖ Στρώματα Μεγαλόπολης: Αποτελούνται από ποτάμια αποθέσεις, οι οποίες προς το εσωτερικό της λεκάνης εξελίσσονται σε εναλλαγές καστανόχρωμων αργίλων, πηλών, άμμων, χαλικών και χαλαρών κροκαλοπαγών. Οι παρυφές της λεκάνης αποτελούνται από χαλαρά κροκαλοπαγή, άμμους και καστανόχρωμους χαλικομιγείς πηλούς. Το μέγεθος των κροκαλών και λατυπών είναι μικρό στο εσωτερικό της λεκάνης, μέχρι 5cm διάμετρο, ενώ αυξάνει όσο πλησιάζουμε προς τα εξωτερικά όριά της. Το πάχος της σειράς των στρωμάτων Μεγαλόπολης δεν ξεπερνά τα 50m.

Η **αναβαθμίδα Λούσιου** αποτελείται από χαλαρά έως μέτριας συνεκτικότητας κροκαλοπαγή και λατυποπαγή με παρεμβολές από καστανόχρωμες άμμους και πηλούς. Οι κροκάλες και οι λατύπες, κατά κύριο λόγο, είναι ψαμμιτικές με μέγεθος που ποικίλλει (μέχρι και 30 cm), ενώ σε αρκετές θέσεις εμφανίζονται εξαλλοιωμένες. Το πάχος της αναβαθμίδας ανέρχεται σε 10 με 15 m και βρίσκεται από 20 έως 60 m πιο πάνω από τη σημερινή κοίτη του ποταμού Λούσιου, εξαιτίας των κατακόρυφων τεκτονικών κινήσεων που παρατηρήθηκαν στο άμεσο παρελθόν.

Στη **βαθμίδα Ποταμιάς (ανώτερη βαθμίδα Αλφειού)** διακρίνονται αργιλοαμμώδη υλικά με κροκάλες και λατύπες ποικίλης προέλευσης (κυρίως ψαμμιτικές) με μικρή συνεκτικότητα. Προς τις παρυφές της λεκάνης επικρατούν αδρομερή υλικά και αρκετά γωνιώδεις και μεγάλες κροκαλολατύπες. Το πάχος της βαθμίδας είναι περίπου 5 έως 10 m. Η βαθμίδα βρίσκεται σε διάφορα ύψη (5 έως 60 m) πάνω από τη σημερινή κοίτη του ποταμού Αλφειού και των παραποτάμων του, λόγω των κατακόρυφων τεκτονικών κινήσεων που παρατηρήθηκαν στο άμεσο παρελθόν.

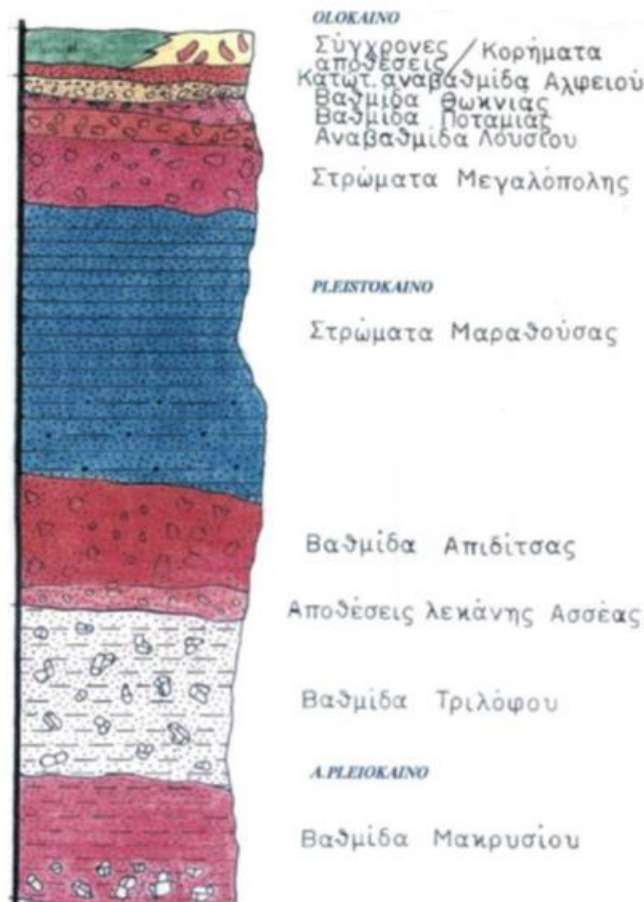
Το κατώτερο τμήμα της **βαθμίδας Θωκνίας** αποτελείται από χαλαρά έως ασύνδετα, αδρομερή κροκαλολατυποπαγή (μέγεθος έως 20 cm), με καστανόχρωμες άμμους και πηλούς, καθώς και από αργιλοαμμώδη υλικά και χάλικες. Το ανώτερο τμήμα της, το οποίο αντιστοιχεί στη ζώνη επίκλυσης του ποταμού, αποτελείται από άμμους, αργίλους και πηλούς. Κοντά στο χωριό Θωκνία και ανατολικά του χωριού Κυπαρίσσια, η βαθμίδα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη εξάπλωσή της. Το πάχος της κυμαίνεται μεταξύ από 5 έως 10 m και βρίσκεται 6 με 12 m πάνω από τη σημερινή κοίτη του Αλφειού.

## Γ. ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Η **κατώτερη αναβαθμίδα Αλφειού** αποτελείται από ασύνδετα αργιλοαμμώδη υλικά, πηλούς, άμμους, χάλικες και κροκάλες ποικίλης προέλευσης που είναι καλής αποστρωγγύλωσης και συνήθως μικρού μεγέθους (μέχρι 10 cm). Το ύψος της αναβαθμίδας είναι περίπου 5 m.

Στα **πλευρικά κορήματα** και τους **κόνους κορημάτων** διακρίνονται κροκάλες, λατύπες και χάλικες, πετρώματα που είναι είτε εντελώς ασύνδετα είτε έχουν μια μικρή συνεκτικότητα.

Οι **σύγχρονες αποθέσεις** περιλαμβάνουν άμμους, αργίλους και ασύνδετες κροκάλες στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων, καθώς και προσχωσιγενείς αποθέσεις από αργιλοαμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκάλες, λατύπες και πηλούς σε εσωτερικές λεκάνες και ποταμοκοιλιάδες.



Εικόνα 31. Στρωματογραφική στήλη μεταλλικών σχηματισμών στη λεκάνη Μεγαλόπολης (Τερζοπούλου Ελ., Λιάκουρα Αικ., 1991)

## 2.6. Υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής

### 2.6.1 Γενικά στοιχεία υδρογεωλογίας

Η ζώνη Γαβρόβου -Τρίπολης αποτελείται, εκτός από ανθρακικούς σχηματισμούς και από φλύσχη, ο οποίος θεωρείται αδιαπέραστος σχηματισμός. Οι ασβεστόλιθοι της ζώνης αυτής, που αποτελούν τους βαθύτερους υδροφόρους σχηματισμούς, δεν φαίνεται να επηρεάζουν τα Ορυχεία αφού δεν έρχονται σε άμεση επαφή με τις εργασίες εκμετάλλευσης.

Η ζώνη Ωλονού – Πίνδου αποτελείται από εναλλαγές ασβεστολιθικών και κλαστικών σχηματισμών (φλύσσης). Η παρουσία του φλύσση, αποτελεί φραγμό στην κίνηση των υπογείων νερών και στο διαχωρισμό του υδροφόρου ορίζοντα σε επιμέρους υδροφορείς, λόγω των στεγανών ιδιοτήτων του. Οι εναλλαγές ασβεστολίθων και κλαστικών σχηματισμών, οι οποίοι είναι διαπερατοί και αδιαπέρατοι σχηματισμοί αντίστοιχα, έχουν σαν αποτέλεσμα την παρουσία σημαντικής υδροφορίας ανάμεσα στους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Για το λόγο αυτό, εμφανίζονται πολλαπλοί καρστικοί υδροφορείς συστημάτων, τα οποία είτε επικοινωνούν μεταξύ τους, είτε είναι ανεξάρτητα (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης, εντοπίζονται δύο (2) είδη υδροφόρων (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021). Υδροφορείς που αναπτύσσονται στα χαλαρά ιζήματα της λεκάνης και υδροφορείς που αναπτύσσονται στους καρστικούς σχηματισμούς και αποτελούν το υπόβαθρο και τα περιθώρια της λεκάνης.

Οι πρώτοι εξ αυτών υδροφορείς, οι υδροφορείς στα χαλαρά ιζήματα, βρίσκονται σε μικρού πάχους αργιλοαμμούχα στρώματα με χαμηλές περατότητες, τα οποία τροφοδοτούνται από την άμεση κατείδυση των κατακρημνισμάτων ή από τον Αλφειό ποταμό και τους παραποτάμους του.

Επίσης, υπόγεια νερά εντοπίζονται στις διεπιφάνειες επαφής δύο διαφορετικών σχηματισμών (στρωματογραφική εναλλαγή), αλλά και σε κροκαλοπαγή παλαιοκοιτών του Αλφειού ποταμού στα τμήματα εκείνα που συναντάται προνομιακή ροή. Υπόγεια νερά διακινούνται και μέσω συστημάτων ρωγμών που είτε προϋπάρχουν (τεκτονικά φαινόμενα), είτε δημιουργούνται κατά την εκσκαφή (μηχανικά φαινόμενα).

Σημειώνεται ότι, ενιαίος υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος κατά το παρελθόν να έχει δημιουργήσει προβλήματα κατά την εκμετάλλευση, έχει παρατηρηθεί μόνο στην περιοχή του Ορυχείου Κυπαρισίων (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021).

Στο Ορυχείο Θωκνίας εντοπίζεται μιας μικρής δυναμικότητας και έκτασης υδροφορία, ενώ το καρστικό υπόβαθρο εντοπίστηκε μόνο σε 2 γεωτρήσεις στο δυτικό όριο του Ορυχείου σε βάθος μεγαλύτερο των 105 m, ήτοι σε αρκετά μεγαλύτερο από το βάθος των 65 m κάτω από τα γεωλογικά στρώματα που περιέχουν τους λιγνιτοφόρους σχηματισμούς. Σημειώνεται ότι, και στις δύο περιπτώσεις των γεωτρήσεων, δεν αναφέρεται ο εντοπισμός του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα (Περιβαλλοντική αδειοδότηση χώρου απόθεσης στο εξαντλημένο Ορυχείο της Θωκνίας, 2022).

Στο Ορυχείο Μαραθούσας, όπως και σε εκείνο του Χωρεμίου, δεν αναπτύσσεται ενιαίος υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας ούτε στα υπερκείμενα, ούτε στα ενδιάμεσα, αλλά ούτε και στα υποκείμενα. Ο καρστικός ασβεστόλιθος είναι πολύ βαθιά και δεν απασχόλησε ποτέ το Ορυχείο. Ακόμα και ερευνητικές γεωτρήσεις που έφτασαν μέχρι βάθους 270 m, δεν συνάντησαν τον σχηματισμό αυτό. Η μικρής δυναμικότητας υδροφορία που συναντάται κατά τόπους, παρουσιάζει ίδια χαρακτηριστικά με την υδροφορία που απαντάται στην περιοχή του Ορυχείου Χωρεμίου, δηλαδή παρουσιάζεται σε «θύλακες» διαφόρου βάθους που συγκεντρώνουν μικρές ποσότητες νερού. Τα υπόγεια νερά του Ορυχείου Μαραθούσας, τα οποία βρίσκονται σε αυτούς τους «θύλακες» υπό πίεση δεν πρόκειται να δημιουργήσουν πρόβλημα στην εκμετάλλευση. Κοντά όμως στον Αλφειό και στον Ελισσώνα ποταμό, θα χρειαστεί λίγο μεγαλύτερη προσοχή, λόγω του χαλικομιγούς - αλλουβιακού υλικού (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Στο Ορυχείο Χωρεμίου, λόγω της αργιλομαργαϊκής και αργιλοαμμούχου στρωματογραφίας, τα υπόγεια νερά είναι λιγοστά και παρατηρούνται εγκλωβισμένα σε «θύλακες» μεταξύ των αργιλούχων, ιλυούχων και λιγνιτικών στρωμάτων. Η υδροφορία που αναπτύσσεται είναι μικρή και συνεπώς δεν δημιουργούνται ιδιαίτερα προβλήματα, εκτός της στιγμής της αποκάλυψής τους, κατά

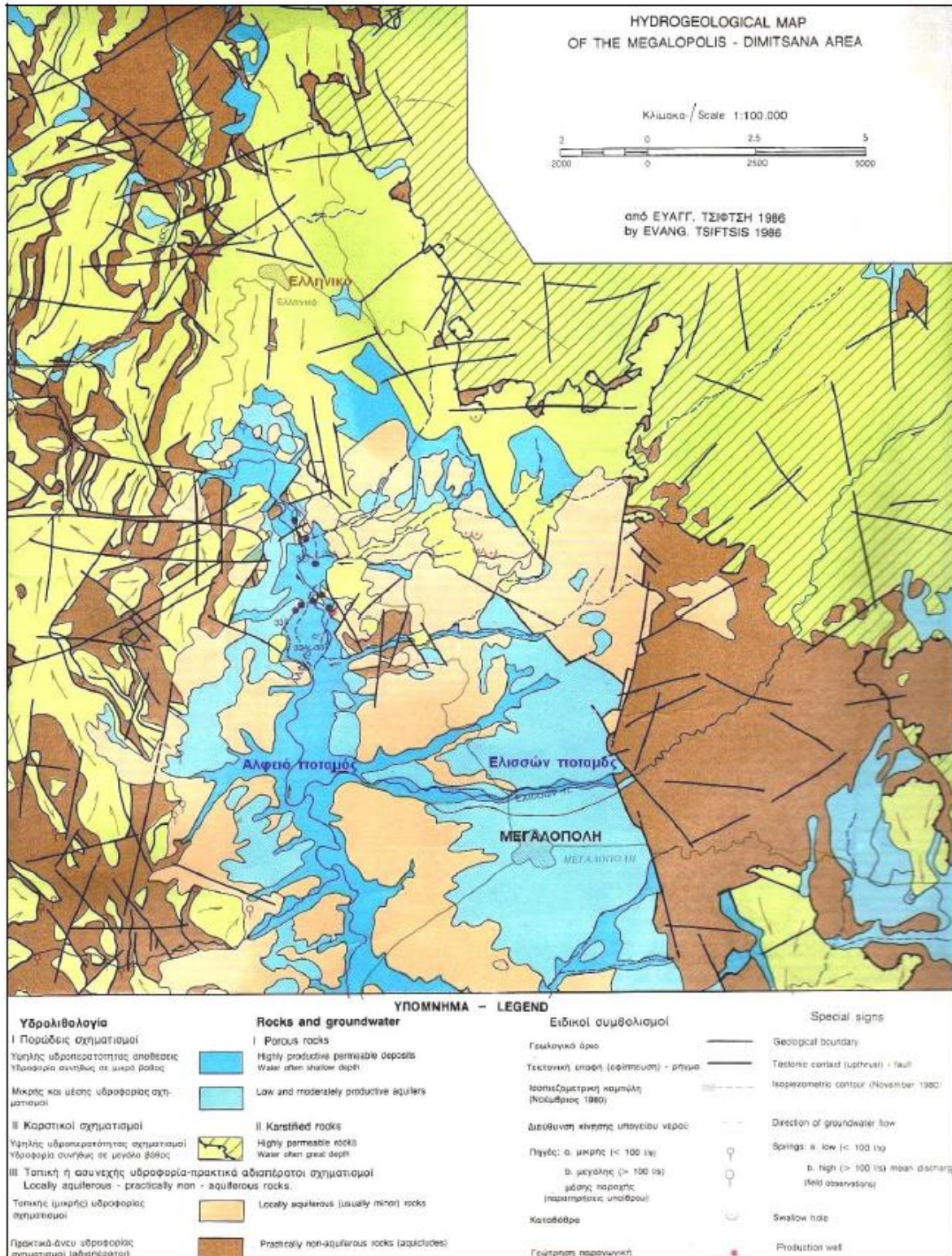
τη διάρκεια της εκσκαφής, μέχρι να απομακρυνθούν από το χώρο εντοπισμού τους (Καρράς Β., 2001). Πιθανόν να προήλθαν από τον Αλφειό ποταμό σε προγενέστερα γεωλογικά χρόνια, ίσως παλαιοπλειστοκαινικής ηλικίας και η αιτία εγκλωβισμού να ήταν τεκτονικά φαινόμενα, τα οποία και τα οδήγησαν στην απομόνωση. Οι «θύλακες» δεν επικοινωνούν μεταξύ τους και αποτελούν ανεξάρτητες εστίες εντός του Ορυχείου. Στο παρελθόν γεωτεχνικά προβλήματα ευστάθειας στα πρηνή εκσκαφής κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης, γεγονός που οφειλόταν, κατά κύριο λόγο, στην παρουσία έστω και λίγων ποσοτήτων νερού, κυρίως κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Ένας άλλος σημαντικός λόγος του προβλήματος στα πρηνή εκσκαφής υπήρξε και συνεχίζει να υπάρχει το χαλικομιγές αλλουβιακό υλικό της παλαιοκοίτης του Αλφειού ποταμού, όπου συνεχώς είναι ένας μόνιμος δίαυλος τροφοδοσίας νερών, στη νότια πλευρά του ορυχείου.

Συνεπώς, ο καρστικός υδροφόρος με το σημαντικότερο υδατικό δυναμικό είναι εκείνος του Ορυχείου Κυπαρισσίων, το οποίο περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2020).

Στην Εικόνα 32, παρουσιάζεται ο υδρολιθολογικός χάρτης, ο οποίος απεικονίζει την κατανομή των σχηματισμών της περιοχής της Μεγαλόπολης με βάση την υδροπερατότητα (πορώδεις, καρστικοί ή με τοπική ή ασυνεχή υδροφορία – πρακτικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί).



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 32. Υδρογεωλογικός χάρτης περιοχής Μεγαλόπολης – Δημητσάνας (Τσιφτσής Ε., 1986)

## 2.6.2 Καρστικοί υδροφορείς

Στην ευρύτερη περιοχή του Ορυχείου Κυπαρισίων και λίγο βορειότερα και δυτικά αυτού, έχουν προσδιοριστεί τρεις (3) καρστικοί υδροφορείς, ο Κύριος, ο Βόρειος και ο Δυτικός (Δημητρακόπουλος Δ., 1993) (Εικόνα 33).



### Κύριος καρστικός υδροφόρος (1<sup>ος</sup>)

Ο Κύριος καρστικός υδροφόρος καλύπτει το κεντρικό και νότιο τμήμα του Ορυχείου Κυπαρισσίων και θεωρείται ο πιο σημαντικός εκ των τριών υδροφορέων. Έχει τη μεγαλύτερη δυναμικότητα και σε αυτόν έχουν ορυχθεί γεωτρήσεις από τη ΔΕΗ για την τροφοδοσία των εν λειτουργία Μονάδων των ΑΗΣ (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021). Ο κύριος καρστικός, έχει εντοπιστεί στα δυτικά στο λόφο των Κυπαρισσίων και στα ανατολικά εκτείνεται κάτω από τον Αλφειό. Το πορώδες του καρστικοποιημένου ασβεστολίθου υπολογίστηκε μεταξύ 0,6 και 0,7 %. Η υδαταγωγιμότητα στην κεντρική και ανατολική περιοχή του Ορυχείου είναι πολύ μεγάλη (της τάξεως του  $10^{-1}$  m<sup>2</sup>/sec έως  $10^{-2}$  m<sup>2</sup>/sec), ενώ δυτικότερα μειώνεται. Η πιεζομετρική επιφάνεια του καρστικού υδροφόρου που αρχικά θεωρούνταν ενιαίος, τα παλιά έτη έφθανε στην περιοχή του Ορυχείου μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, σε υψόμετρο μέχρι + 340 m (1963).

Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, ο υδροφόρος αυτός να επηρεάζει τις εργασίες εκμετάλλευσης και για το λόγο αυτό η στάθμη του έπρεπε να υποβιβαστεί. Το έτος 1992 βρισκόταν περίπου στο +300 m, ενώ το έτος 2005 βρισκόταν στο +285 m. Σήμερα η στάθμη του υπόγειου καρστικού νερού έχει επανέλθει σχεδόν (+322 m) στα αρχικά επίπεδα του 1963. Η άνοδος της υπόγειας στάθμης, συσχετίζεται άμεσα με τη μείωση της αντλούμενης ποσότητας νερού από τον υπόγειο καρστικό υδροφόρο, από το έτος 2005 ύστερα έως σήμερα.

Η άνοδος του υπόγειου καρστικού υδροφόρου ορίζοντα που παρατηρείται τα τελευταία έτη υποδηλώνει ότι, με τη μείωση αρχικά και τη διακοπή στο τέλος των υπόγειων αντλήσεων, είναι πολύ πιθανό η υπόγεια στάθμη να επανέλθει στα αρχικά επίπεδα, πριν από την εκμετάλλευση της λιγνιτοφόρου λεκάνης Μεγαλόπολης. Σημειώνεται ότι, το Νοέμβριο του 1976, στις γεωτρήσεις BR8A και BR9D το απόλυτο υψόμετρο στάθμης του Κύριου ορίζοντα μετρήθηκε στα + 330 m (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022). Επομένως, εκτιμάται ότι, η επίδραση των αντλήσεων στον υπόγειο καρστικό υδροφόρο είναι προσωρινή και πλήρως αναστρέψιμη, όπως αποδεικνύεται από τις σταθμημετρήσεις των γεωτρήσεων.

Η έκταση της επιφανειακής εμφάνισης του Κύριου καρστικού σχηματισμού που δέχεται άμεσα τα νερά των βροχοπτώσεων είναι 48 Km<sup>2</sup>, ενώ η συνολική έκταση του εδαφικού και υπεδαφικού ασβεστολιθικού σχηματισμού, το οποίο έχει εντοπισθεί από γεωτρήσεις ανέρχεται σε 140 km<sup>2</sup>

### Βόρειος καρστικός υδροφόρος (2<sup>ος</sup>)

Στα βόρεια των Ορυχείων αναπτύσσεται ένας ανεξάρτητος μικρότερος καρστικός υδροφόρος, ο οποίος απομονώνεται από τον κύριο υδροφόρο, μέσω υπόγειων διαφραγματικών παρεμβολών φλύσχη. Η ύπαρξη του Βόρειου υδροφόρου επιβεβαιώνεται από:

- ✚ τη διαφορετική χημική σύσταση του νερού των γεωτρήσεων, σε σχέση με δείγματα των γεωτρήσεων που βρίσκονται στον Κύριο καρστικό υδροφόρο και
- ✚ τη μεγάλη διαφορά στάθμης και τη διαφορετική διακύμανση της στάθμης των γεωτρήσεων του εν λόγω καρστικού υδροφόρου και των γεωτρήσεων του Κύριου καρστικού υδροφόρου.

Σημειώνεται ότι, ο υδροφόρος αυτός δεν επηρεάζει, αλλά ούτε και επηρεάζεται από τις εργασίες εκμετάλλευσης των Ορυχείων και ιδιαίτερα από την αποστραγγιστική διαδικασία που έλαβε χώρα

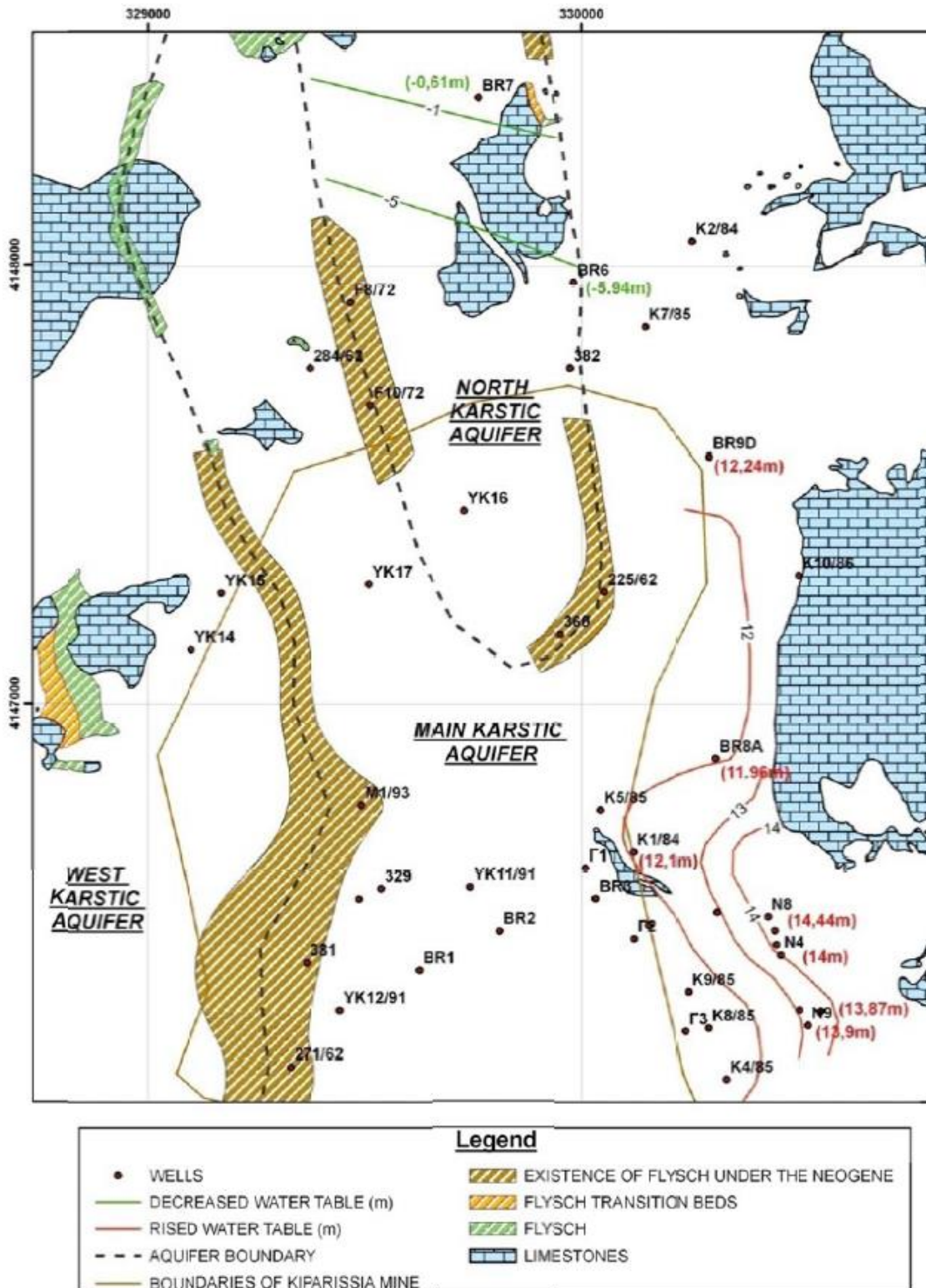
Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

στο χώρο του Κύριου καρστικού υδροφόρου. Η στάθμη του υπόψη υδροφόρου βρίσκεται στα + 323 m τα τελευταία δύο χρόνια. Τα όρια και η έκταση του υδροφόρου δεν έχουν προσδιοριστεί. Πιθανολογείται όμως, ότι, τα νότια όριά του να φθάνουν μέχρι τα βόρεια όρια του Ορυχείου Κυπαρισσίων (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

**Δυτικός καρστικός υδροφόρος (3<sup>ος</sup>)**

Κατά μήκος των δυτικών πρανών του Ορυχείου Κυπαρισσίων, εντοπίζεται η ύπαρξη και συνέχεια μίας υπεδαφικής εμφάνισης φλύσχη. Η ύπαρξη του φλύσχη επιβεβαιώνεται από τις γεωτρήσεις και από τις επιφανειακές εμφανίσεις αυτού στα δυτικά του Ορυχείου. Ο φλύσχος αυτός αποτελεί το δυτικό όριο του Κύριου καρστικού υδροφόρου και, λόγω των αδιαπέραστων ιδιοτήτων του, αποτελεί ένα στεγανό διάφραγμα μεταξύ αυτού και του Δυτικού καρστικού υδροφόρου. Σημειώνεται ότι, όπως και στην περίπτωση του Βόρειου καρστικού υδροφόρου, ο Δυτικός υδροφόρος δεν επηρεάζει και δεν επηρεάζεται από τις εργασίες εκμετάλλευσης των Ορυχείων. Η στάθμη του υπόψη υδροφόρου βρίσκεται περίπου στα + 332 m τα τελευταία δύο χρόνια (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 33. Υπόγειοι καρστικοί υδροφορείς: Κύριος, Βόρειος και Δυτικός Ορυχείου Κυπαρισσιών (WATERCHEM, 2007)

## 2.7. Διαχείριση υδάτων και υφιστάμενη ποσοτική κατάσταση

### 2.7.1 Γενικά στοιχεία

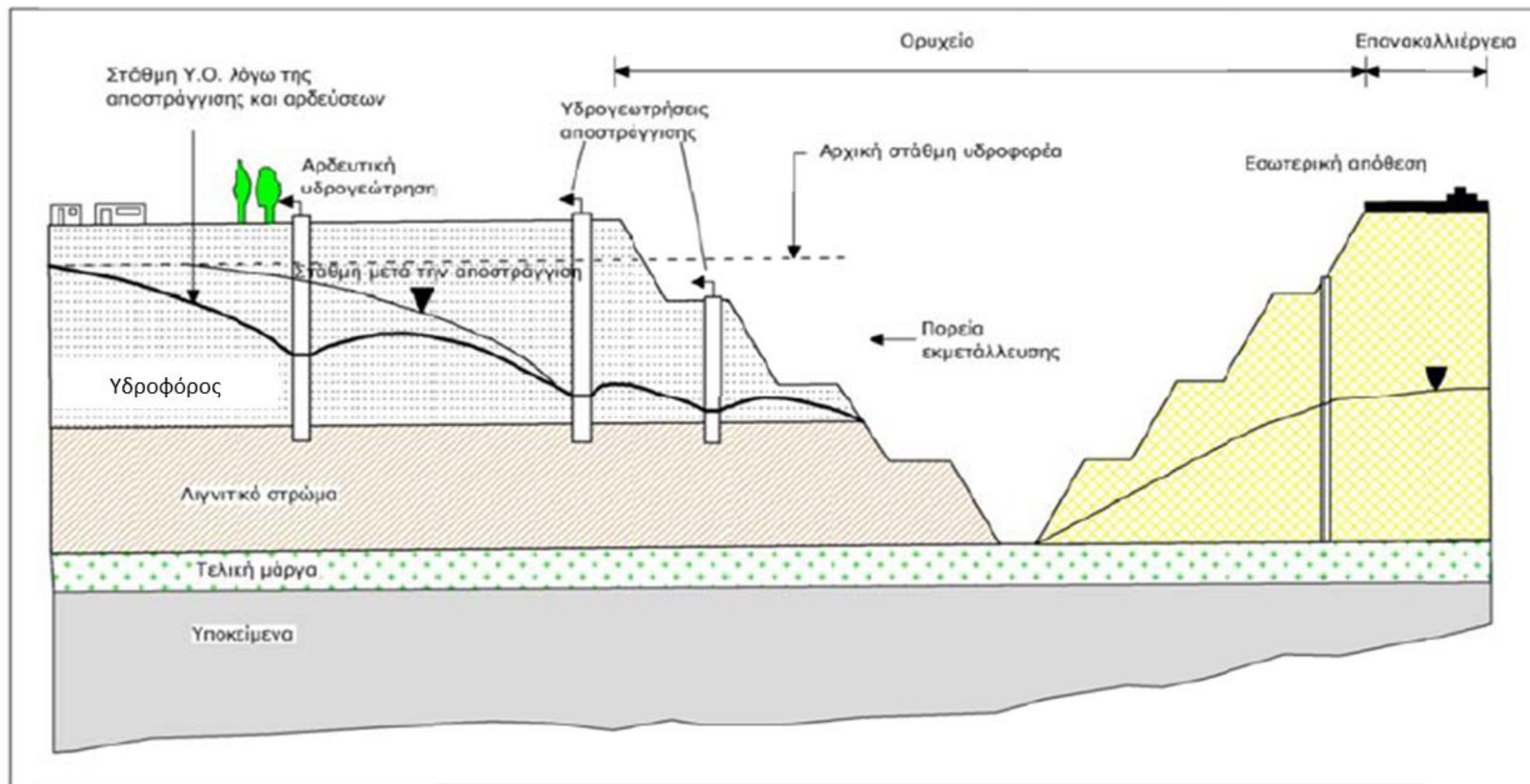
Για την ασφαλή λειτουργία των ορυχείων, περιμετρικά αυτών, μπροστά από το μέτωπο, εξωτερικά αλλά και εσωτερικά στις βαθμίδες, ορύσσονται γεωτρήσεις, από τις οποίες αντλείται συστηματικά νερό. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται, στις περιπτώσεις που απαιτείται, η προστασία των ορυχείων από τα επιφανειακά και υπόγεια νερά των υδροφόρων στρωμάτων υπερκείμενων του λιγνίτη. Αφ' ενός, μειώνονται οι ποσότητες υπόγειων νερών που εισρέουν εντός του ορυχείου και αφ' ετέρου βελτιώνεται η ευστάθεια των πρανών των ανοικτών και μεγάλου βάθους εκσκαφών απόληψης λιγνίτη. Παράλληλα, τα επιφανειακά νερά τα οποία εισέρχονται κάθε φορά στην εκσκαφή, συγκεντρώνονται σε εσωτερικά αντλιοστάσια, η θέση των οποίων μεταβάλλεται ανάλογα με την πρόοδο των εξορυκτικών εργασιών. Η αποστράγγιση ορυχείων έχει ως αποτέλεσμα την ταπείνωση της στάθμης του υδροφόρου υπερκείμενων γύρω από την εκσκαφή.

Οι ποσότητες νερού που αντλούνται από τις ως άνω αναφερόμενες γεωτρήσεις, είναι χωροχρονικά μεταβαλλόμενες και εξαρτώνται από τις ετήσιες κατακρημνίσεις, το βαθμό αποστράγγισης των υδροφόρων στρωμάτων που αποκόπτονται, το συνολικό εμβαδό της έκτασης των εκσκαφών, καθώς και τις εσωτερικές αποθέσεις των στείρων.

Στην Εικόνα 34 απεικονίζεται σχηματικά η αποστράγγιση των Ορυχείων στα υπερκείμενα του λιγνίτη υδροφόρα στρώματα.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Εικόνα 34. Σχηματική απεικόνιση αποστράγγισης Ορυχείων στα υπερκείμενα του λιγνίτη υδροφόρα στρώματα (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021)





Σημειώνεται ότι λόγω της εξέλιξης των ορυχείων η κοίτη του Αλφειού ποταμού έχει τροποποιηθεί στο παρελθόν επί συνολικού μήκους 7,5 km, στις περιοχές των οικισμών Τριπόταμου, Χωρεμίου και Ανθοχωρίου του Δήμου Μεγαλόπολης.

Οι αντλούμενες από το έργο ποσότητες νερού από τον υπόγειο καρστικό υδροφόρο για την κάλυψη των υδροδοτικών αναγκών των ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α και Β κατά τη λειτουργία τους, σε νερό βιομηχανικής χρήσης, ανέρχονται κατά μέγιστο περί τα 19,0 εκατ. m<sup>3</sup> ετησίως, ενώ κατά μέσο όρο την τελευταία τριετία αντλούνται 12,8 εκατ. m<sup>3</sup> ετησίως.

## 2.7.2 Ορυχείο Θωκνίας

Το Ορυχείο της Θωκνίας χωροθετείται Νότια του Ορυχείου Κυπαρισσίων και είναι το πρώτο στο οποίο ξεκίνησε η μεταλλευτική δραστηριότητα στη Μεγαλόπολη. Οι εξορυκτικές εργασίες ξεκίνησαν το 1970 και ολοκληρώθηκαν το 1994. Σήμερα, στο χώρο του εξοφλημένου επιφανειακού Ορυχείου της Θωκνίας, λειτουργεί από το 1997 ένας περιβαλλοντικά αδειοδοτημένος χώρος απόθεσης στερεών αποβλήτων / παραπροϊόντων (τέφρα, γύψος, ιλύς) των ΑΗΣ Μεγαλόπολης.

### Υπόγεια νερά - Ορυχείο Θωκνίας

Τα ποσοτικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου στην περιοχή, καταγράφονται από το 2016 βάσει της σειράς των πιεζόμετρων ΠΘ2, ΠΘ3, ΠΘ5 και ΠΘ8 και μίας υδρογεώτρησης της ΥΓΑ1.

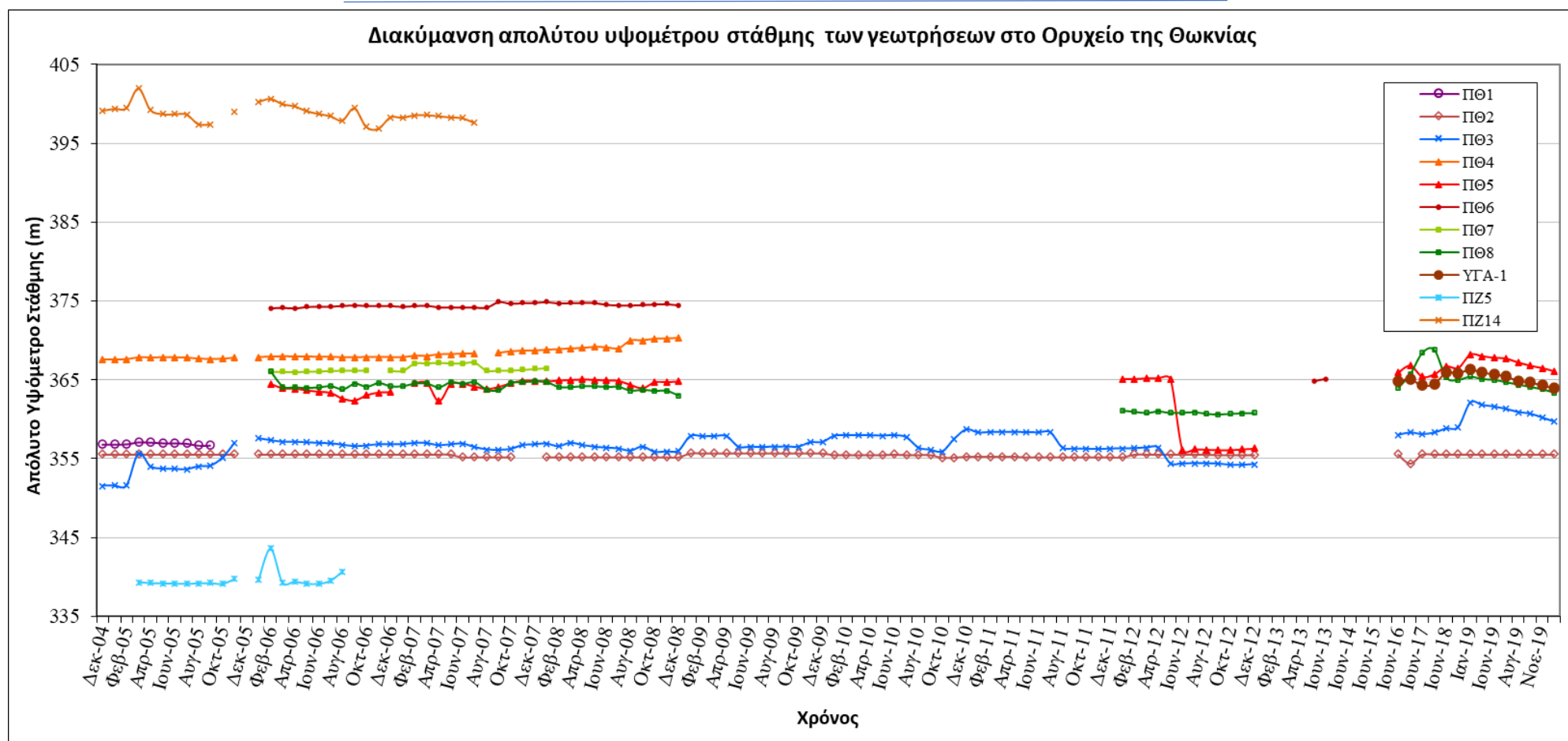
Από τις παρατηρήσεις των σημείων νερού φαίνεται ότι η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου δεν παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις και κυμαίνεται περίπου στα +350 m. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ύπαρξη αρτεσιανισμού, κατά την διάτρηση των βαθύτερων στρωμάτων, υποδηλώνει την απουσία υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ του χώρου απόθεσης και των υδροφόρων στρωμάτων που βρίσκονται βαθύτερα στο αδιατάρακτο έδαφος (Περιβαλλοντική αδειοδότηση χώρου απόθεσης στο εξαντλημένο Ορυχείο της Θωκνίας, 2022).

Παρατηρείται ότι σχεδόν όλα τα πιεζόμετρα, κατά τη διάρκεια του χρόνου, παρουσιάζουν σταθερή στάθμη και επομένως φαίνεται ότι, ελάχιστα η στάθμη τους επηρεάζεται από καιρικά φαινόμενα και από ξηρές ή υγρές περιόδους. Οι υψομετρικές διαφορές στάθμης νερού που παρουσιάζει το κάθε πιεζόμετρο συγκριτικά με τα άλλα, οφείλονται καθαρά στο φυσικό ανάγλυφο, δηλαδή το απόλυτο υψόμετρο στο οποίο έγινε η γεώτρηση. Αυτό όμως δείχνει ότι δεν υπάρχει, τουλάχιστον στα πρώτα 30 m, ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας και ότι η υδραυλική επικοινωνία είναι αμελητέα.

Εξαιρέση στην εικόνα σταθεροποίησης της πιεζομετρικής επιφάνειας, αποτελεί η γεώτρηση ΠΘ3, η οποία έδωσε σημαντικές μεταβολές στάθμης κατά τη διάρκεια των χρόνων. Αυτό δύναται να ερμηνευτεί τεχνικά, από τις μεταβολές που έχει υποστεί το ανάγλυφο της περιοχής από αποθέσεις που έγιναν κοντά στη γεώτρηση, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η στάθμη του υδροφόρου (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021).

Στο Διάγραμμα που απεικονίζεται στην Εικόνα 35 παρουσιάζονται διαχρονικές μετρήσεις στάθμης σε γεωτρήσεις, οι οποίες είτε καταστράφηκαν ή είναι μη λειτουργικές, είτε λειτουργούν κανονικά και λαμβάνονται τακτικά μετρήσεις στάθμης από αυτές.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 35. Διακύμανση απόλυτου υψόμετρου στάθμης γεωτρήσεων στο Ορυχείο Θωκνίας (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ)

### Επιφανειακά νερά - Ορυχείο Θωκνίας

Η περιοχή των αποθέσεων διακρίνεται από ένα πυκνό δίκτυο καναλιών - τάφρων και διάσπαρτων ταμειυτήρων για τη διαχείριση του συνόλου των απορροών. Κοντά στο ΝΑ άκρο του χώρου και σε υψόμετρο πυθμένα περί το +355 m, εδώ και χρόνια έχει διαμορφωθεί μία κεντρική λιμνοδεξαμενή (ταμειυτήρας) Α, χωρητικότητας 40.000 m<sup>3</sup>, στην οποία οδηγείται σημαντικός όγκος των επιφανειακών απορροών της απόθεσης, είτε με φυσική ροή, είτε μέσω τάφρων. Η συλλογή των νερών, που ρέουν προς διαφορετικές κατευθύνσεις λόγω του μεταβαλλόμενου τοπογραφικού αναγλύφου, πραγματοποιείται με την ύπαρξη έξι (6) ταμειυτήρων. Στους ταμειυτήρες αυτούς, αποστραγγίζονται οι επιφανειακές απορροές από τις αποθέσεις με κατάλληλο δίκτυο καναλιών.

Ο κεντρικός ταμειυτήρας Α, μαζί με τους υπόλοιπους ταμειυτήρες, προσφέρουν χωρητικότητα που ανέρχεται στα 440.000 m<sup>3</sup>. Για την αποφυγή παροχέτευσης βρόχινων νερών, εκτός του χώρου απόθεσης των παραπροϊόντων σε φυσικούς αποδέκτες, τα συσσωρευμένα σε ταμειυτήρα όμβρια, με τη χρήση αντλιών, είτε παροχετεύονται σε άλλο ταμειυτήρα, είτε οδηγούνται προς επιλεγμένους χώρους διαβροχής.

Αναφέρεται ότι, μέχρι και τις αρχές του έτους 2021 η απόθεση των υλικών διενεργούνταν σε διακριτές θέσεις, βορείως της κεντρικής λιμνοδεξαμενής. Έπειτα όμως από την παρατήρηση αστοχιών στα πρανή της λίμνης, αποφασίστηκε για λόγους ευστάθειας, να ξεκινήσει η κάλυψη των δαπέδων της λίμνης με αποθέσεις και η σταδιακή απομείωση του όγκου του υφιστάμενου κενού (Περιβαλλοντική αδειοδότηση χώρου απόθεσης στο εξαντλημένο Ορυχείο της Θωκνίας, 2022).



Εικόνα 36. Άποψη προς Δυτικά του ταμειυτήρα νότια του σημείου μεταφόρτωσης (Περιβαλλοντική αδειοδότηση χώρου απόθεσης στο εξαντλημένο ορυχείο της Θωκνίας, 2022)

### 2.7.3. Ορυχείο Μαραθούσας

Το Ορυχείο Μαραθούσας χωροθετείται Νότια του Ορυχείου Θωκνίας και είναι ουσιαστικά μία επέκταση του Ορυχείου Χωρεμίου προς τα βόρεια (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2020).

#### Υπόγεια νερά - Ορυχείο Μαραθούσας

Στο Ορυχείο Μαραθούσας, όπως και σε εκείνο του Χωρεμίου, δεν αναπτύσσεται ενιαίος υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας στα υπερκείμενα, στα ενδιάμεσα ή στα υποκείμενα. Ο καρστικός ασβεστόλιθος βρίσκεται σε μεγάλο βάθος, μεγαλύτερο από εκείνο των 270 m, όπου έφτασαν ερευνητικές γεωτρήσεις στην περιοχή. Οι μικρές ποσότητες υπόγειων νερών που συναντώνται κατά τόπους, όπως και στο ορυχείο του Χωρεμίου, παρουσιάζονται σε «θύλακες». Το βάθος των υπόγειων «θυλάκων» διαφέρει από χώρο σε χώρο, ανεξάρτητα την απόσταση αυτών. Αξίζει να σημειωθεί ότι, στα μέσα του 2007, στη γεώτρηση M-18 εντοπίστηκε η στάθμη του υδροφόρου σε βάθος 10,5 m (ή σε απόλυτο υψόμετρο +425,40 m), σε αντίθεση με τη γεώτρηση M-10 που βρισκόταν σε απόσταση 300 m, στην οποία δεν εντοπίστηκε καθόλου νερό.

Επίσης, στην περιοχή του ορυχείου παρατηρήθηκε αρτεσιανισμός. Συγκεκριμένα, οι γεωτρήσεις M-17 και M-20 παρουσίασαν αρτεσιανισμό σε τελείως διαφορετικό υψόμετρο (+389,3 m και +355,25 m αντίστοιχα). Η M-17 βρίσκεται ανατολικά του ορυχείου σε κοντινή απόσταση με τον ποταμό Αλφειό, ενώ η M-20 βρίσκεται δυτικά του ορυχείου κοντά στον ποταμό Ελισσώνα. Κατά πάσα πιθανότητα, σε περίπτωση διερεύνησης, θα διαπιστωθεί ότι, η τροφοδοσία και των δύο γεωτρήσεων προέρχεται από παραποτάμια νερά, γεγονός που αποδεικνύει επιπλέον και τη μερική ρηγμάτωση των αργιλομαργαϊκών υλικών, διαμέσου των οποίων έγινε η υδραυλική επικοινωνία. Δεδομένου, επίσης ότι, στην περιοχή δεν υπήρξαν ανθρώπινες παρεμβάσεις, το φαινόμενο της ρηγμάτωσης και υδραυλικής επικοινωνίας πιθανώς να προήλθε από τεκτονικά φαινόμενα και σεισμικές διεγέρσεις.

Το πέρας όμως της εκμετάλλευσης λιγνίτη στο Ορυχείο της Μαραθούσας, σήμανε αυτόματα και το τέλος των αντλήσεων στην περιοχή. Συνεπώς, όλες οι ως άνω αναφερόμενες γεωτρήσεις, καθώς και ολόκληρη η σειρά M-1 έως M-20 που διανοίχθηκαν για ερευνητικούς λόγους, έχουν πλέον καταστραφεί (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021). Σήμερα, στο βόρειο τμήμα του υπάρχοντος ορύγματος ο υδροφόρος ορίζοντας έχει ανέλθει στο υψόμετρο +316 m, δημιουργώντας συσσώρευση νερών.

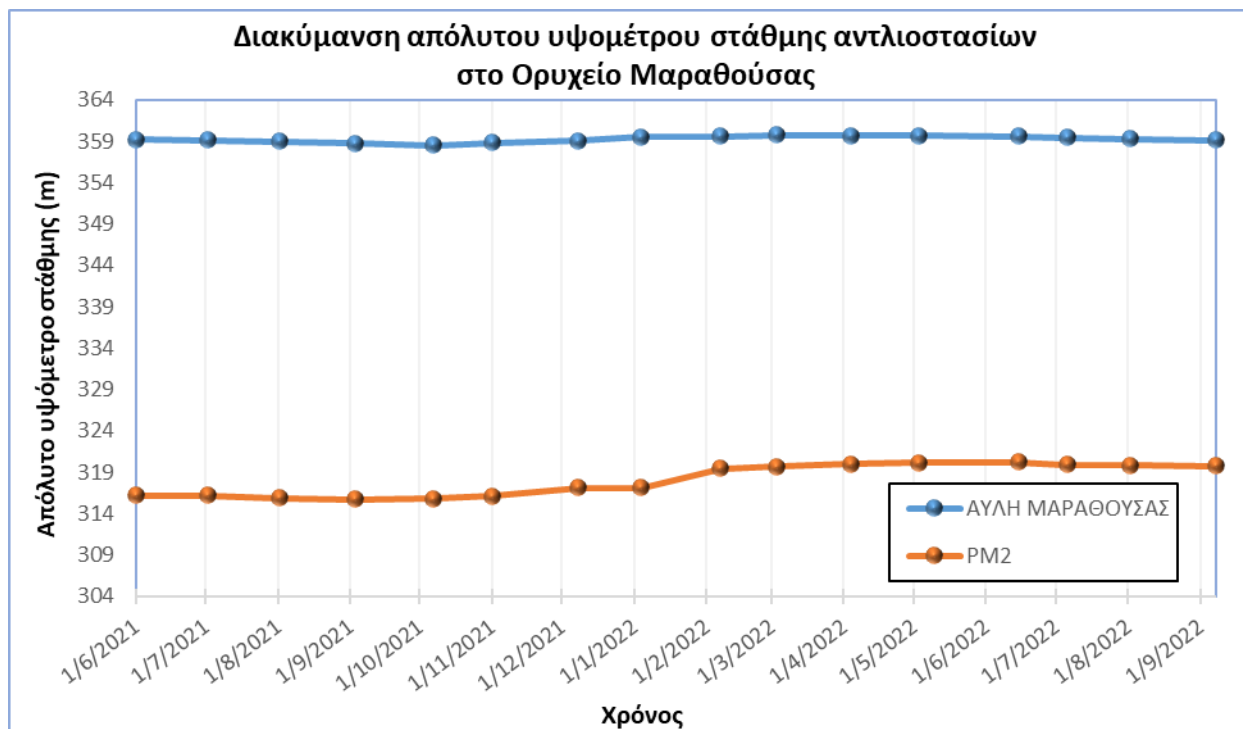
#### Επιφανειακά νερά - Ορυχείο Μαραθούσας

Σε ότι αφορά τα επιφανειακά νερά, το έτος 2018 αντλήθηκαν από τα αντλιοστάσια  $1,10 \times 10^6 \text{ m}^3$  (εξόρυξη λιγνίτη  $440,0 \times 10^3 \text{ t}$ ), ενώ το έτος 2019 δεν χρειάστηκε να γίνει άντληση επιφανειακών υδάτων (εξόρυξη λιγνίτη  $84,9 \times 10^3 \text{ t}$ ). Το έτος 2020 αντλήθηκαν  $0,75 \times 10^6 \text{ m}^3$  επιφανειακά νερά από τα αντλιοστάσια (μηδενική εξόρυξη λιγνίτη) (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Σημειώνεται ότι, οι προβλεπόμενες εργασίες για περαιτέρω ανάπτυξη του Ορυχείου Μαραθούσας στα Δ, Β και ΒΑ με τοπικές εκτροπές των ποταμών Αλφειού και Ελισσώνα, δεν θα υλοποιηθούν, λόγω της σχετικής Απόφασης για απολιγνιτοποίηση της Χώρας. Συνεπώς, η κατάσταση των υδάτων στην περιοχή, δεν αναμένεται να μεταβληθεί από τις δραστηριότητες εκμετάλλευσης κοιτάσματος λιγνίτη.

## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Στην Εικόνα 37, απεικονίζεται η μεταβολή του απόλυτου υψομέτρου στάθμης των αντλιοστασίων, που βρίσκονται στην αυλή λιγνίτη και στο Ορυχείο Μαραθούσας, τα οποία ονομάζονται Αυλή Μαραθούσας και PM2, αντίστοιχα.



Εικόνα 37. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης αντλιοστασίων στο Ορυχείο Μαραθούσας (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ)

### 2.7.4. Ορυχείο Κυπαρισσίων

Το Ορυχείο Κυπαρισσίων είναι το βορειότερα χωροθετημένο Ορυχείο της λιγνιτοφόρου κοιλάδας της Μεγαλόπολης και ορίζεται σχεδόν περιμετρικά από τους άξονες του ποταμού Αλφειού και των παραποτάμων του.

Το πέρας της εκμετάλλευσης του Ορυχείου Κυπαρισσίων έγινε το 2009, μετά και τη δέσμευση μεγάλου μέρους του στο ΒΔ άκρο, από την αρχαιολογική υπηρεσία. Μόνο το έτος 2012 έγινε μια μικρή εκμετάλλευση με εργολαβία, λόγω έκτακτης ανάγκης (εξόρυξη περίπου  $770 \times 10^3$  t λιγνίτη).

#### Υπόγεια νερά - Ορυχείο Κυπαρισσίων

Στο πεδίο Κυπαρισσίων όπου αναπτύσσεται ο καρστικός ασβεστόλιθος, παρατηρούνται τρεις (3) υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες, ο Κύριος, ο Βόρειος και ο Δυτικός, οι οποίοι διαχωρίζονται μεταξύ τους από παρεμβολές ασυνεχειών φλύσχη. Η ύπαρξη διαφορετικών υδροφόρων οριζόντων στο Ορυχείο, αποδεικνύεται και από τη διαφορετική διακύμανση της στάθμης των γεωτρήσεων, που παρατηρείται σε κάθε έναν από τους υδροφόρους ορίζοντες. Ο σημαντικότερος εκ των τριών υδροφόρων, είναι ο Κύριος υδροφόρος ορίζοντας, ο οποίος παρέχει τη μεγαλύτερη ποσότητα αντλούμενου νερού προς τις Μονάδες των ΑΗΣ Μεγαλόπολης. Η διακύμανση της στάθμης των υδροφόρων, μεταβάλλεται ανάλογα με την εποχή (υγρή ή ξηρή περίοδος), αλλά ανάλογα και με τον όγκο των αντλήσεων που γίνονται κατά τη διάρκεια του χρόνου (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).



Στην Εικόνα 38 παρουσιάζεται η διακύμανση του απόλυτου υψομέτρου στάθμης των τριών καρστικών υδροφόρων για τα είκοσι (20) τελευταία έτη.

Από το 2010 και μετά, όταν ουσιαστικά σταμάτησε η εκμετάλλευση του Ορυχείου Κυπαρισσίων, η άντληση των υπόγειων νερών γίνεται αποκλειστικά για τις ανάγκες υδροδότησης των εν λειτουργία Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης. Ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α έκανε χρήση των υδρογεωτρήσεων Ν4 (ΑΗΣ 7), Ν5 (ΑΗΣ 8) και Ν9 (ΑΗΣ 9), ενώ οι υδρογεωτρήσεις Ν3 και Ν8, οι οποίες του ανήκαν έως το 2014, παραχωρήθηκαν στον ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β για τις ανάγκες της νέας μονάδας V. Το έτος 2016, ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α λειτούργησε, επίσης, τις υδρογεωτρήσεις Κ8/85 (No 1), Κ9/85 (No 2), και Κ6/85 (No 3), λόγω αυξημένων αναγκών τροφοδοσίας για τη διαβροχή τέφρας στο Ορυχείο Θωκνίας και των δρόμων κατά τους θερινούς μήνες, καθώς και για το γέμισμα υδροφόρων και στα συνεργία. Παράλληλα, νερό άντλησης από τις γεωτρήσεις του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α οδηγείται προς υδροδότηση των οικισμών: Πλάκα, Σούλου, Ζώνη, Κατσιμπαλη, Καρβουνάρι, Μαυριά, Καλυβάκια, Εκκλησία Καρβουναρέϊκης Παναγιάς, Θωκνίας, Χωρέμης, Απιδίτσα.

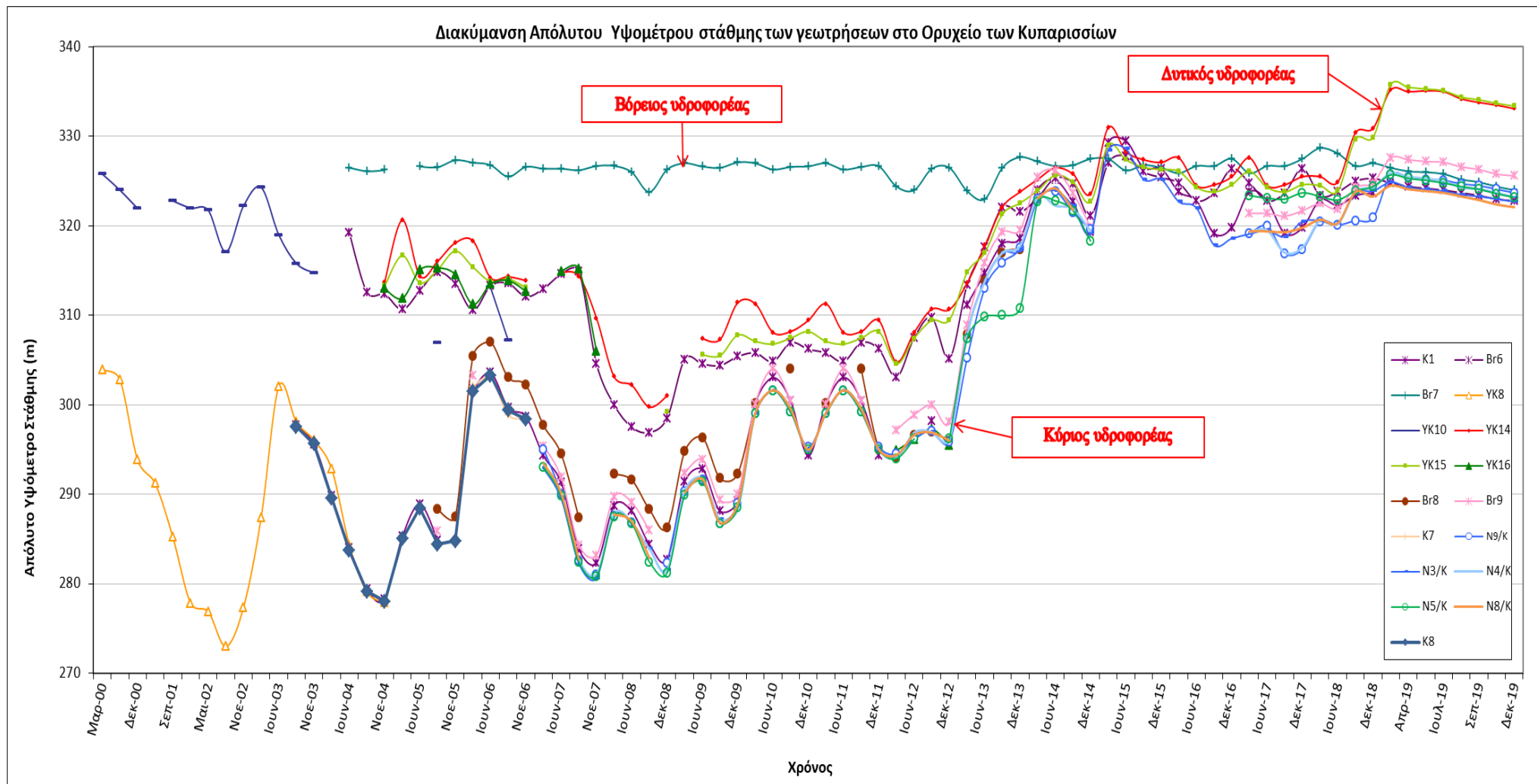
Ειδικότερα, το 2020, από τις γεωτρήσεις ιδιοκτησίας του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α, αντλήθηκαν  $3,88 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού, από τα οποία περίπου το 71% χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της Μονάδας III (μέρος αυτού διοχετεύτηκε μέσω του συστήματος κατεργασίας υγρών αποβλήτων στον ποταμό Λιγατάρη), το 10% χρησιμοποιήθηκε για την ύδρευση Ορυχείων και την υπερχειλίση δεξαμενής που επαναπροωθείται στον Αλφειό ποταμό, ενώ το υπόλοιπο 19% περίπου αφορά σε λοιπές ανάγκες των Ορυχείων και ύδρευσης τοπικών κοινοτήτων.

Ο ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β, πέραν των γεωτρήσεων Ν3 και Ν8 (πρώην ιδιοκτησίας του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α), συνεχίζει και κάνει χρήση των υδρογεωτρήσεων Γ2, Γ3, Γ4 καθώς και της υδρογεώτρησης ΑΗΣ 1 Νο6, η οποία πριν από το 2015 βρισκόταν σε εφεδρεία.

Ειδικότερα, το 2020, από τις γεωτρήσεις ιδιοκτησίας του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β, αντλήθηκαν  $5,70 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού, ποσότητα η οποία μοιράστηκε μεταξύ των Μονάδων IV και V. Σημειώνεται ότι, περίπου το 35,6% της ποσότητας αυτής απορρίφθηκαν στον ποταμό Καστρίτη έπειτα από την επεξεργασία τους στο Σύστημα Κατεργασίας Υγρών Αποβλήτων. Αναφέρεται ότι, εάν οι Μονάδες του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β λειτουργούσαν σε κανονικές συνθήκες παραγωγής, η υπόγεια άντληση νερών για τις ανάγκες των Μονάδων του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β και της Μονάδας III του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α, θα προσέγγιζε την ποσότητα εκείνη πριν την παύση λειτουργίας των Μονάδων I και II του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α.

Στον Πίνακα 6 και στην Εικόνα 40 αποτυπώνεται η μεταβολή της στάθμης του κύριου υδροφόρου, μέσω μετρήσεων της στάθμης στην αντιπροσωπευτική γεώτρηση Ν3/Κ, σε σχέση με τις αντλήσεις υπόγειων υδάτων. Είναι εμφανές ότι, με την μείωση των αντλήσεων και με δεδομένο ότι οι βροχοπτώσεις δεν παρουσιάζουν διαχρονικά σημαντική μεταβολή, παρατηρείται αύξηση της στάθμης του υδροφόρου και συνεπώς, φαίνεται ότι, η επίδραση των αντλήσεων στον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα είναι προσωρινή και πλήρως αναστρέψιμη.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



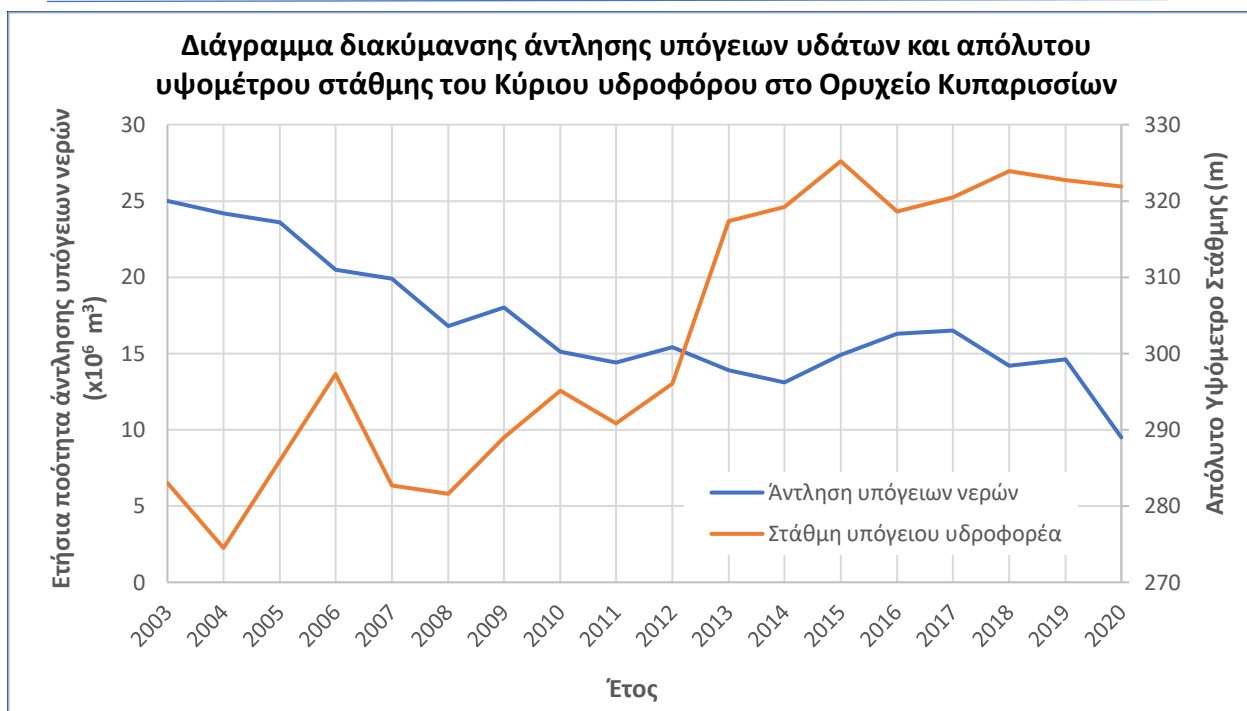
Εικόνα 38. Διακύμανση απόλυτου υψόμετρου στάθμης καρστικών υδροφόρων στο Ορυχείο Κυπαρισσιών (2000 – 2020)

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Πίνακας 6. Άντληση υπόγειων υδάτων για τις ανάγκες των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης και στάθμη υπόγειου υδροφόρου (γεώτρηση Ν3/Κ Κύριου υδροφόρου – μέτρηση εντός Δεκεμβρίου κάθε έτους) (2003 – 2020) (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022)

Έτος	Αντλήσεις υπόγειων υδάτων (m <sup>3</sup> ) (x 10 <sup>6</sup> )	Στάθμη υπόγειου υδροφόρου (m) (x 10 <sup>6</sup> )
2003	25,0	283,0
2004	24,2	274,5
2005	23,6	286,0
2006	20,5	297,3
2007	19,9	282,7
2008	16,8	281,6
2009	18,0	289,0
2010	15,1	295,1
2011	14,4	290,8
2012	15,4	296,0
2013	13,9	317,4
2014	13,1	319,2
2015	14,9	325,2
2016	16,3	318,6
2017	16,5	320,5
2018	14,2	323,9
2019	14,6	322,7
2020	9,5	321,9

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



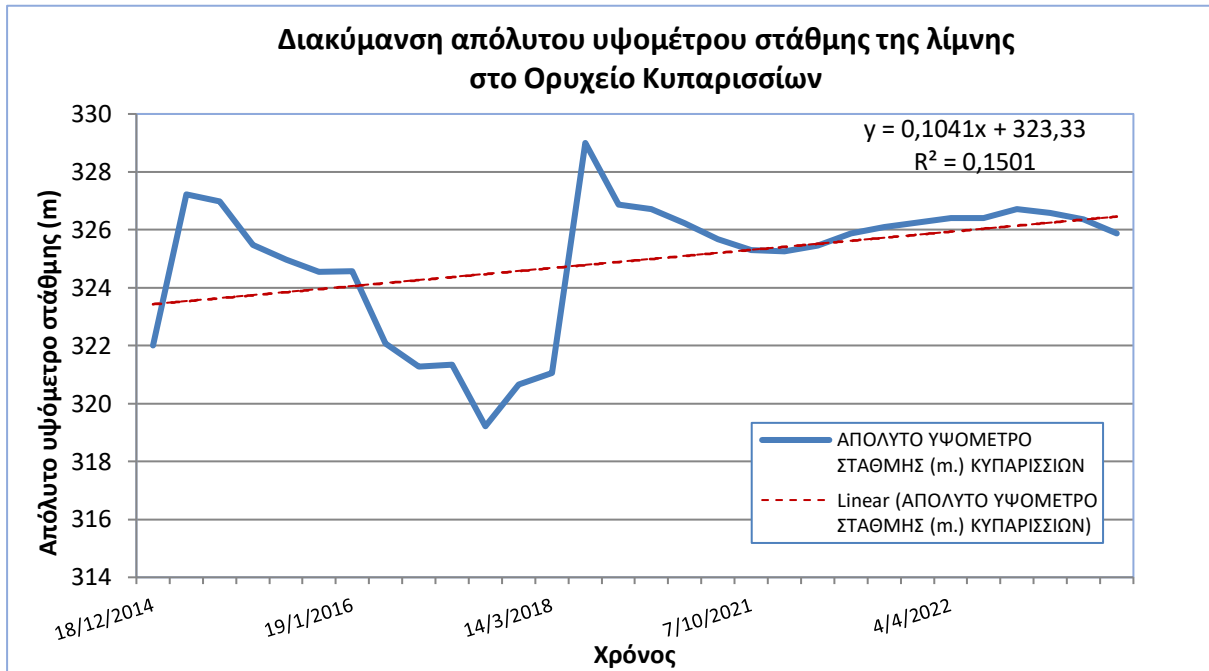
Εικόνα 39. Μεταβολή στάθμης υπόγειου υδροφόρου (γεώτρηση Ν3/Κ Κύριου υδροφόρου – μέτρηση εντός Δεκεμβρίου κάθε έτους) συναρτήσει ετήσιων αντλήσεων υπόγειων υδάτων για τις ανάγκες των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης (2003 – 2020) (Πρωτογενή Στοιχεία από μελέτες της ΔΕΗ)

Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τον ενεργειακό σχεδιασμό της ΔΕΗ, η Μονάδα ΙΙΙ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Α έχει τεθεί εκτός λειτουργίας από τις αρχές του έτους 2021 και συνεπώς αναμένεται μείωση των απαιτήσεων σε νερό των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης κατά περίπου  $2,7 \times 10^6 \text{ m}^3$ . Επομένως, αναμένεται ότι, η μειωμένη ποσότητα άντλησης υπόγειων υδάτων, θα έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποσοτικής κατάστασης του καρστικού υδροφόρου με άνοδο της στάθμης του καρστικού υδροφόρου τουλάχιστον κατά 2 m.

#### Επιφανειακά νερά - Ορυχείο Κυπαρισσίων

Η μειωμένη ποσότητα απόληψης υπόγειων υδάτων νερών τα τελευταία έτη και η μηδενική άντληση επιφανειακών υδάτων, λόγω παύσης των μεταλλευτικών εργασιών στο Ορυχείο Κυπαρισσίων, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία λίμνης στην περιοχή, με υψόμετρο περίπου +325 m το τελευταίο έτος. Η κατάκλιση της περιοχής με νερό, είχε ως αποτέλεσμα τη δέσμευση λιγνίτη, περίπου της τάξης των 0,5 εκ. t, στο κέντρο του Ορυχείου, το οποίο, πλέον, δεν πρόκειται να αποληφθεί. Στην Εικόνα 40 αποτυπώνεται η μεταβολή του απόλυτου υψομέτρου στάθμης της λίμνης των Κυπαρισσίων που δείχνει αυξητική τάση, ενώ στην Εικόνα 41 αποτυπώνεται η σημερινή οπτική εικόνα της λίμνης.





Εικόνα 40. Διακύμανση απόλυτου υψόμετρου στάθμης της λίμνης στο Ορυχείο Κυπαρισσίων (2015 – 2022) (Πρωτογενή Στοιχεία από μελέτη της ΔΕΗ)



Εικόνα 41. Λίμνη που έχει δημιουργηθεί σε μεταλλευτικό κενό στο Ορυχείο Κυπαρισσίων (15.09.2022)

### 2.7.5. Ορυχείο Χωρεμίου

Το Ορυχείο Χωρεμίου είναι το νοτιότερο Ορυχείο στην περιοχή και αποτελούσε το μεγαλύτερο, σε έκταση, εκμετάλλευση και παραγωγή λιγνίτη εκ των Ορυχείων στη Μεγαλόπολη. Σήμερα, αποτελεί το μόνο σε λειτουργία Ορυχείο της περιοχής, στο οποίο οι εκμεταλλεύσεις βρίσκονται σε πλήρη ανάπτυξη μόνο στα δύο (2) πεδία του Ορυχείου, στο Κυρίως και στο Δυτικό Πεδίο. Στο Νότιο Τμήμα του Ορυχείου επικρατούν τα χαλικομιγή σε σημαντικό βάθος (5 έως 20 m), τα οποία προέρχονται από παλαιοκοίτες του Αλφειού ποταμού και των παραποτάμων του. Τα λιγνιτικά στρώματα στην περιοχή του Ορυχείου, αναπτύσσονται σε τρεις (3) διαφορετικούς ορίζοντες, με επιμέρους διαχωρισμούς ( ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

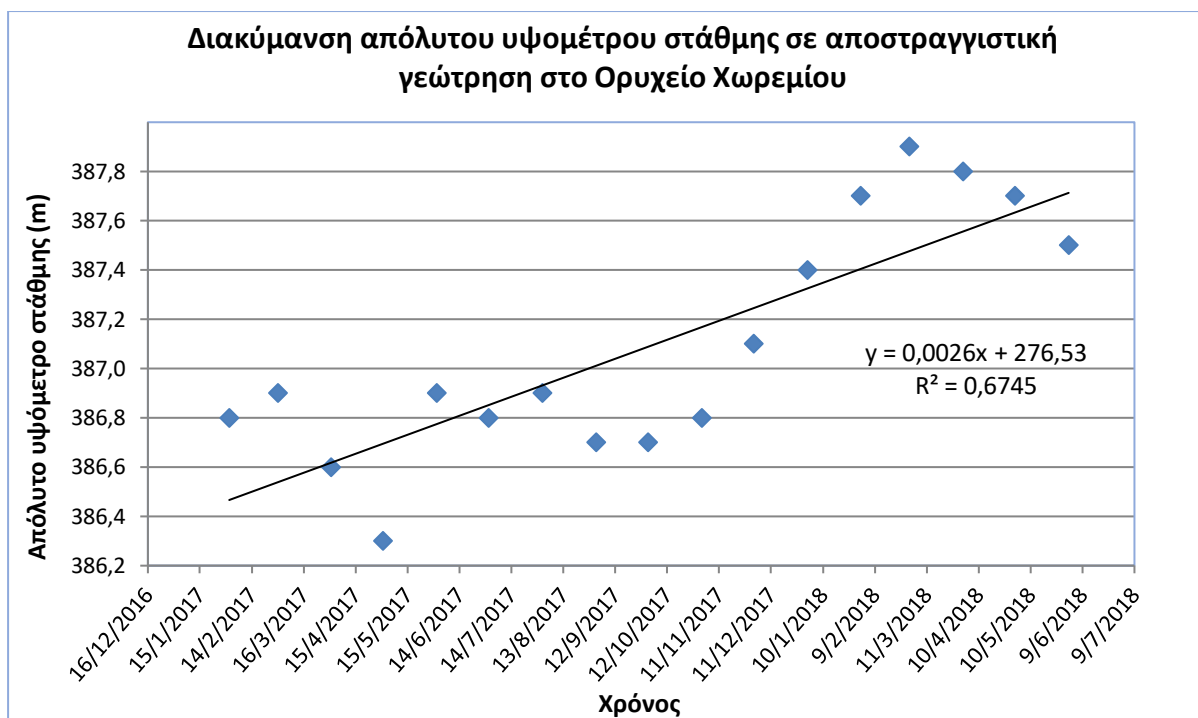
Το μεγάλο εύρος της παλαιοκοίτης του Αλφειού ποταμού αλλά και των παραποτάμων του αρχίζει από τα ΝΑ τμήματα του Ορυχείου και εκτείνεται σε μεγάλη έκταση έως τα ΝΔ (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2020).

Η ανάπτυξη του Ορυχείου περιελάμβανε, αρχικά, εκτενείς επεκτάσεις αυτού, τόσο στο Κυρίως Χωρέμι με μετατοπίσεις του ποταμού Αλφειού και τμήματος της σιδηροδρομικής γραμμής, όσο και στο Δυτικό Χωρέμι, με αντίστοιχη, περαιτέρω μετατόπιση του ποταμού Αλφειού και απαλλοτρίωση του οικισμού Χωρεμίου. Σε εφαρμογή της Αποφάσεως για απολιγνιτοποίηση της Χώρα, καμία από τις μελετούμενες ή/και αδειοδοτημένες εκτροπές δεν θα υλοποιηθεί και το Ορυχείο θα ολοκληρώσει τις εργασίες του έως την υφιστάμενη κοίτη του ποταμού και την προσβολή του απαλλοτριωμένου οικισμού Τριποτάμου (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

#### **Υπόγεια νερά – Ορυχείο Χωρεμίου**

Κατά το παρελθόν, όταν το Ορυχείο βρισκόταν στα αρχικά στάδια ανάπτυξής του, διανοίχθηκαν αρκετές αποστραγγιστικές υδρογεωτρήσεις μικρού βάθους (υδρογεωτρήσεις Νο 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12). Από τις υδρογεωτρήσεις αυτές αντλούνταν μικρές ποσότητες νερού, 5 έως 10 m<sup>3</sup>/h, οι οποίες όμως ήταν κρίσιμες για την ασφαλή εκμετάλλευση των κοιτασμάτων λιγνίτη. Η διάρκεια των αντλήσεων τους, ήταν ανάλογη με εκείνη του χρόνου εκμετάλλευσης της συγκεκριμένης περιοχής, δηλαδή της βόρειας πλευράς του Ορυχείου. Στη συνέχεια οι υδρογεωτρήσεις αυτές κατεστράφησαν, από την πρόοδο των εργασιών. Σύμφωνα με μετρήσεις στα πιεζόμετρα των ως άνω υδρογεωτρήσεων, τα έτη 2003 έως και 2005, το απόλυτο υψόμετρο στάθμης κυμαινόταν κατά μέσο όσο από +310 m έως +330 m (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021).

Επίσης, κατά τη διάρκεια των εργασιών του Ορυχείου, κατασκευάστηκαν περιμετρικά αυτού, έξι (6) πιεζομετρικές γεωτρήσεις, με σκοπό την παρακολούθηση της στάθμης των υπόγειων νερών στα χαλαρά ιζηματογενή στρώματα. Με τη μεταβολή των εργασιών όμως του Ορυχείου, οι υδρογεωτρήσεις αυτές κατέστησαν ανενεργές στο σύνολό τους, με αποτέλεσμα να μην είναι γνωστά πλέον στοιχεία της υπόγειας στάθμης. Η τελευταία πιεζομετρική υδρογεώτρηση που έχει μείνει είναι η ΠΨ-2, από την οποία αντλούνταν στοιχεία μέχρι και τον Ιούνιο του 2018. Το απόλυτο υψόμετρο στάθμης αυτής, τα έτη από το 2003 έως και τα μέσα του 2018, κυμαινόταν από +370 m έως περίπου +390 m (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021).



Εικόνα 42. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης στην αποστραγγιστική γεώτρηση ΠΨ-2 στο Ορυχείο Χωρεμίου (2016 – 2018) (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ)

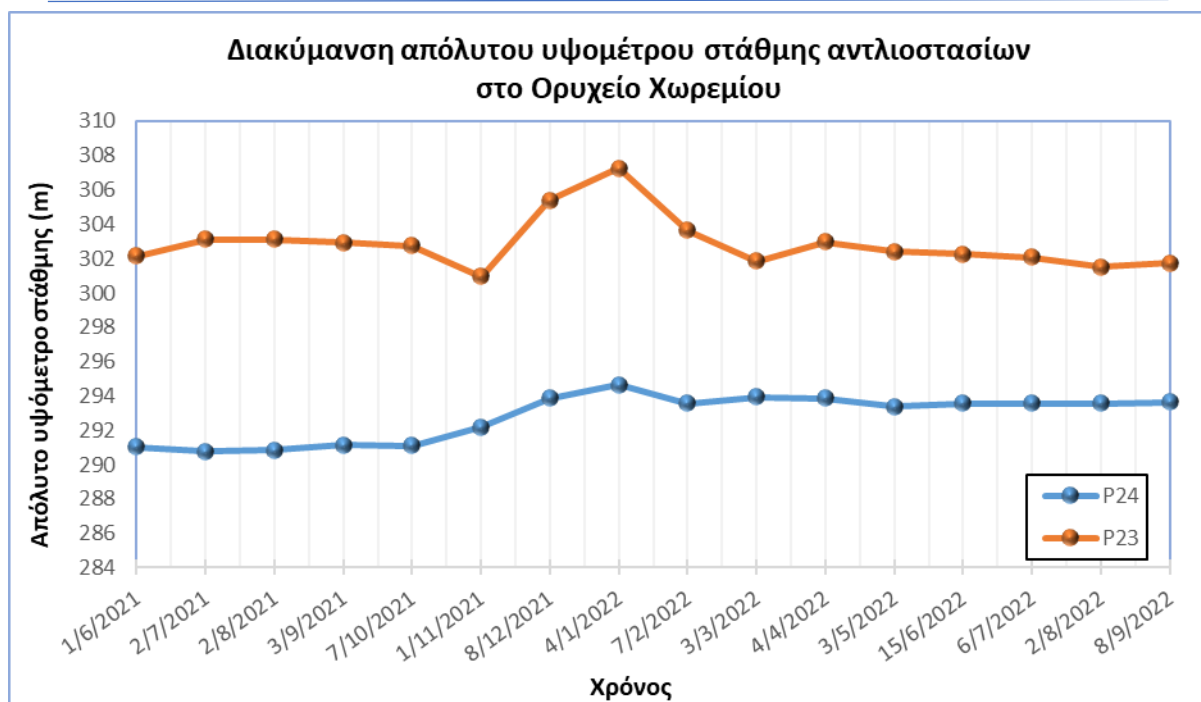
Κατά την εκμετάλλευση του Νότιου και Δυτικού τμήματος του Ορυχείου Χωρεμίου, το 2017, εμφανίστηκαν φαινόμενα μετακινήσεων στα υπερκείμενα. Για τον έλεγχο των μετακινήσεων, διανοίχθηκαν γεωτρήσεις ειδικά για την τοποθέτηση κλισιόμετρων (γεωτρήσεις: Γ-1 (Κ1), ΝΕΟ (Κ2) και Γ2) (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021).

#### Επιφανειακά νερά - Ορυχείο Χωρεμίου

Τα επιφανειακά νερά, τα οποία προέρχονται κυρίως από βροχοπτώσεις, με το σωστό σχεδιασμό, οδηγούνται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, τα αντλιοστάσια. Στη συνέχεια, με άντληση, απομακρύνονται από αυτά και οδηγούνται εκτός χώρου εργασιών, προκειμένου να μην δημιουργούνται προβλήματα (ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης, 2022).

Στην Εικόνα 43 απεικονίζεται η στάθμη των δύο (2) αντλιοστασίων που ακολουθούν τον Ε16 εκσκαφέα, τα οποία ονομάζονται Ρ23 & Ρ24.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 43. Διακύμανση απόλυτου υψομέτρου στάθμης αντλιοστασίων στο Ορυχείο Χωρεμίου (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ)

Το έτος 2018, αντλήθηκαν από τα αντλιοστάσια του Ορυχείου, περίπου  $5,98 \times 10^6 \text{ m}^3$  επιφανειακά νερά (εξόρυξη λιγνίτη  $6.95 \times 10^6 \text{ t}$ ), το έτος 2019 αντλήθηκαν συνολικά  $9,61 \times 10^6 \text{ m}^3$  ( $7,82 \times 10^6 \text{ t}$ ), ενώ το έτος 2020 αντλήθηκαν  $2,32 \times 10^6 \text{ m}^3$  (εξόρυξη λιγνίτη  $2.81 \times 10^6 \text{ t}$ ) ( ΜΠΕ Ορυχείων Μεγαλόπολης , 2022).

### 2.7.6 Διαχρονική απόληψη υδάτων στα Ορυχεία Μεγαλόπολης

Στον Πίνακα 7 και στην Εικόνα 44 παρουσιάζονται οι συνολικές αντλήσεις υπόγειων και επιφανειακών νερών στην περιοχή των Ορυχείων Μεγαλόπολης για τα έτη από το 1990 έως και το 2020.

Σημειώνεται ότι, τα έτη 2015 και 2016 πραγματοποιήθηκαν μεγάλες αντλήσεις επιφανειακών νερών από τη λίμνη Κυπαρισσίων, ενώ από το 2011 έως και σήμερα, αντλήσεις υπόγειων υδάτων πραγματοποιούνται μόνο για τις ανάγκες λειτουργίας των Μονάδων των ΑΗΣ και όχι για λόγους αποστράγγισης των Ορυχείων. Οι υπόγειες αντλήσεις υδάτων που αναφέρονται αφορούν σε συνολικές αντλήσεις για τις ανάγκες λειτουργίας των Μονάδων των ΑΗΣ Μεγαλόπολης, την προστασία των Ορυχείων (έως και το 2010), τις αρδεύσεις αγροτικών περιοχών, την υδροδότηση του Δήμου Μεγαλόπολης και άλλων χωριών και οικισμών.

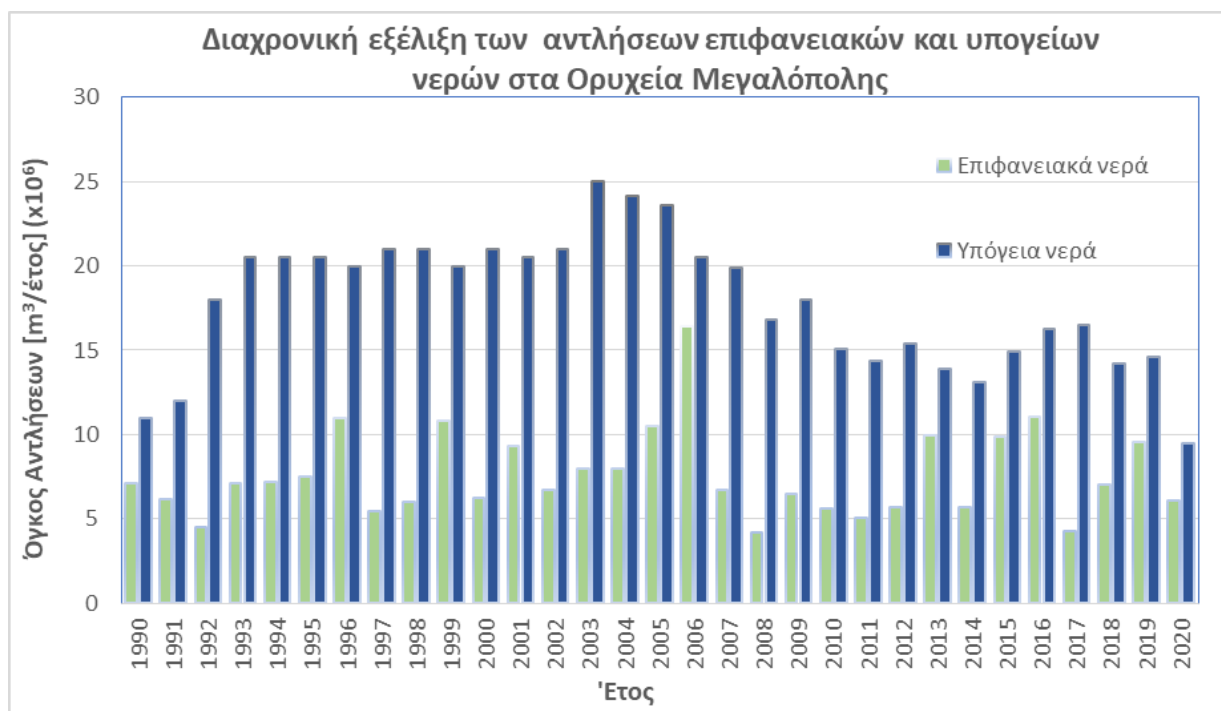
Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Πίνακας 7. Συνολικές ποσότητες ετήσιων αντλήσεων υπόγειων και επιφανειακών υδάτων στα Ορυχεία Μεγαλόπολης (1990 – 2020) (Μελέτη πορείας αποστράγγισης, 2021)

Έτος	Επιφανειακά ύδατα (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Υπόγεια ύδατα (x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
1990	7,1	11,0
1991	6,2	12,0
1992	7,1	18,0
1993	7,2	20,5
1994	7,5	20,5
1995	11,0	20,5
1996	5,5	20,0
1997	6,0	21,0
1998	10,8	21,0
1999	6,3	20,0
2000	9,3	21,0
2001	6,7	20,5
2002	8,0	21,0
2003	8,0	25,0
2004	10,5	24,2
2005	16,4	23,6
2006	6,7	20,5
2007	4,2	19,9
2008	6,5	16,8
2009	5,6	18,0
2010	5,1	15,1
2011	5,7	14,4
2012	10,2	15,4
2013	5,7	13,9
2014	9,9	13,1
2015	11,1	14,9
2016	4,3	16,3
2017	7,1	16,5
2018	9,6	14,2
2019	3,1	14,6
2020	7,1	9,5



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 44. Διακύμανση ετήσιων αντλήσεων επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (1990 – 2020) (Πρωτογενή στοιχεία από μελέτες της ΔΕΗ)

## Κεφάλαιο 3. Ανάπτυξη υδατικού ισοζυγίου της εν δυνάμει λίμνης σε μεταλλευτικό κενό στη δυτική περιοχή του Ορυχείου Χωρεμίου

### 3.1. Χαρακτηριστικά μεταλλευτικού κενού

Το Ορυχείο Χωρεμίου, σύμφωνα με το σχέδιο της μεταλιγνιτικής περιόδου και της περιβαλλοντικής αποκατάστασης της περιοχής, έχει επιλεχθεί, μεταξύ άλλων, για τη δημιουργία μεταλλευτικής λίμνης.

Στην παρούσα εργασία γίνεται εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου της μελλοντικής λίμνης και της δυνατότητας πλήρωσης μεταλλευτικού κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου. Δεδομένου ότι, το μεταλλευτικό κενό που θα απομείνει μετά την παύση των εξορυκτικών εργασιών στο Ορυχείο του Χωρεμίου είναι μεγάλο (γεωγραφικές συντεταγμένες κατά ΕΓΣΑ 332016,666 και 4138502,492, κέντρο Ορυχείου), παράλληλα με την ανάπτυξη συστήματος υδατικού ισοζυγίου για πλήρωση του κενού αυτού, εξετάζεται και η ανάπτυξη συστήματος υδατικού ισοζυγίου για ένα μικρότερο σε διαστάσεις μεταλλευτικό κενό, το οποίο βρίσκεται στη Νότια πλευρά του Ορυχείου, στο Κύριο Πεδίο. Στο μικρότερο μεταλλευτικό αυτό κενό λειτουργεί σήμερα αντλιοστάσιο με την ονομασία P24 που ακολουθεί τον καδοφόρο εκσκαφέα E16. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες κατά ΕΓΣΑ του μεταλλευτικού κενού στο P24, είναι 333284,82 και 4137232,5. Στο Ορυχείο Χωρεμίου υπάρχουν και άλλα μεταλλευτικά κενά, όπως το μεταλλευτικό κενό στο Δυτικό Τομέα του Χωρεμίου, το οποίο λειτουργεί ως αντλιοστάσιο και συνεπώς ήδη έχουν πληρωθεί με νερό και θα μπορούσε εν δυνάμει να εξεταστούν.



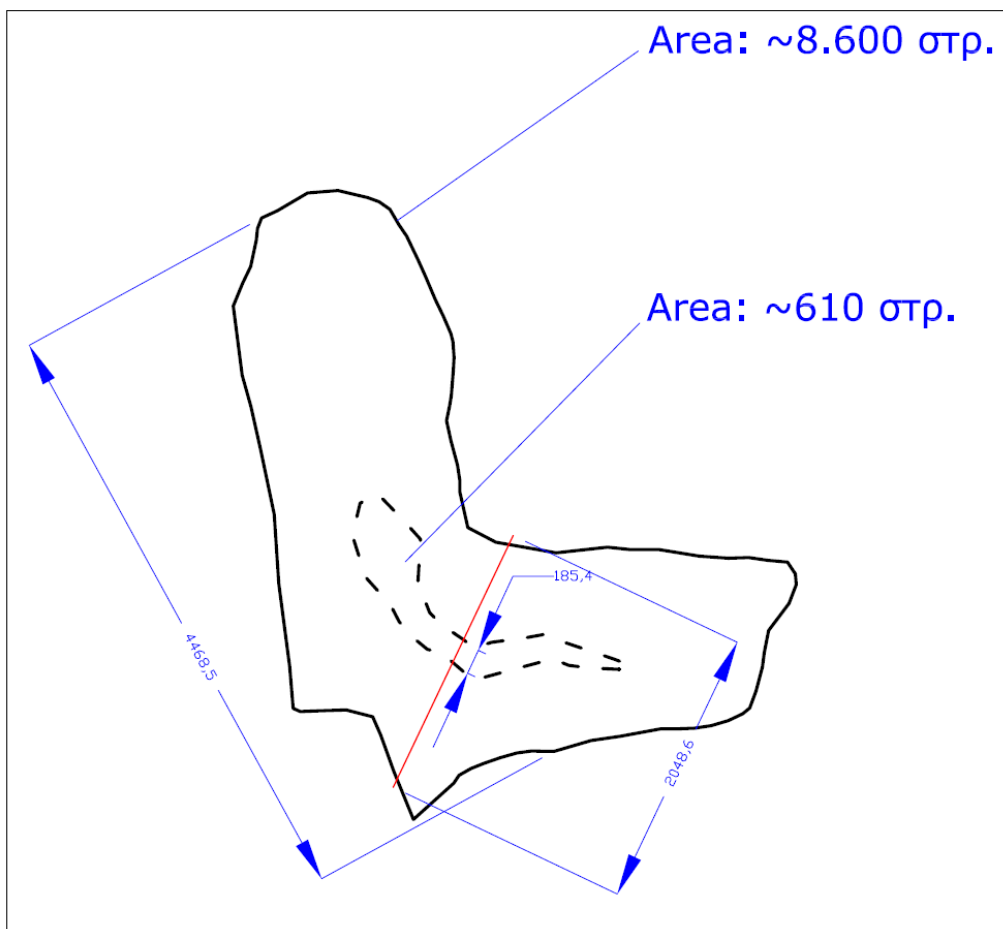
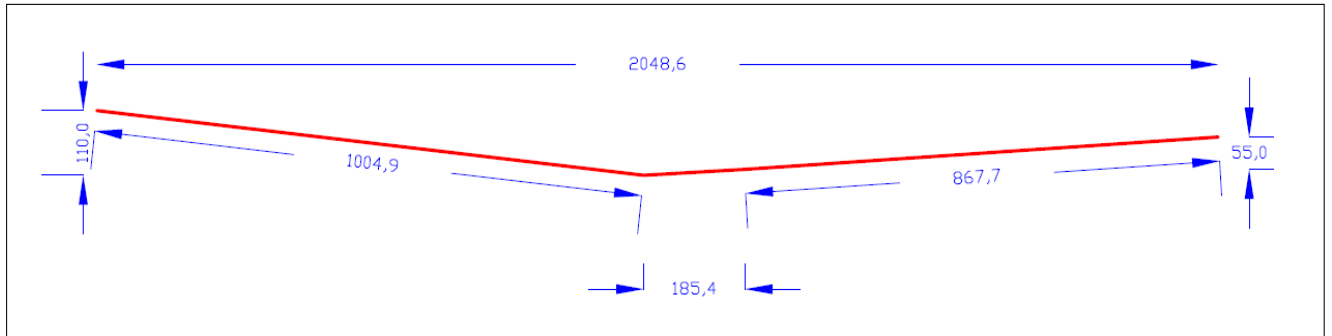
Εικόνα 45. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου

Το απόλυτο υψόμετρο στάθμης του αντλιοστασίου P24 ξεκίνησε να παρακολουθείται μηνιαίως από τον Ιούνιο του 2021. Η τελευταία μέτρηση που έγινε τον περασμένο Σεπτέμβριο (2022) έδειξε ότι, μετά την πάροδο δεκαπέντε (15) μηνών, το υψόμετρο στάθμης του νερού ανέβηκε μόλις κατά περίπου 2,6 m ακολουθώντας μικρές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του χρόνου.

Στην παρακάτω Εικόνα 46, απεικονίζονται η τομή και η κάτοψη του μεταλλευτικού κενού του Ορυχείου Χωρεμίου, όπως αυτό προβλέπεται να παραμείνει μετά την ολοκλήρωση των

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

εξορυκτικών εργασιών. Όπως είναι διακριτό από το Σχήμα, το μεταλλευτικό κενό έχει κατώτατη επιφάνεια ίση με περίπου 610 στρ., ενώ η μέγιστη επιφάνεια στο ανώτερο σημείο του ανοίγματος είναι ίση με 8.600 στρ. περίπου.



Εικόνα 46. Τομή και κάτοψη μεταλλευτικού κενού στη δυτική περιοχή του Ορυχείου Χωρεμίου (Πρωτογενή στοιχεία ΔΕΗ)

Στον παρακάτω Πίνακα 8 παρουσιάζονται χαρακτηριστικά των μεταλλευτικών κενών που εξετάζονται, τα οποία υπεισέρχονται στους υπολογισμούς κατά την ανάπτυξη του υδατικού ισοζυγίου.

Πίνακας 8. Χαρακτηριστικά μεταλλευτικών κενών που εξετάζονται

Χαρακτηριστικά	Κενό Χωρεμίου	Αντλιοστάσιο P24
Μέγιστη επιφάνεια κενού (m <sup>2</sup> )	8.600.000	6.377.357
Μέγιστη αποθηκευτική ικανότητα κενού (m <sup>3</sup> )	285.891.246,36	140.856.313,79

### 3.2. Κλιματικά δεδομένα

Τα κλιματικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται για τους υπολογισμούς που έγιναν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, προέρχονται από τους ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης της ΔΕΗ και της ΕΜΥ στην Τρίπολη. Η επιλογή των υπόψη σταθμών έγινε με βάση τη διαθεσιμότητα της χρονοσειράς των κλιματικών παραμέτρων στον εγγύτερο μετεωρολογικό σταθμό, οι οποίες είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς που θα παρουσιαστούν στις ακόλουθες παραγράφους. Ο ΜΣ ΕΠΕΤ, ο οποίος βρίσκεται στο χώρο των γραφείων των Ορυχείων και συνεπώς πολύ κοντά στο υπό εξέταση σημείο, δυστυχώς δεν διαθέτει τα απαιτούμενα στοιχεία για την εκτίμηση του ισοζυγίου.

Αναλυτικοί Πίνακες που συγκεντρώνουν τη χρονοσειρά των δεδομένων της κάθε παραμέτρου, η οποία χρησιμοποιείται, παρουσιάζονται στο Παράρτημα Α.

Χρησιμοποιούνται μηνιαίες τιμές για τα έτη από το 1980 έως και το 2020, με την παραδοχή ότι οι κλιματικές συνθήκες των περιοχών όπου βρίσκονται τοποθετημένοι οι σταθμοί, δεν αποκλίνουν σημαντικά από εκείνες της περιοχής των Ορυχείων, η οποία και εξετάζεται.

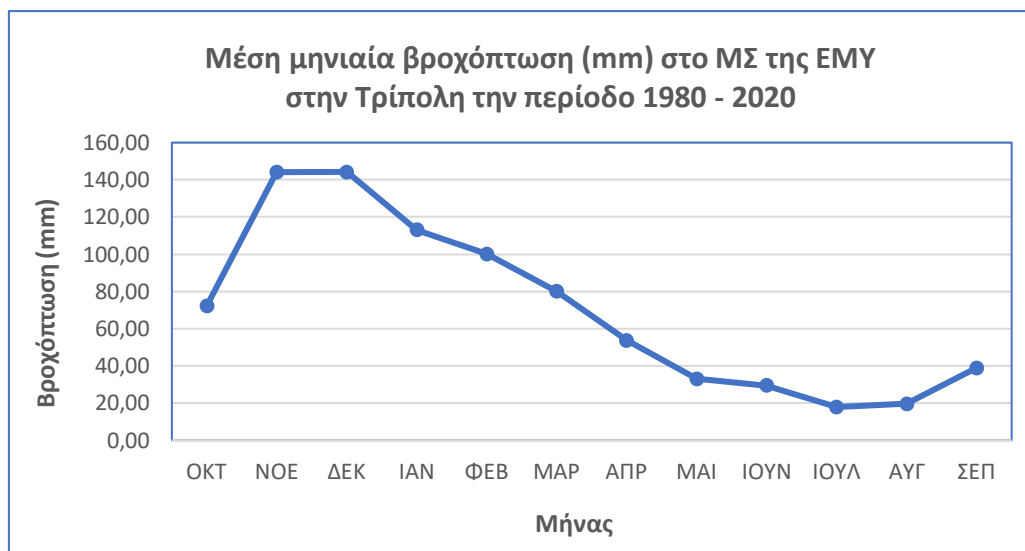
Τα δεδομένα της βροχόπτωσης που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη του ισοζυγίου της εν δυνάμει λίμνης σε μεταλλευτικό κενό στη δυτική πλευρά του Ορυχείου Χωρεμίου, αντλούνται από το ΜΣ στον ΑΗΣ Μεγαλόπολης, ενώ για τον υπολογισμό της δυνητικής εξάτμισης, χρησιμοποιούνται δεδομένα παραμέτρων που αντλούνται από το ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη. Η επιλογή του ΜΣ της ΕΜΥ έγινε ως ο πιο κοντινός ΜΣ από τον οποίο μπορούσαν να συλλεχθούν στο σύνολο οι μεταβλητές που είναι χρειάζονται για τον υπολογισμό της δυνητικής εξάτμισης με την μέθοδο Penman, ήτοι θερμοκρασία, άνεμος, σχετική υγρασία και ώρες ηλιοφάνειας. Η χρονοσειρά της δυνητικής εξάτμισης που υπολογίζεται, χρησιμοποιείται στο υδατικό ισοζύγιο με την παραδοχή ότι, οι κλιματικές συνθήκες στην περιοχή της Τρίπολης, δεν αποκλίνουν σημαντικά από εκείνες της περιοχής των Ορυχείων, η οποία και εξετάζεται.

Πίνακας 9. Χαρακτηριστικά Μετεωρολογικών Σταθμών (ΜΣ) περιοχής από τους οποίους χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα

Χαρακτηριστικά	ΜΣ ΑΗΣ Μεγαλόπολης	ΜΣ Τρίπολης
Κωδικός	-	16710
Υψόμετρο θέσης (m)	429	653
Γεωγραφικό μήκος	22,14	22,40
Γεωγραφικό πλάτος	37,40	37,52

#### Δεδομένα βροχόπτωσης

Η διακύμανση της μηνιαίας μέσης τιμής της βροχόπτωσης την περίοδο 1980-2020, απεικονίζεται στην Εικόνα 47.



Εικόνα 47. Μέση μηνιαία βροχόπτωση την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης

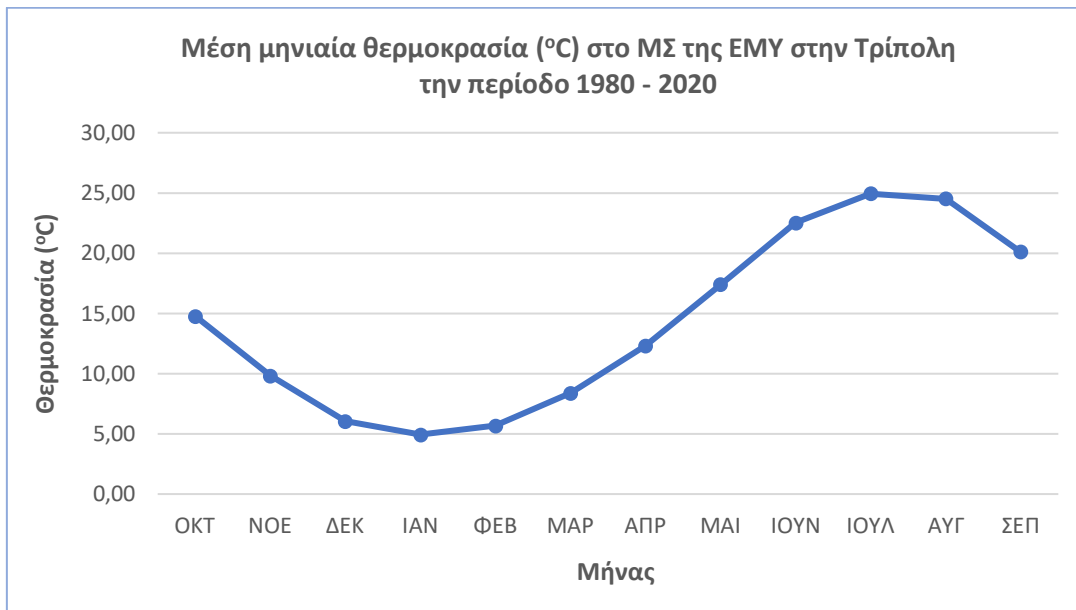
#### Δεδομένα θερμοκρασίας, ταχύτητας ανέμου και σχετικής υγρασίας

Τα δεδομένα της θερμοκρασίας, της ταχύτητας ανέμου και της σχετικής υγρασίας, τα οποία χρησιμοποιούνται στον υπολογισμό της εξάτμισης με την μέθοδο Penman, αντλήθηκαν από τις καταγραφές του ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη. Οι μηνιαίες τιμές χρησιμοποιήθηκαν ως δόθηκαν από την ΕΜΥ, με την υποσημείωση ότι στο σύνολο των μηνιαίων τιμών που αφορούν στα έτη 1980 έως και 2020, υπάρχουν ελλείψεις συνεχόμενων ή έως και 10 διάσπαρτων ημερήσιων τιμών.

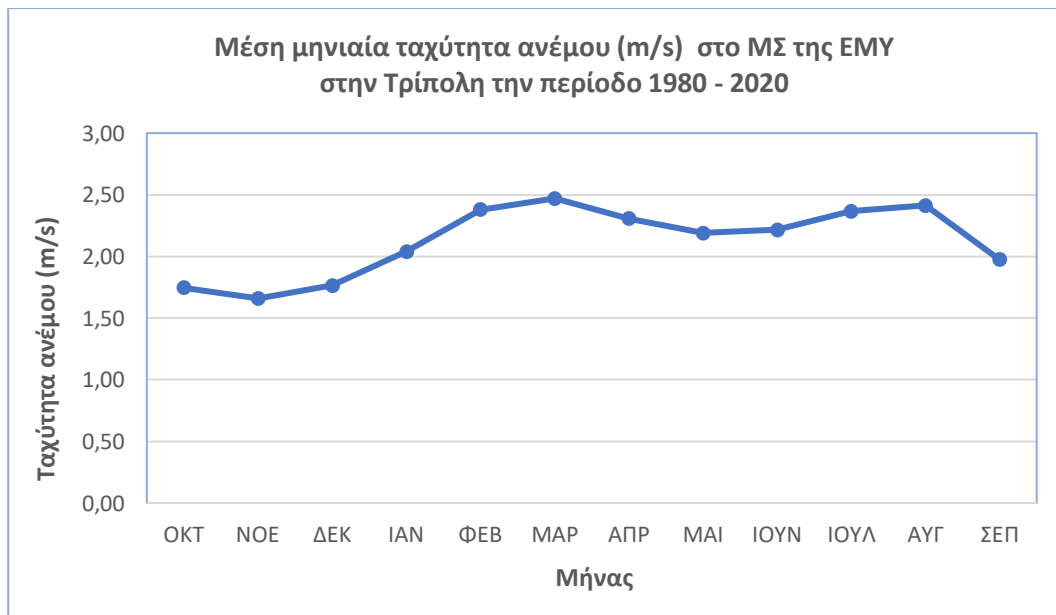
Η διακύμανση των μηνιαίων μέσων τιμών θερμοκρασίας, ταχύτητας ανέμου και σχετικής υγρασίας για τα έτη που εξετάστηκαν, απεικονίζονται στις Εικόνες 48 - 50.



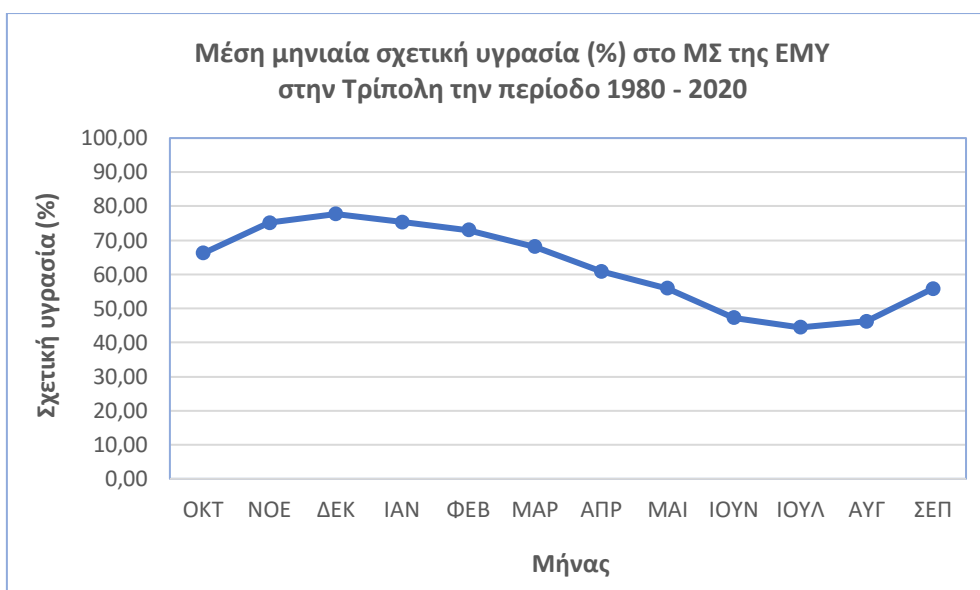
Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 48. Μέση μηνιαία θερμοκρασία την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη



Εικόνα 49. Μέση μηνιαία ταχύτητα ανέμου την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

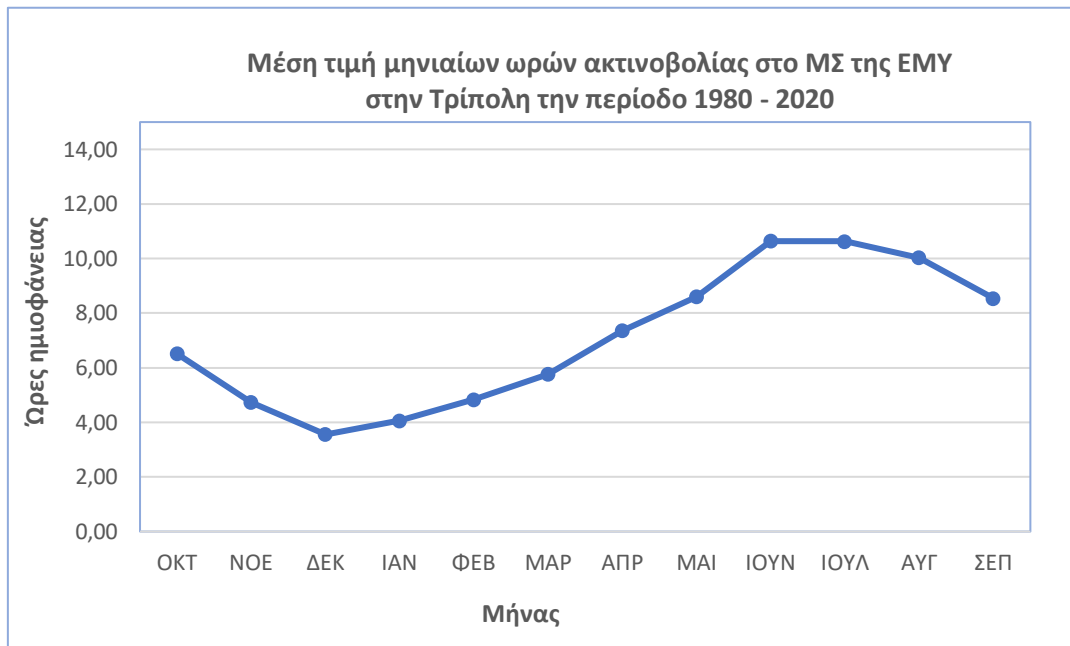


Εικόνα 50. Μέση μηνιαία σχετική υγρασία την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

#### Δεδομένα σχετικής ηλιοφάνειας

Για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας τιμής σχετικής ηλιοφάνειας, μεταβλητή που χρησιμοποιείται στον υπολογισμό της εξάτμισης με τη μέθοδο Penman, από τις καταγραφές του ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη αντλήθηκαν οι ημερήσιες ώρες ακτινοβολίας για τα έτη από το 1980 έως και το 2020. Σημειώνεται ότι, εν αντιθέσει με τις παραπάνω παραμέτρους που καταγράφει ο ΜΣ στην Τρίπολη, στην περίπτωση των ωρών ηλιοφάνειας, παρατηρούνται αρκετές ελλείψεις στις ημερήσιες μετρήσεις. Από τις τετρακόσιες ενενήντα δύο (492) μηνιαίες μετρήσεις που αντιστοιχούν στα σαράντα ένα (41) χρόνια (1980 – 2020), το 31% αυτών αφορούν σε μηνιαίες τιμές από τις οποίες απουσιάζουν από τρεις έως και όλες οι ημερήσιες μετρήσεις. Στις περιπτώσεις αυτές, ως μηνιαία τιμή ελήφθη υπόψη η μέση τιμή των πλήρως διαθέσιμων μηνιαίων τιμών των υπόλοιπων ετών.

Με τις ως άνω εκτιμήσεις των μηνιαίων τιμών για τα οποία απουσιάζουν πλήθος ημερήσιων ωρών, η διακύμανση της μηνιαίας μέσης τιμής των ωρών ηλιοφάνειας τα έτη 1980 - 2020, απεικονίζεται στην παρακάτω Εικόνα 51.



Εικόνα 51. Μέση μηνιαία τιμή ωρών ηλιοφάνειας την περίοδο 1980 – 2020 στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

### 3.2.1 Υπολογισμός εξάτμισης

Εξάτμιση είναι το φαινόμενο μέσω του οποίου τα μόρια ενός σώματος μεταπίπτουν από την υγρή ή τη στερεά φάση, στην αέρια. Η εξάτμιση του νερού στην ατμόσφαιρα γίνεται από τις υδάτινες μάζες, όπως είναι οι ωκεανοί, οι λίμνες και τα ποτάμια και επίσης από τα έλη, το έδαφος και τις υγρές καλλιέργειες.

Για τον υπολογισμό της εξάτμισης στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιείται η εξίσωση του Penman (1948). Ο Penman χρησιμοποίησε μετεωρολογικά δεδομένα και παρουσίασε τη θεωρία του περί υπολογισμού της δυναμικής εξάτμισης, η οποία βασιζόταν σε δύο προϋποθέσεις: α) την ύπαρξη απαραίτητης ενέργειας που θα παρέχει τη λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης και β) την ύπαρξη μηχανισμού μετακίνησης των παραγόμενων υδρατμών ώστε να εμποδίζεται η παραγωγή νέων.

Η μέθοδος Penman αποτελεί συνδυασμό μεθόδων ισοζυγίου ενέργειας και μεταφοράς μάζας και η εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια δίνεται από τη σχέση:

$$E = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} F(u)D \quad [\text{kg}/(\text{m}^2\text{d})]$$

όπου:

$\gamma$ : ψυχομετρικός συντελεστής, [hPa/°C]

$\Delta$ : κλίση καμπύλης κορεσμού υδρατμών, [hPa/°C]

$$\Delta = \frac{4098 e_s}{(T + 237.3)^2}$$

$e_s$ : πίεση κορεσμού υδρατμών, [hPa]  $e_s = 6.11 e^{\frac{17.27T}{T+237.3}}$

<b>R<sub>n</sub>:</b>	ολική καθαρή ενέργεια ακτινοβολίας, [kJ/(m <sup>2</sup> *d)]	$R_n = S_n - L_n$
<b>λ:</b>	Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης [kJ/kg]	$\lambda = 2501 - 2.361 * T$
<b>S<sub>n</sub>:</b>	ποσοστό ακτινοβολίας που εισέρχεται στο έδαφος, [kJ/(m <sup>2</sup> *d)]	$S_n = (1 - a) f_s S_0$
<b>α:</b>	βαθμός ανακλαστικότητας του εδάφους ή λευκαύγεια (albedo)	
<b>f<sub>s</sub>:</b>	αδιάστατος συντελεστής απορρόφησης από την ατμόσφαιρα	$f_s = a_s + b_s \frac{n}{N}$
<b>a<sub>s</sub> &amp; b<sub>s</sub>:</b>	αδιάστατοι συντελεστές κατά Prescott	
<b>n/N:</b>	σχετική ηλιοφάνεια (πραγματικός αριθμός ωρών ηλιοφάνειας την ημέρα προς θεωρητικό αριθμό ωρών ηλιοφάνειας την ημέρα)	
<b>S<sub>0</sub>:</b>	μέση μηνιαία τιμή εξωγήινης ηλιακής ακτινοβολίας, [kJ/(m <sup>2</sup> *d)]	
<b>L<sub>n</sub>:</b>	καθαρή ακτινοβολία	$L_n = \epsilon_n f_L \sigma (T_a + 273)^4$
<b>ε<sub>n</sub>:</b>	αδιάστατος συντελεστής	$\epsilon_n = a_e - b_e \sqrt{e_a}$
<b>a<sub>e</sub> &amp; b<sub>e</sub>:</b>	αδιάστατοι συντελεστές κατά Penman	
<b>f<sub>L</sub>:</b>	συντελεστής επίδρασης νέφωσης	$f_L = a_L + b_L \frac{n}{N}$
<b>σ:</b>	σταθερά Stefan-Boltzman, [kJ/(m <sup>2</sup> *K <sup>4</sup> *d)]	
<b>a<sub>L</sub> &amp; b<sub>L</sub>:</b>	αδιάστατοι συντελεστές κατά Brunt	
<b>F(u):</b>	συνάρτηση ταχύτητας του ανέμου, [kg/(hPa*m <sup>2</sup> *d)]	$F(u) = 0.26(1 + 0.54u)$
<b>u:</b>	ταχύτητα ανέμου [m/s]	
<b>D:</b>	έλλειμα κορεσμού των υδρατμών, [hPa]	$D = e_s - e = e_s - U * e_s$
<b>U:</b>	σχετική υγρασία	$U = \frac{e}{e_s}$
<b>e:</b>	μερική πίεση υδρατμών, [hPa]	

Η μέση μηνιαία εξάτμιση υπολογίζεται με χρήση των δεδομένων που αντλήθηκαν από το ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη για την περίοδο από το 1980 έως και το 2020. Για κάθε μέση μηνιαία τιμή θερμοκρασίας, ταχύτητας ανέμου, σχετικής υγρασίας και σχετικής ηλιοφάνειας υπολογίζεται η μέση μηνιαία τιμή εξάτμισης με τη μέθοδο Penman.

Οι παράμετροι της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν ως δόθηκαν από την ΕΜΥ. Η ταχύτητα ανέμου δόθηκε στη μονάδα «κnot» και μετατράπηκε με τον κατάλληλο

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

συντελεστή στη μονάδα «m/s», ώστε να μπορούν οι τιμές να χρησιμοποιηθούν στους υπολογισμούς. Τέλος, η σχετική ηλιοφάνεια (n/N) που απαιτείται στον υπολογισμό της εξάτμισης υπολογίστηκε με χρήση των ημερήσιων ωρών ηλιοφάνειας που δόθηκαν από την ΕΜΥ. Η σχετική ηλιοφάνεια υπολογίστηκε με διαίρεση της πραγματικής μέσης τιμής μηνιαίων ωρών ηλιοφάνειας (n), η οποία προέκυψε με επεξεργασία των δεδομένων του ΜΣ, με τη μέση μηνιαία τιμή αστρονομικής διάρκειας ημέρας (N). Η αστρονομική διάρκεια ημέρας είναι ίση με το θεωρητικό αριθμό ωρών ηλιοφάνειας (ώρες από την ανατολή έως τη δύση του ηλίου) και λαμβάνεται από πίνακες συναρτήσεως του γεωγραφικού πλάτους της περιοχής και του μήνα που εξετάζεται. Έτσι υπολογίστηκαν δώδεκα (12) τιμές αστρονομικής διάρκειας ημέρας για την περιοχή που εξετάζεται με γεωγραφικό πλάτος 37,52° (ΜΣ ΕΜΥ Τρίπολης).

Επίσης, η μέση μηνιαία τιμή εξωγήινης ακτινοβολίας  $S_0$ , ελήφθη από πίνακα ως συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους της υπό μελέτη περιοχής και του μήνα. Υπολογίστηκε με γραμμική παρεμβολή για το γεωγραφικό πλάτος του ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη χρησιμοποιώντας τα δεδομένα για τα γεωγραφικά πλάτη 36° και 38° στο Βόρειο Ημισφαίριο. Και στην περίπτωση της παραμέτρου  $S_0$ , υπολογίστηκαν δώδεκα (12) μηνιαίες τιμές, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για κάθε μήνα όλων των ετών.

Κατά τον υπολογισμό της εξάτμισης με τη μέθοδο Penman, οι συντελεστές που λαμβάνουν σταθερές τιμές, συγκεντρώνονται στον παρακάτω Πίνακα 10.

Πίνακας 10. Τιμές συντελεστών που λαμβάνουν σταθερές τιμές στον υπολογισμό της εξάτμισης

Συντελεστής	Τιμή	Μονάδα μέτρησης	
βαθμός ανακλαστικότητας του εδάφους ή λευκαύγεια (albedo) (τυπική τιμή για το νερό)	α	0,08	-
σταθερά Stefan-Boltzman	σ	4,90E-06	kJ/(m <sup>2</sup> *K <sup>4</sup> *d)
ψυχομετρικός συντελεστής (τυπική τιμή)	γ	0,67	hPa/°C
αδιάστατος συντελεστής κατά Prescott	a <sub>s</sub>	0,25	-
αδιάστατος συντελεστής κατά Prescott	b <sub>s</sub>	0,50	-
αδιάστατος συντελεστής κατά Penman	α <sub>e</sub>	0,56	-
αδιάστατος συντελεστής κατά Penman	b <sub>e</sub>	0,08	-
αδιάστατος συντελεστής κατά Brunt	α <sub>l</sub>	0,1	-
αδιάστατος συντελεστής κατά Brunt	b <sub>l</sub>	0,9	-

### 3.3. Υδατικό ισοζύγιο

#### 3.3.1. Ανάπτυξη υδατικού ισοζυγίου

Η εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου πραγματοποιείται με την εφαρμογή γενικής εξίσωσης, η οποία στην περίπτωση της λίμνης, λαμβάνει τη μορφή που περιγράφεται στην Εικόνα 53.

$$\Delta S = \text{Εισροές νερού} - \text{Εκροές νερού}$$

$$\Delta S = (P + SW_{in} + GW_{in}) - (E - SW_{out} - GW_{out})$$

$$S - S_0 = (P + SW_{in} + GW_{in}) - (E - SW_{out} - GW_{out})$$

$$S = S_0 - (P + SW_{in} + GW_{in}) - (E - SW_{out} - GW_{out})$$



Κατά την εκτίμηση του ισοζυγίου, χρησιμοποιούνται τα ιστορικά δεδομένα της βροχόπτωσης από το ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης για τα έτη από το 1980 έως και 2020 και της εξάτμισης που υπολογίστηκε από επεξεργασία στοιχείων που αντλήθηκαν από το ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη. Για κάθε μία μηνιαία τιμή υπολογίζεται το τελικό απόθεμα νερού που συσσωρεύεται στο μεταλλευτικό κενό.

Σε ότι αφορά τις παραμέτρους του υδατικού ισοζυγίου, σημειώνονται τα ακόλουθα:

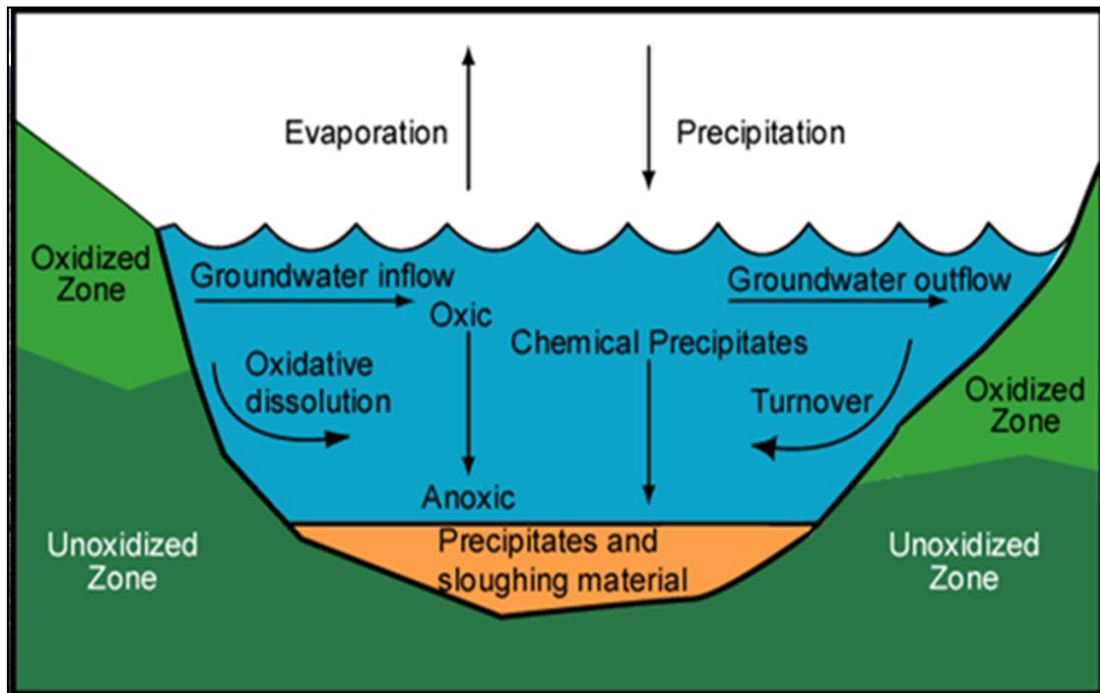
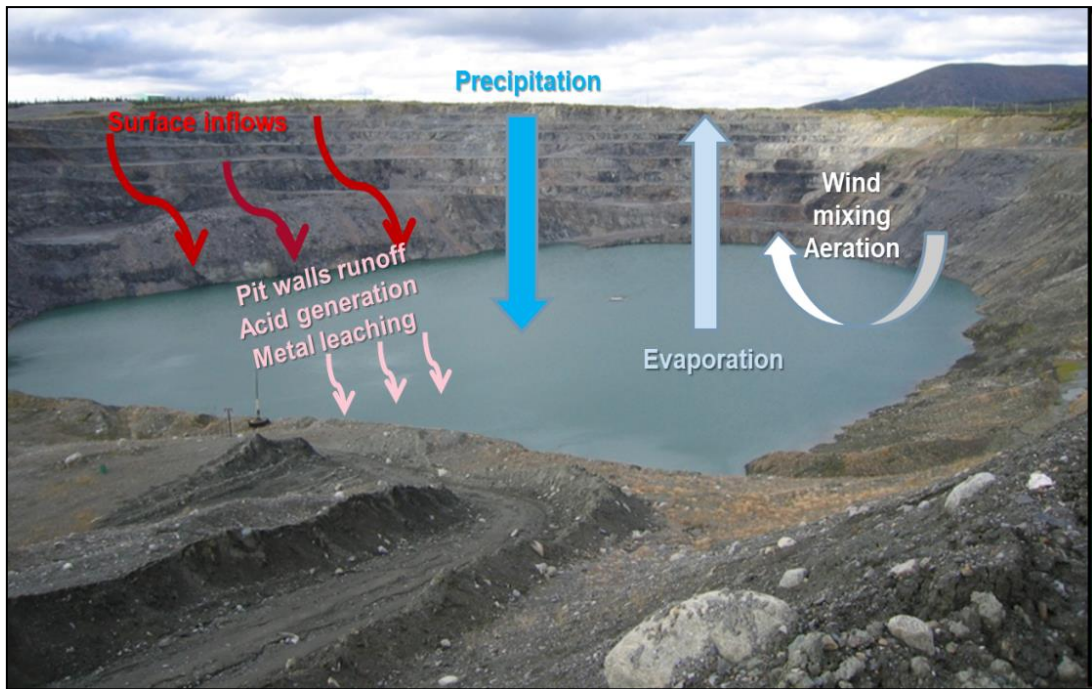
- ✓ Οι εισροές της λίμνης ( $GW_{in}+SW_{in}$ ) αφορούν τόσο σε επιφανειακές όσο και σε υπόγειες εισροές. Η επιφανειακή εισροή ( $SW_{in}$ ) σχετίζεται με την επιφανειακή απορροή από τα πρανή του μεταλλευτικού κενού. Υπολογίζεται με πολλαπλασιασμό της επιφάνειας των πλευρικών τοιχωμάτων με τη βροχόπτωση και το συντελεστή απορροής. Στην περίπτωση μας, από επιτόπου εκτίμηση διαπιστώθηκε ότι η επιφανειακή απορροή είναι της τάξης του 60-70%. Το γεγονός αυτό ενισχύεται και από την μηδενική σχεδόν τροφοδοσία μέσω κατείδυσης, στον υπόγειο υδροφόρο που βρίσκεται σε μεγάλο βάθος χωρίς σημαντικές μεταβολές στην πιεζομετρική του επιφάνεια. Άλλωστε σύμφωνα με τις μελέτες αποστράγγισης του Ορυχείου δεν χρειάστηκαν αντλήσεις, ούτε είχαν ποτέ προβλήματα λόγω ανόδου της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου. Παράλληλα διαπιστώθηκαν τα εξής: α) τα εδάφη έχουν συμπυκνωθεί από την κυκλοφορία χωματογενικών μηχανημάτων (φορτηγά, προωθητές κ.τ.λ.), β) έχουν μεγάλες κλίσεις, γ) αποτελούνται κυρίως από αργιλομαργαϊκά υλικά. Συνεπώς δεν ευνοείται η κατείδυση αλλά αντιθέτως αυξάνεται η επιφανειακή απορροή. Η υπόγεια εισροή στη λίμνη ( $GW_{in}$ ) λαμβάνεται ως αμελητέα, λόγω του γεωγραφικού υποβάθρου.
- ✓ Η βροχόπτωση ( $P$ ), αφορά σε μηνιαίες τιμές βροχόπτωσης στην περιοχή της Μεγαλόπολης (ΜΣ ΑΗΣ Μεγαλόπολης). Τα δεδομένα της βροχόπτωσης δίνονται σε «mm» και μετατρέπονται στην επιθυμητή για τους υπολογισμούς μονάδα, «m<sup>3</sup>», μέσω πολλαπλασιασμού με την επιφάνεια της λίμνης, της οποίας η συνάρτηση προκύπτει από σχέση όγκου επιφάνειας, όπως αναλυτικά περιγράφεται στην επόμενη παράγραφο. Χρησιμοποιήθηκαν τα ιστορικά στοιχεία, των σταθμών, ώστε να γίνει και πρόβλεψη των βροχοπτώσεων.
- ✓ Οι εκροές της λίμνης ( $GW_{out}+SW_{out}$ ) αφορούν σε ποσότητες νερού που εκρέουν εκτός του ταμιευτήρα. Η επιφανειακή απόληψη ( $SW_{out}$ ) θεωρείται ως μηδενική, καθώς εξετάζεται η δυνατότητα πλήρωσης του κενού. Επίσης, θεωρείται ότι, λόγω των γεωλογικών σχηματισμών, δεν αναμένονται σημαντικές εκροές υπογείως από τη μελλοντική λίμνη (υπόγεια διαφυγή,  $GW_{out}$ ). Θεωρώντας όμως την πιθανότητα αστοχιών, λόγω διακλάσεων και τεκτονισμού, γίνεται η παραδοχή ότι θα υπάρχουν διαφυγές της τάξης των 0,5-1% υπογείως.
- ✓ Ως εξάτμιση από την επιφάνεια της λίμνης ( $E$ ), χρησιμοποιούνται οι τιμές που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Penman και τη χρήση δεδομένων από το ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη, θεωρώντας ότι η εξάτμιση δεν θα έχει σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των δύο περιοχών (Μεγαλόπολης και Τρίπολης).
- ✓ Η αύξηση του αποθέματος ( $\Delta S$ ) είναι η διαφορά εισροών και εκροών συνυπολογίζοντας τις βροχοπτώσεις και την εξάτμιση. Το αρχικό απόθεμα για τον πρώτο μήνα του έτους που εξετάζεται το ισοζύγιο, λαμβάνεται ίσο με 575.520,85 m<sup>3</sup>, στην περίπτωση εξέτασης πλήρωσης του κενού του Ορυχείου και 116.44,56 m<sup>2</sup> στην περίπτωση εξέτασης πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού στη νότια πλευρά του Ορυχείου Χωρεμίου, όπου σήμερα

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

---

λειτουργεί το αντλιοστάσιο P24. Οι τιμές δόθηκαν από τον Τομέα Υδρογεωλογικών Μελετών της ΔΜΕΠΟ και υπολογίστηκαν με τη χρήση του προγράμματος Carlson Civil 2019. Πέραν της πρώτης τιμής, η μεταβλητή ΔS, λαμβάνει την τιμή του τελικού αποθέματος του προηγούμενου μήνα.

Στις Εικόνες 52 και 53 παρουσιάζεται η Μεθοδολογία Εκτίμησης Υδατικού Ισοζυγίου Μεταλλευτικής Λίμνης που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία.

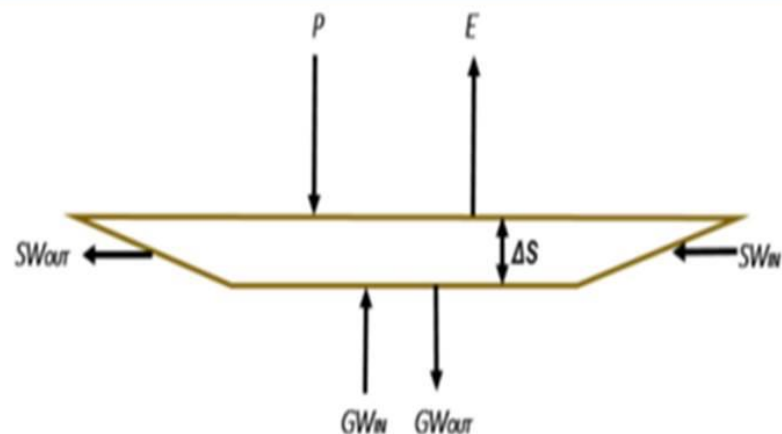


Εικόνα 52. Γενικό μοντέλο εκτίμησης παραγόντων για το Υδατικό Ισοζύγιο και λειτουργίας των Μεταλλευτικών Λιμνών

## Υδατικό Ισοζύγιο

$\Delta S = \text{Εισροές νερού} - \text{Εκροές νερού}$

$$\Delta S = (P + SW_{in} + GW_{in}) - (E - SW_{out} - GW_{out})$$



- $\Delta S$ : μεταβολή στην ποσότητα νερού που αποθηκεύεται στη λίμνη
- $P$ : κατακρημνίσεις (βροχοπτώσεις και χιονοπτώσεις) που πέφτουν μέσα στη λίμνη
- $SW_{in}$ : άθροισμα ποσότητας νερού που πέφτει στη λίμνη επιφανειακά (απορροή και πιθανή εκτροπή χειμάρρου ή ποταμού)
- $GW_{in}$ : ποσότητα νερού που εισέρχεται υπόγεια στη λίμνη
- $E$ : εξάτμιση στη λίμνη
- $SW_{out}$ : επιφανειακή απόληψη από τη λίμνη (ποσότητα νερού για λοιπές χρήσεις, πιθανή υπερχειλίση)
- $GW_{out}$ : υπόγεια διαφυγή νερού από τη λίμνη.

Εικόνα 53. Εκτίμηση Υδατικού Ισοζυγίου Μεταλλευτικής Λίμνης

### 3.3.2 Εκτιμήσεις και παραδοχές

Κατά την εκτίμηση πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού στο αντλιοστάσιο P24, ελήφθησαν υπόψη τα εξής:

1. Η εξάτμιση που λαμβάνει χώρα στην περιοχή της Τρίπολης δεν διαφέρει σημαντικά από την εξάτμιση που δύναται να λαμβάνει χώρα στην περιοχή του Ορυχείου.
2. Το αρχικό απόθεμα νερού στο μεταλλευτικό κενό στην περίπτωση εξέτασης πλήρωσης του κενού του Ορυχείου, λαμβάνεται ίσο με  $575.520,85 \text{ m}^3$ , και  $116.44,56 \text{ m}^2$  στην περίπτωση εξέτασης πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού στη νότια πλευρά του Ορυχείου Χωρεμίου, όπου σήμερα λειτουργεί το αντλιοστάσιο P24.

Επίσης, κατά τον υπολογισμό της επιφανειακής απορροής στο κενό, ελήφθηκε συντελεστής απορροής ίσος με 0,7, ο οποίος δικαιολογήθηκε παραπάνω, όπως και ότι οι διαφυγές είναι ελάχιστες έως μηδενικές.

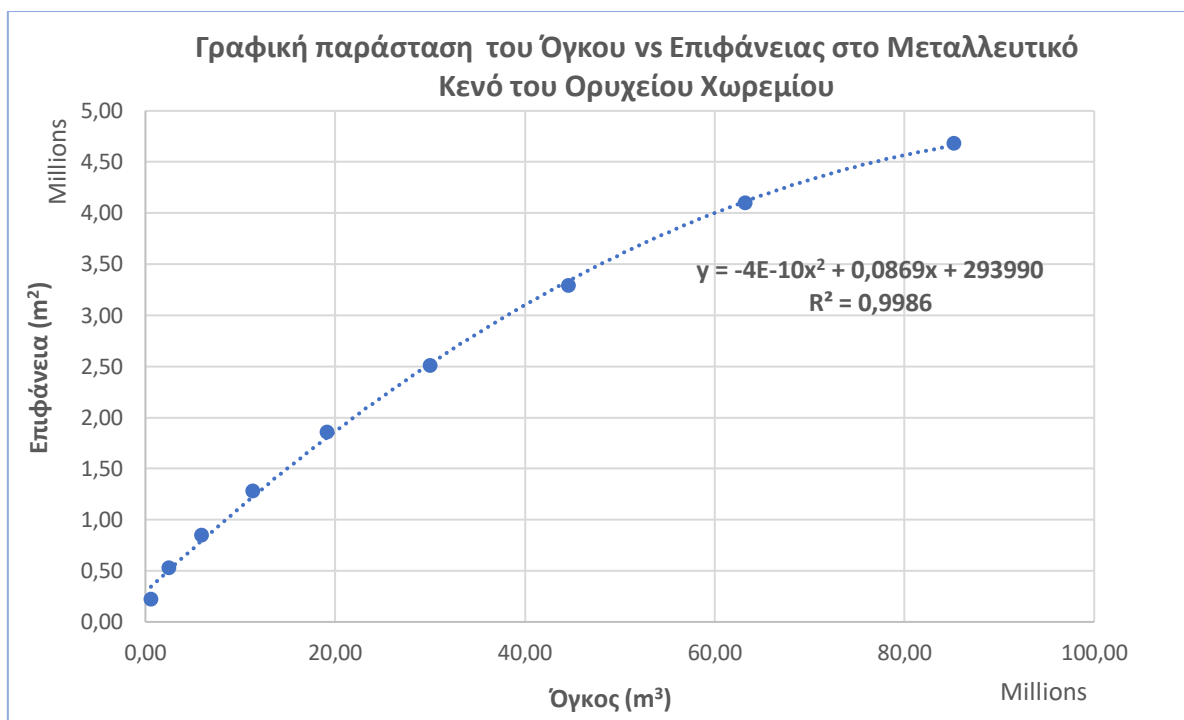
### 3.3.3 Εξίσωση συσχέτισης επιφάνειας και όγκου

Για την μετατροπή της βροχόπτωσης, της επιφανειακής απορροής αλλά και την εξάτμισης από τη μονάδα «mm» σε «m<sup>3</sup>», χρειάζεται ο υπολογισμός της επιφάνειας της λίμνης, η οποία μεταβάλλεται μηνιαίως, αναλογικά με τον όγκο νερού που πληρώνει το κενό.

Η επιφάνεια της λίμνης, υπολογίζεται σε μηνιαία βάση, με τη χρήση εξίσωσης συσχέτισης επιφάνειας – όγκου, η οποία εξήχθη μέσω της σχετικής γραφικής απεικόνισης. Προκειμένου να απεικονιστεί γραφικά η συσχέτιση, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Carlson Civil 2019, σε κάρναβο: X grid cell size: 5.00, Y grid cell size: 5.00 για την εξαγωγή συνδυασμού τιμών επιφάνειας – όγκου, σε κάθε στάθμη εργασιών. Οι υπολογισμοί πραγματοποιήθηκαν από τον Τομέα Υδρογεωλογικών Μελετών της ΔΜΕΠΟ.

Στην Εικόνα 54 παριστάνεται γραφικά η συνάρτηση της επιφάνειας πλήρωσης με τον όγκο νερού που βρίσκεται μέσα στο μεταλλευτικό κενό.





Εικόνα 54. Γραφική παράσταση συσχέτισης επιφάνειας που έχει πληρωθεί με νερό και όγκου νερού (επεξεργασία πρωτογενών στοιχείων από ΔΕΗ / ΔΜΕΠΟ / Τομέα Υδρογεωλογικών μελετών για χάραξη της γραφικής παράστασης)

### 3.4. Πρόβλεψη πορείας πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού

Για την εκτίμηση του υδατικού ισοζυγίου και την εξέταση πλήρωσης του κενού με νερό, χρησιμοποιήθηκαν τα διαθέσιμα κλιματικά δεδομένα σαράντα ένα (41) ετών από το 1980 έως και το 2020. Προκειμένου να γίνει ολοκληρωμένη η διερεύνηση πλήρωσης και δεδομένου ότι στην εφαρμογή μοντέλου υδατικού ισοζυγίου προτείνεται η εξέταση πλήθος ετών, έγινε παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών τιμών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας με τη χρήση αυτοπαλίνδρομου μοντέλου (AutoRegressive model AR).

Τα μοντέλα αυτοπαλινδρόμησης χρησιμοποιούν τις στοχαστικές ανεξίτητες Markov, οι οποίες θεωρούν ότι η τιμή που λαμβάνει μία μεταβλητή (όπως η βροχόπτωση) στο χρόνο, συσχετίζεται με την τιμή μίας προγενέστερης περιόδου. Τα αυτοπαλίνδρομα μοντέλα είναι μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης, όπου η τυχαία μεταβλητή της χρονοσειράς σε μια χρονική στιγμή  $t$ ,  $y_t$ , θεωρείται ως εξαρτημένη μεταβλητή, ενώ η τυχαία μεταβλητή της χρονοσειράς σε προηγούμενους χρόνους, δηλαδή οι  $y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$ , θεωρείται ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Τάξη του αυτοπαλινδρομούμενου μοντέλου θεωρείται ο αριθμός των υστερήσεων που συμπεριλαμβάνονται σε αυτό.

Ένα αυτοπαλίνδρομο μοντέλο τάξης  $p$ , το οποίο αναφέρεται ως AR( $p$ ), ορίζεται ως εξής:

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + a_2 y_{t-2} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t$$

όπου:

$a_0, a_1, a_2, \dots, a_p$  : συντελεστές μοντέλου

$\varepsilon_t$  : λευκός θόρυβος με μέση τιμή μηδέν και διασπορά  $\sigma^2$

Οι συντελεστές του AR(p) μοντέλου, καθώς και η διασπορά του λευκού θορύβου εκτιμώνται από την ιστορική χρονοσειρά και οι εκτιμήσεις τους χρησιμοποιούνται για την πρόβλεψη της χρονοσειράς τις επόμενες χρονικές στιγμές. Σύμφωνα με το μοντέλο AR(p), η μεταβλητή της χρονοσειράς τη χρονική στιγμή t σε ένα ποσοστό δικαιολογείται από το γραμμικό συνδυασμό των p τελευταίων τιμών της χρονοσειράς  $y_{t-1}, \dots, y_{t-p}$ . Το υπόλοιπο ποσοστό που δε δικαιολογείται από τις προηγούμενες τιμές της χρονοσειράς, είναι καθαρά στοχαστικό και οφείλεται σε εξωγενείς επιδράσεις τη χρονική στιγμή t, που συνοψίζονται στην τυχαία μεταβλητή  $\varepsilon_t$ .

Η γενική μορφή του στοχαστικού μοντέλου πρώτης τάξης, AR(1), το οποίο χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία για την παραγωγή συνθετικών χρονοσειρών βροχόπτωσης και θερμοκρασίας, είναι:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Υποθέτοντας ότι, είτε ο μέσος είναι μηδέν, είτε ότι οι μεταβλητές εκφράζονται ως αποκλίσεις από τους μέσους, η παραπάνω σχέση γράφεται:

$$y_t = \alpha_1 y_{t-1} + \varepsilon_t$$

όπου:

$$y_t = Y_t - \bar{Y}_t \quad \text{και} \quad y_{t-1} = Y_{t-1} - \bar{Y}_{t-1}$$

Στο αυτοπαλίνδρομο μοντέλο πρώτης τάξης, η αυτοσυσχέτιση εντοπίζεται σε δύο διαδοχικές τιμές μόνο της μεταβλητής και δηλώνει ότι η τιμή μιας μεταβλητής σε μία χρονική στιγμή είναι εξαρτώμενη από την τιμή της μεταβλητής στην προηγούμενη χρονική περίοδο συν ένα τυχαίο όρο. Το αυτοπαλίνδρομο πρώτης τάξης αποτελεί την κλασική προσέγγιση στη συνθετική υδρολογία.

Με χρήση του μοντέλου αυτοσυσχέτισης AR(1) και ακολουθώντας τη διαδικασία που μόλις περιγράφηκε, παρήχθησαν δώδεκα (12) συνθετικές χρονοσειρές τετρακοσίων ενενήντα δύο (492) τιμών για τις μεταβλητές θερμοκρασίας και βροχόπτωσης, χρησιμοποιώντας τα ιστορικά στοιχεία των ετών από το 1980 – 2020 που κατέφραψε ο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη. Συνολικά παρήχθησαν πέντε χιλιάδες εννιακόσιες τέσσερις (5.904) τιμές για κάθε μεταβλητή, οι οποίες αντιστοιχούν σε τετρακόσια ενενήντα δύο (492) έτη. Οι τιμές αυτές, προστέθηκαν σε συνέχεια των ιστορικών στοιχείων και συνεπώς, εξετάστηκε η πορεία πλήρωσης για σύνολο πεντακόσια τριάντα τρία (533) έτη.

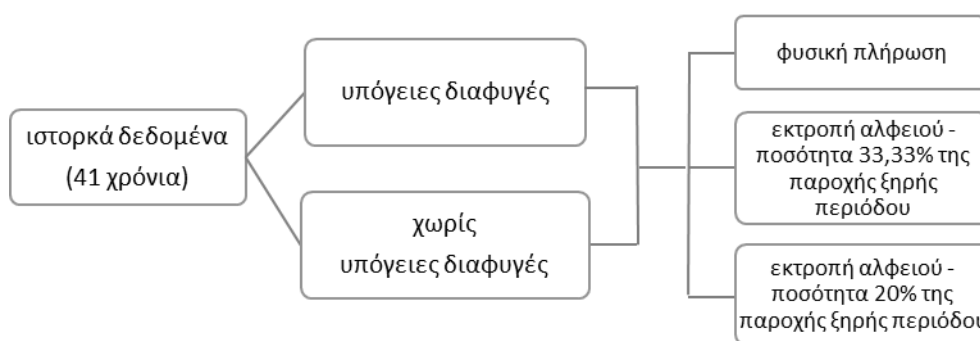
Οι χρονοσειρές της θερμοκρασίας χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της μηνιαίας εξάτμισης με τη μέθοδο Penman. Οι υπόλοιπες κλιματικές μεταβλητές, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και σχετική ηλιοφάνεια, θεωρήθηκαν, κατά τον υπολογισμό της εξάτμισης ότι, παραμένουν σταθερές με την πάροδο των ετών.

### 3.5. Εναλλακτικά σενάρια

Στην παρούσα εργασία, στο πλαίσιο της διερεύνησης δυνατότητας πλήρωσης του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου και του κενού που σήμερα βρίσκεται το αντλιοστάσιο P24, εξετάστηκαν δώδεκα (12) εναλλακτικά σενάρια. Εξετάστηκε η πορεία πλήρωσης του κάθε κενού χωριστά, τόσο για τα σαράντα ένα (41) χρόνια που αφορούν σε πραγματικά ιστορικά δεδομένα των ετών 1980 έως και 2020, όσο και για τα πεντακόσια τριάντα τρία (533) έτη που αφορούν στο σύνολο τα ιστορικά στοιχεία και τις συνθετικές χρονοσειρές που παρήχθησαν με το μοντέλο αυτοσυσχέτισης AR(1). Και για τις δύο περιπτώσεις, εξετάστηκε, τόσο η φυσική πλήρωση του κάθε κενού, όσο και η πλήρωση με ανθρώπινη παρέμβαση, η οποία αφορά σε εκτροπή του ποταμού Αλφειού με σταθερή μηνιαία

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

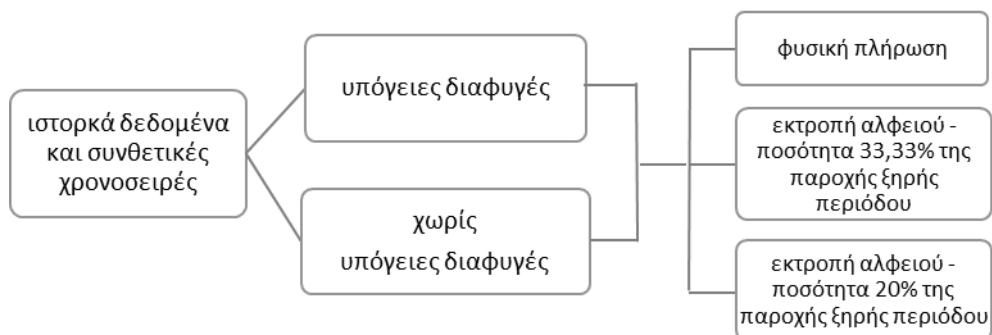
παροχή όλο το έτος. Το υδατικό ισοζύγιο εκτιμήθηκε για εκτροπή του Αλφειού με δύο διαφορετικές παροχές. Εξετάστηκε η τροφοδότηση της εν δυνάμει λίμνης με νερό από τον Αλφειό που αντιστοιχεί στο 1/3 (περίπου 33,33%) και στο 20% της μηνιαίας παροχής του ποταμού στην περιοχή της Καρύταινας την ξηρή περίοδο, η οποία ανέρχεται στο 1.861.912 m<sup>3</sup> (ΣΔΛΑΠ). Επιπλέον, αρχικά, το υδατικό ισοζύγιο αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψη ότι δεν υπάρχουν υπόγειες διαφυγές στην περιοχή του Χωρεμίου. Αλλά για την πληρότητα της εργασίας και την εξέταση κάθε δυνατής περίπτωσης, εξετάζεται και η πορεία πλήρωσης με υπόγειες διαφυγές της τάξεως του 1%.



<b>1<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές φυσική πλήρωση	<b>2<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 33,33% της παροχής του Αλφειού	<b>3<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 20% της παροχής του Αλφειού
<b>4<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές φυσική πλήρωση	<b>5<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 33,33% της παροχής του Αλφειού	<b>6<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 20% της παροχής του Αλφειού

Εικόνα 55. Σενάρια εκτίμησης υδατικού ισοζυγίου με τη χρήση ιστορικών δεδομένων

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



<b>7<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές φυσική πλήρωση	<b>8<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 33,33% της παροχής του αλφειού	<b>9<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 20% της παροχής του αλφειού
<b>10<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές φυσική πλήρωση	<b>11<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 33,33% της παροχής του αλφειού	<b>12<sup>ο</sup> σενάριο</b>	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές πλήρωση με εκτροπή 20% της παροχής του αλφειού

Εικόνα 56. Σενάρια εκτίμησης υδατικού ισοζυγίου με τη χρήση ιστορικών δεδομένων και συνθετικών χρονοσειρών

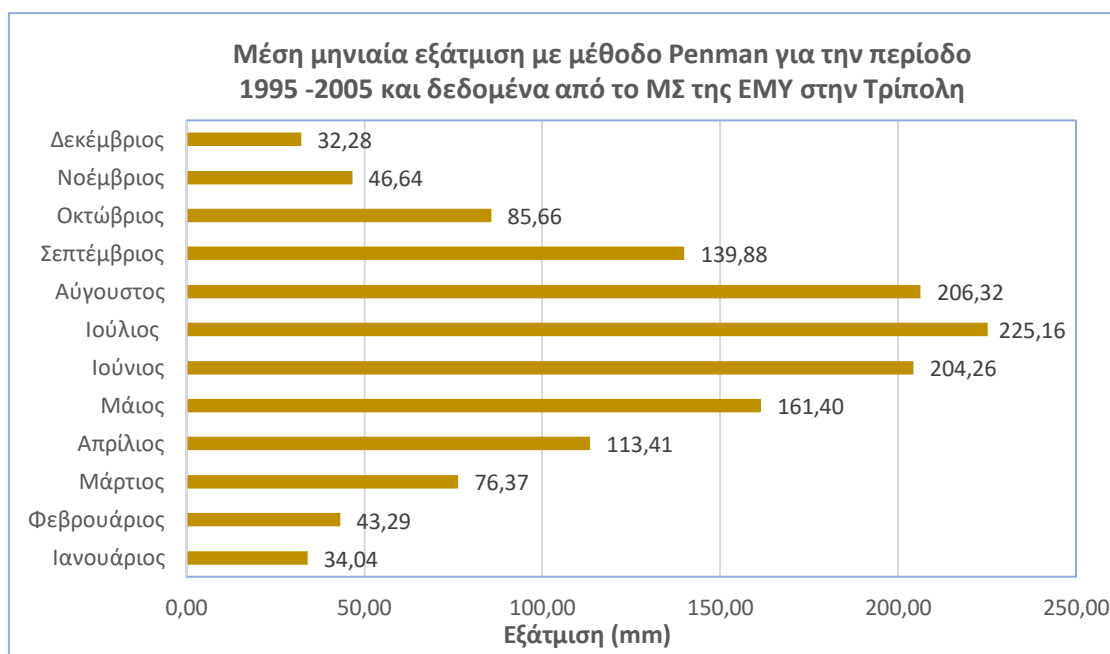
## Κεφάλαιο 4. Αποτελέσματα

### 4.1. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

#### 4.1.1 Εξάτμιση

Η εξάτμιση που υπολογίστηκε με τη μέθοδο Penman σε μηνιαία βάση με χρήση πρωτογενών δεδομένων τους κλιματικούς παράγοντες του ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη, κυμαίνεται από 18,94 mm έως και 315,84 mm. Από τον Απρίλιο έως και το Σεπτέμβριο, η εξάτμιση λαμβάνει τις μεγαλύτερες τιμές με τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο), η τιμή της να ξεπερνά τα 200 mm. Η μέση τιμή της εξάτμισης των σαράντα ένα (41) ετών, δεδομένα των οποίων αξιοποιήθηκαν, ανέρχεται σε 114,06 mm.

Στην Εικόνα 57 απεικονίζονται σε ιστόγραμμα οι μηνιαίες τιμές της εξάτμισης που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο Penman και τη χρήση των τετρακοσίων ενενήντα δύο (492) μηνιαίων τιμών που αντιστοιχούν στα ιστορικά στοιχεία των προηγούμενων σαράντα ένα (41) ετών.



Εικόνα 57. Μέση μηνιαία εξάτμιση που υπολογίστηκε με τη μέθοδο Penman και τη χρήση ιστορικών δεδομένων του ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη κατά την περίοδο 1980 - 2020

#### 4.1.2 Υδατικό ισοζύγιο

##### 4.1.2.1 Υδατικό ισοζύγιο πλήρωσης μεταλλευτικού κενού στο αντλιοστάσιο P24

Εκτιμάται το υδατικό ισοζύγιο πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού στο αντλιοστάσιο P24 του Ορυχείου Χωρεμίου για κάθε ένα από τα δώδεκα σενάρια.

Στους παρακάτω Πίνακες παρατίθενται τα ποσοστά πλήρωσης του κενού για κάθε σενάριο που εξετάζεται.



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Πίνακας 11. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 στην περίπτωση πλήρωσης με φυσικό τρόπο

Σενάριο	Σενάρια πλήρωσης κενού με φυσική πλήρωση			
	1 <sup>ο</sup>	7 <sup>ο</sup>	4 <sup>ο</sup>	10 <sup>ο</sup>
Περιγραφή	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 41 χρόνια (ιστορικά δεδομένα)	13,09 %	-	32,50 %	-
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 533 χρόνια (ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές)	-	13,00 %	-	33,91 %

Πίνακας 12. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού

Σενάριο	Σενάρια πλήρωσης κενού με εκτροπή Αλφειού ποταμού και σταθερή τροφοδοσία ίση με το 1/3 της παροχής του (620.637 m <sup>3</sup> )			
	2 <sup>ο</sup>	8 <sup>ο</sup>	5 <sup>ο</sup>	11 <sup>ο</sup>
Περιγραφή	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 41 χρόνια (ιστορικά δεδομένα)	42,25 %	-	Πλήρωση κενού το 22 <sup>ο</sup> έτος από την έναρξη πλήρωσης με εκτροπή του ποταμού (1/3 της παροχής)	
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 533 χρόνια (ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές)	-	42,09 %		

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Πίνακας 13. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 20% της παροχής του ποταμού.

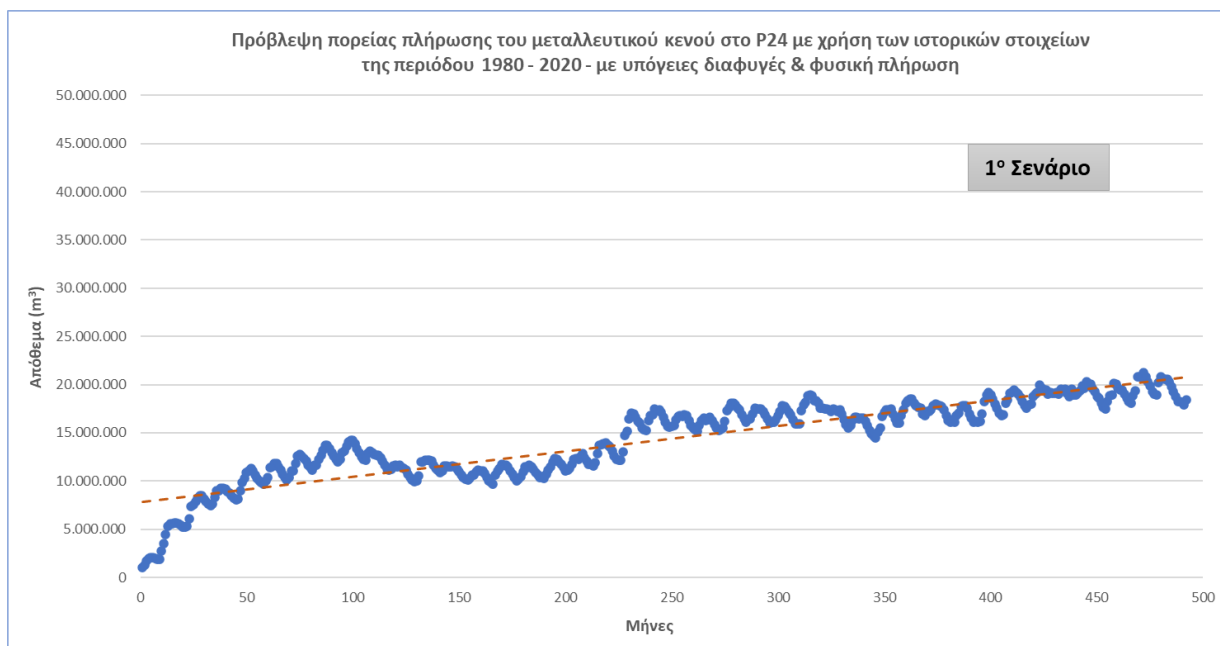
	Σενάρια πλήρωσης κενού με εκτροπή Αλφειού ποταμού και σταθερή τροφοδοσία ίση με το 20% της παροχής του (372.382 m <sup>3</sup> )			
Σενάριο	3 <sup>ο</sup>	9 <sup>ο</sup>	6 <sup>ο</sup>	12 <sup>ο</sup>
Περιγραφή	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 41 χρόνια (ιστορικά δεδομένα)	29,88 %	-	Πλήρωση κενού το 38 <sup>ο</sup> έτος από την έναρξη πλήρωσης με εκτροπή του ποταμού (20 % της παροχής)	
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 533 χρόνια (ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές)	-	29,77 %		

Η ανάπτυξη και εφαρμογή υδατικού ισοζυγίου για κάθε ένα από τα σενάρια που παρουσιάζονται στους Πίνακες, έδειξε ότι το κενό στο αντλιοστάσιο P24 δεν προβλέπεται να γεμίσει με φυσικό τρόπο ακόμα και μετά από πέντε αιώνες.

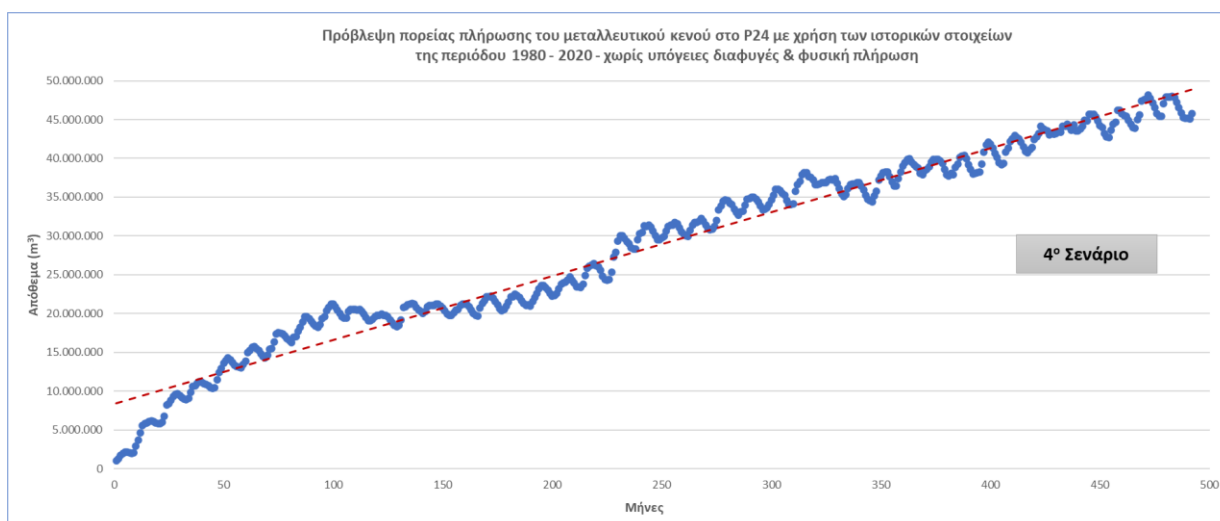
Αντίθετα, το κενό θα πληρωθεί με νερό έπειτα από μερικά χρόνια και σε περίοδο που αντιστοιχεί σε λιγότερο από έναν αιώνα, με εκτροπή του Αλφειού ποταμού ακόμα και ποσότητας που αντιστοιχεί στο 20% της μηνιαίας ποσότητας της παροχής του την ξηρή περίοδο και στην περίπτωση βέβαια που δεν παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές.

Στη συνέχεια, αποτυπώνεται σε Διαγράμματα η πορεία πλήρωσης του κενού στο αντλιοστάσιο P24 ανά σενάριο.

### Φυσική πλήρωση κενού στο Αντλιοστάσιο P24



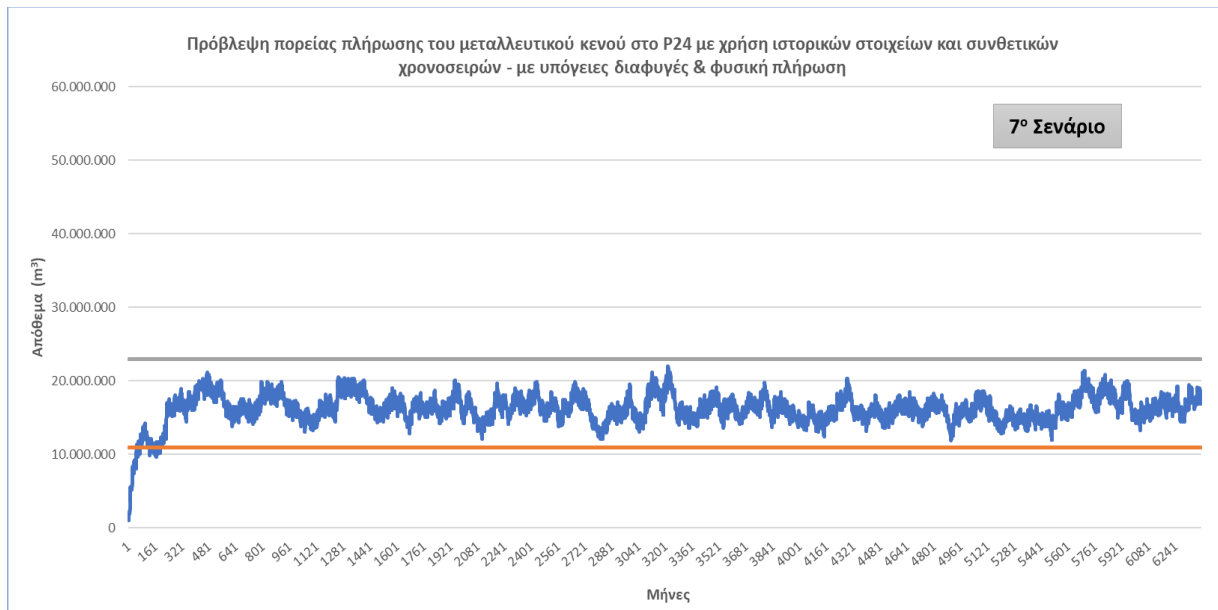
Εικόνα 58. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



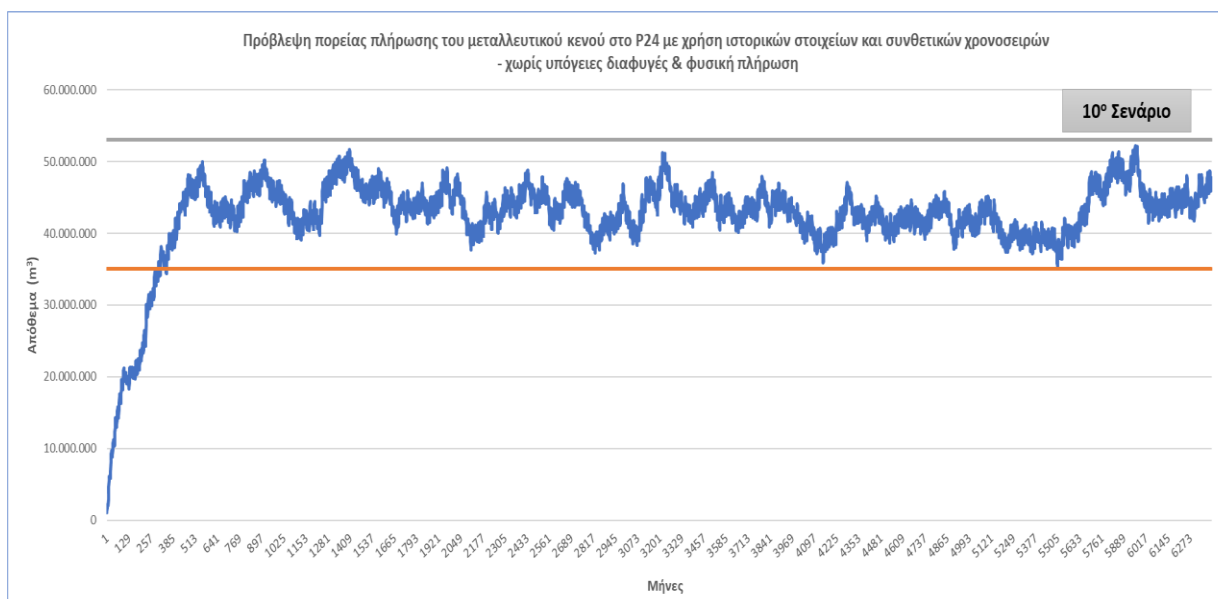
Εικόνα 59. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)

Από τις Εικόνες 58-59 φαίνεται ότι, η πλήρωση του κενού με νερό ακολουθεί αυξητική πορεία τα πρώτα χρόνια με μεγαλύτερο ρυθμό στην περίπτωση της απουσίας υπόγειας διαφυγής και, όπως είναι αναμενόμενο, με μεγαλύτερη ποσότητα νερού να διατηρείται στο κενό μετά το πέρας των σαράντα ένα (41) ετών.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 60. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)



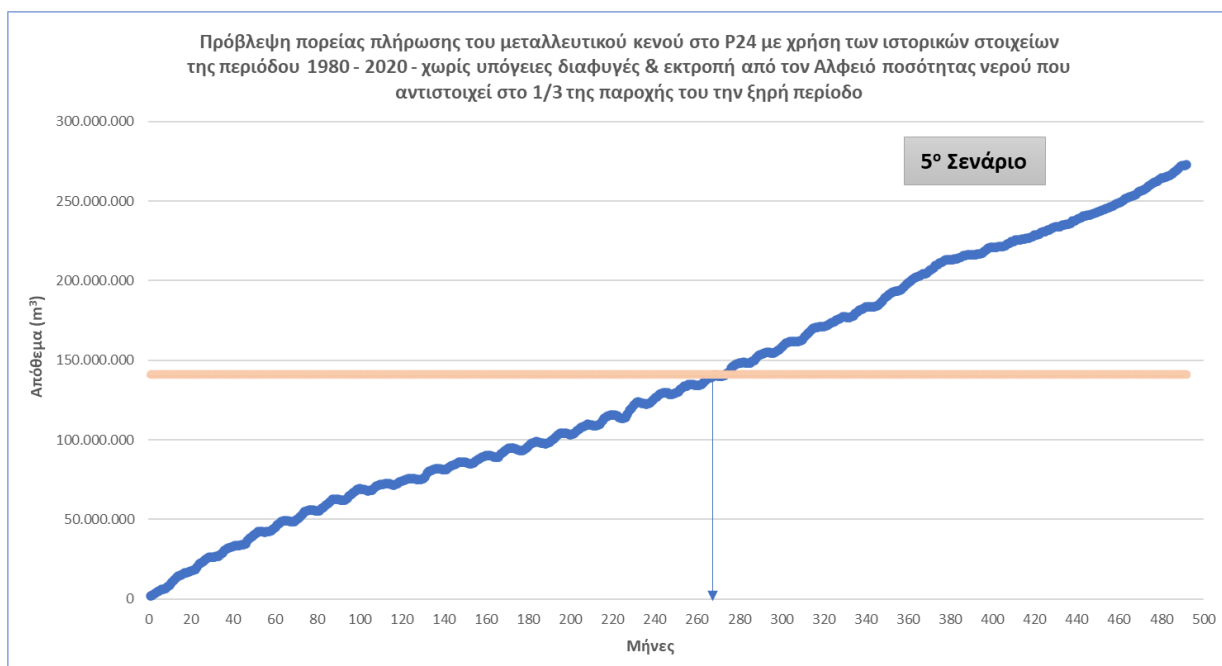
Εικόνα 61. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Από τα Διαγράμματα των Εικόνων 60 και 61, είναι εμφανές ότι τα επόμενα χρόνια, έπειτα από τα πρώτα περίπου σαράντα (40) χρόνια πλήρωσης, δεν αναμένεται να αυξηθεί ο όγκος του νερού που παραμένει στο κενό, στην περίπτωση πλήρωσης μόνο με φυσικές εισροές. Ο όγκος φαίνεται να κυμαίνεται μεταξύ δύο ακραίων τιμών, οι οποίες και στις δύο περιπτώσεις, υπόγειας διαφυγής και μη, είναι αρκετά μικρότερες από την χωρητικότητα αποθήκευσης σε νερό του κενού (περίπου 140.856.314 m<sup>3</sup>).

**Πλήρωση κενού στο Αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητας ίση με το 1/3 της παροχής του την ξηρή περίοδο (620.637 m<sup>3</sup>)**



Εικόνα 62. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)

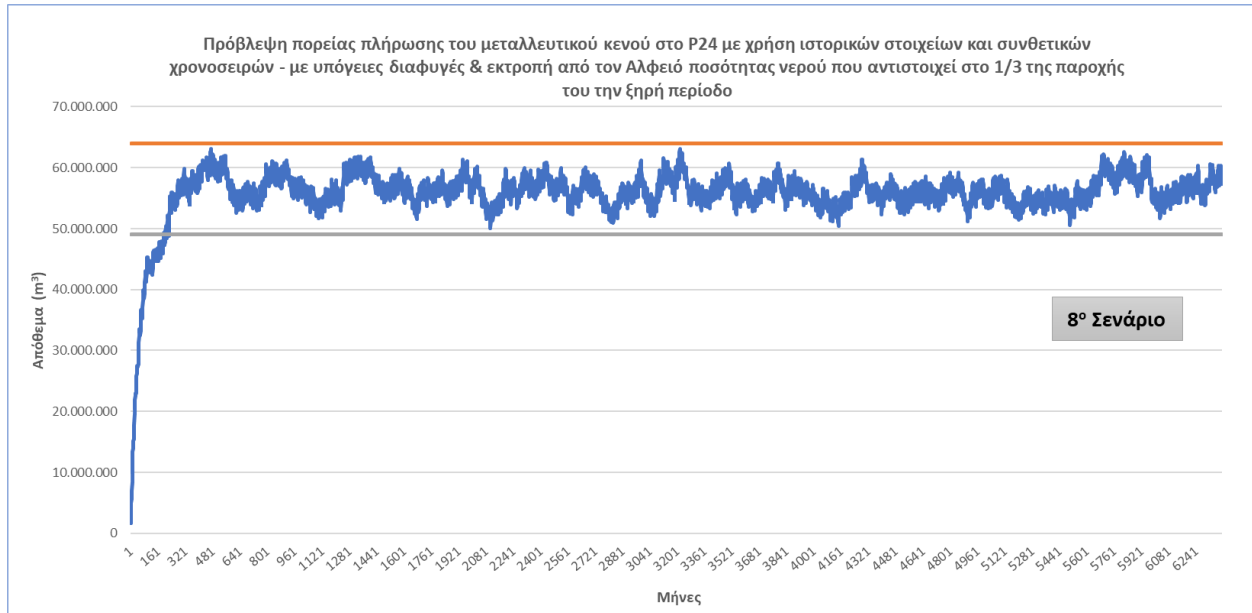


Εικόνα 63. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Με μηνιαία εκτροπή περίπου το 1/3 της παροχής της ξηρής περιόδου του ποταμού Αλφειού στο κενό, προβλέπεται η πλήρωσή του περίπου το 22<sup>ο</sup> έτος από την έναρξη της εκτροπής, στην περίπτωση που δεν παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές.



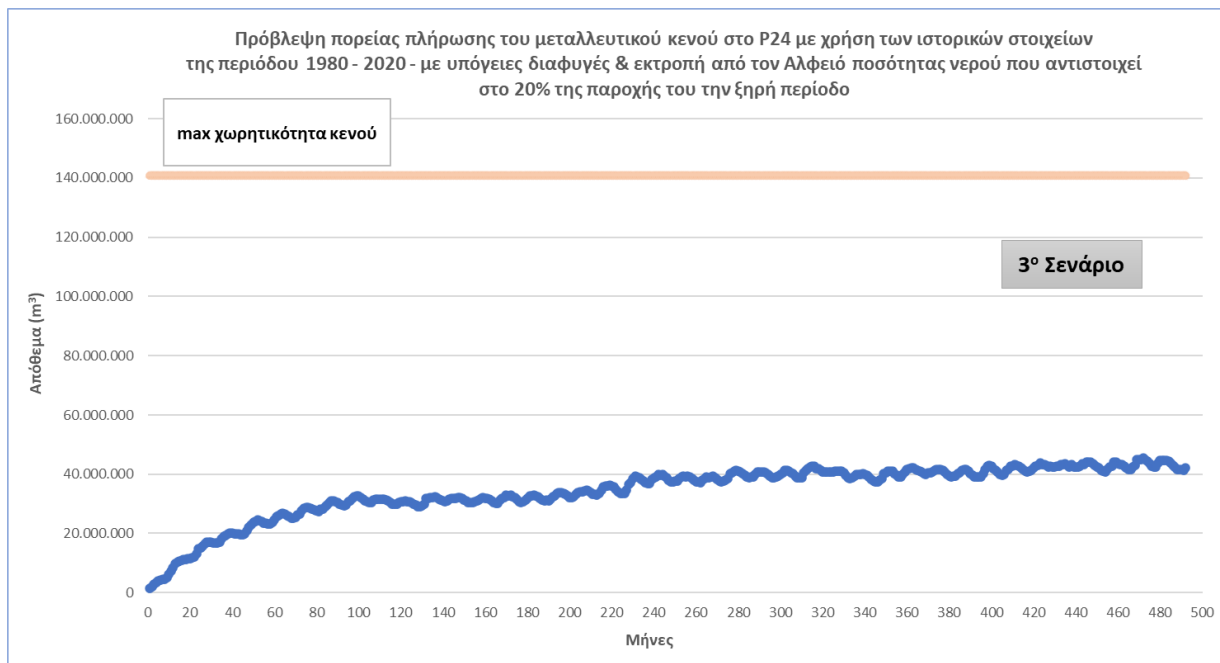
Εικόνα 64. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα υπόγεια διαφυγή του νερού, της τάξεως της 1% όπως λήφθηκε υπόψη κατά την ανάπτυξη του υδατικού ισοζυγίου, παρά την ενίσχυση των εισροών νερών με την εκτροπή του Αλφειού, προβλέπεται πλήρωση του κενού σε μικρό ποσοστό, το οποίο είναι λίγο μικρότερο από το μισό της χωρητικότητας του κενού.

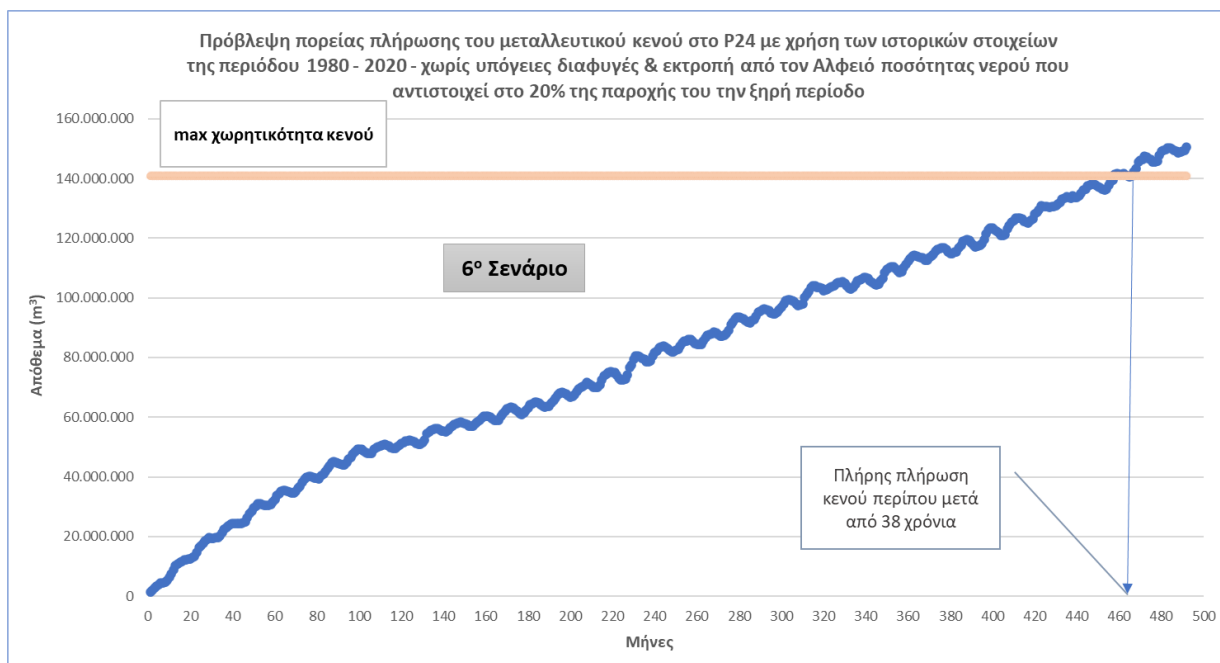
Στην περίπτωση απουσίας υπόγειας διαφυγής, όπως αναφέρθηκε και ως άνω, το κενό γεμίζει με νερό στο μέγιστο της στάθμης του σε περίπου 22 χρόνια και συνεπώς δεν παρουσιάζεται το Διάγραμμα που αντιστοιχεί στην πορεία πλήρωσης του κενού με νερό για σύνολο 533 έτη.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

**Πλήρωση κενού στο Αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητας ίση με το 20% της παροχής του την ξηρή περίοδο (372.382 m<sup>3</sup>)**



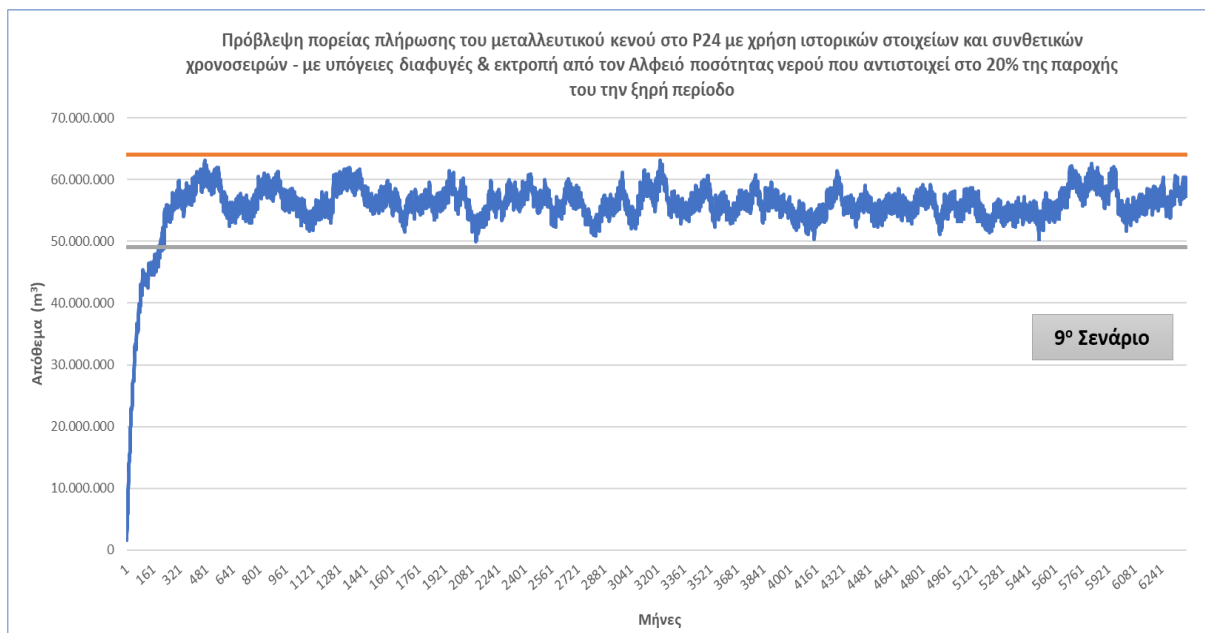
Εικόνα 65. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



Εικόνα 66. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)

## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Με μηνιαία εκτροπή περίπου του 20% της παροχής της ξηρής περιόδου του ποταμού Αλφειού στο κενό, προβλέπεται η πλήρωση του κενού μόνο όταν δεν παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές στην περιοχή μελέτης, όπως ακριβώς και στην περίπτωση εκτροπής περίπου του 1/3 της παροχής. Όταν υφίστανται υπόγειες διαφυγές, ο όγκος του νερού στο κενό σταθεροποιείται σε ένα εύρος τιμών, το οποίο κυμαίνεται λίγο περισσότερο από το 1/3 του όγκου του νερού που αντιστοιχεί στη μισή χωρητικότητα του κενού. Στην περίπτωση που δεν παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές, αναμένεται η πλήρωση του κενού περίπου το 38<sup>ο</sup> έτος από την έναρξη της εκτροπής του ποταμού.



Εικόνα 67. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού στο αντλιοστάσιο P24 με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα υπόγεια διαφυγή του νερού, της τάξεως της 1% όπως λήφθηκε υπόψη κατά την ανάπτυξη του υδατικού ισοζυγίου, παρά την ενίσχυση των εισροών νερών με την εκτροπή του Αλφειού, προβλέπεται πλήρωση του κενού σε αρκετά μικρό ποσοστό, το οποίο ανέρχεται περίπου στα 30% της συνολικής χωρητικότητας του κενού.

Στην περίπτωση απουσίας υπόγειας διαφυγής, όπως αναφέρθηκε και ως άνω, το κενό γεμίζει με νερό στο μέγιστο της στάθμης του σε περίπου 38 χρόνια και συνεπώς δεν παρουσιάζεται το Διάγραμμα που αντιστοιχεί στην πορεία πλήρωσης του κενού με νερό για σύνολο 533 έτη.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

#### 4.1.2.2 Υδατικό ισοζύγιο πλήρωσης μεταλλευτικού κενού του Ορυχείου Χωρεμίου

Εκτιμάται το υδατικό ισοζύγιο πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού που προβλέπεται να παραμείνει μετά το πέρας εργασιών εξόρυξης στο Ορυχείο Χωρεμίου για κάθε ένα από τα δώδεκα σενάρια.

Στους παρακάτω Πίνακες αποτυπώνονται ποσοστά πλήρωσης του κενού για κάθε σενάριο που εξετάζεται.

Πίνακας 14. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου στην περίπτωση πλήρωσης με φυσικό τρόπο.

Σενάριο	Σενάρια πλήρωσης κενού με φυσική πλήρωση			
	1 <sup>ο</sup>	7 <sup>ο</sup>	4 <sup>ο</sup>	10 <sup>ο</sup>
Περιγραφή	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 41 χρόνια (ιστορικά δεδομένα)	9,04 %	-	24,07 %	-
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 533 χρόνια (ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές)	-	8,95 %	-	27,08 %

Πίνακας 15. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού

Σενάριο	Σενάρια πλήρωσης κενού με εκτροπή Αλφειού ποταμού και σταθερή τροφοδοσία ίση με το 1/3 της παροχής του (620.637 m <sup>3</sup> )			
	2 <sup>ο</sup>	8 <sup>ο</sup>	5 <sup>ο</sup>	11 <sup>ο</sup>
Περιγραφή	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 41 χρόνια (ιστορικά δεδομένα)	23,99 %	-	Πλήρωση κενού το 31 <sup>ο</sup> έτος από την έναρξη πλήρωσης με εκτροπή του ποταμού (1/3 της παροχής)	
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 533 χρόνια (ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές)	-	23,83 %		

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

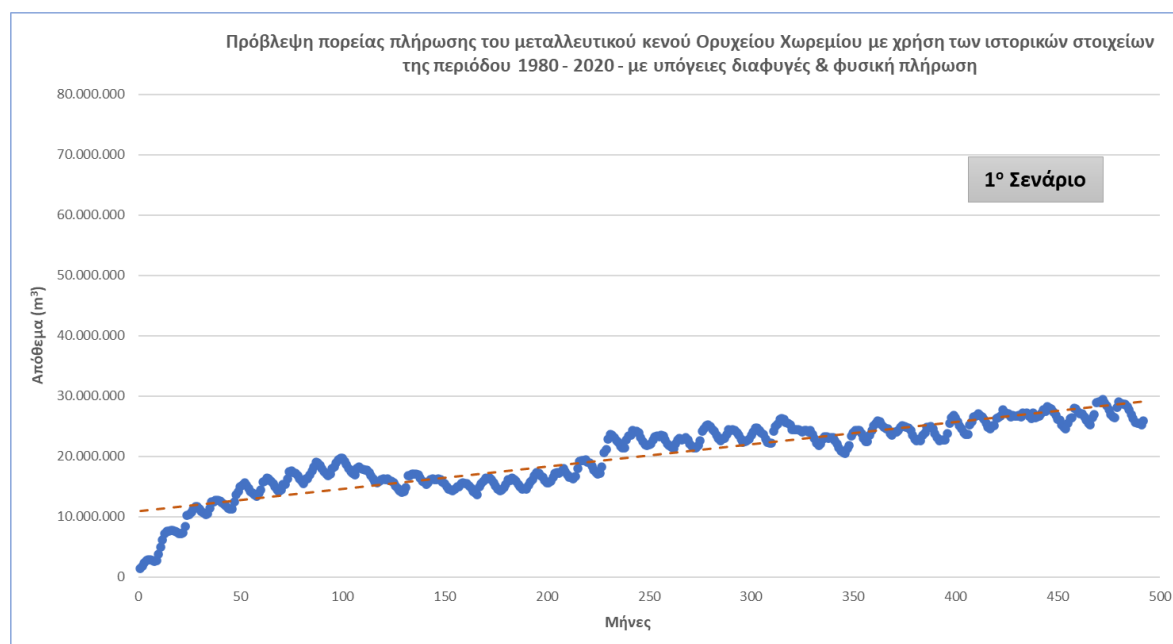
Πίνακας 16. Ποσοστά πλήρωσης με νερό του κενού στο Ορυχείο Χωρεμίου στην περίπτωση εκτροπής του Αλφειού και μηνιαία τροφοδοσία ίση με το 20% της παροχής του ποταμού

Σενάριο	Σενάρια πλήρωσης κενού με εκτροπή Αλφειού ποταμού και σταθερή τροφοδοσία ίση με το 20% της παροχής του (372.382 m <sup>3</sup> )			
	3 <sup>ο</sup>	9 <sup>ο</sup>	6 <sup>ο</sup>	12 <sup>ο</sup>
Περιγραφή	ιστορικά δεδομένα υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα χωρίς υπόγειες διαφυγές	ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές χωρίς υπόγειες διαφυγές
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 41 χρόνια (ιστορικά δεδομένα)	17,62 %	-	76,61 %	-
Ποσοστό πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού μετά από 533 χρόνια (ιστορικά δεδομένα & συνθετικές χρονοσειρές)	-	17,50 %	-	Πλήρωση κενού το 46 <sup>ο</sup> έτος από την έναρξη πλήρωσης με εκτροπή του ποταμού (20 % της παροχής)

Από τη σύγκριση των Πινάκων, είναι εμφανές ότι, η πλήρωση του κενού τόσο στο Αντλιοστάσιο P24 όσο και του μεγαλύτερου κενού που αντιστοιχεί στο Ορυχείο Χωρεμίου, ακολουθεί στην ίδια πορεία. Πλήρωση κενού με νερό, επιτυγχάνεται μόνο στην περίπτωση εκτροπής του ποταμού Αλφειού και στα σενάρια που δεν παρατηρείται υπόγεια διαφυγή του νερού.

Στα παρακάτω Διαγράμματα αποτυπώνεται η πορεία πλήρωσης του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου για κάθε ένα από τα σενάρια που εξετάστηκαν.

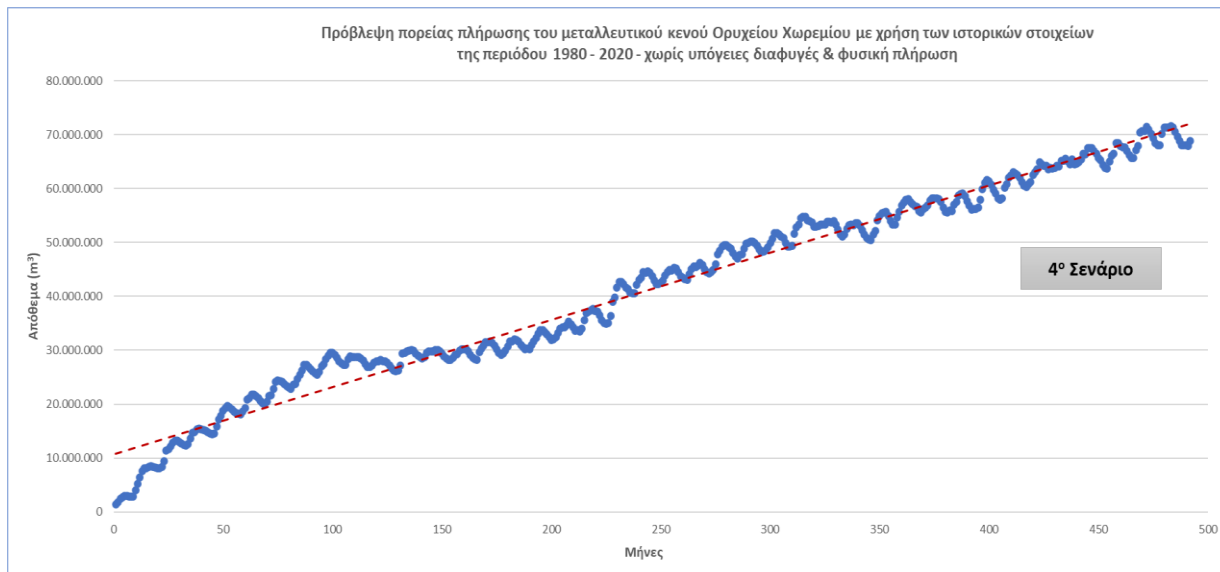
### Φυσική πλήρωση κενού του Ορυχείου Χωρεμίου





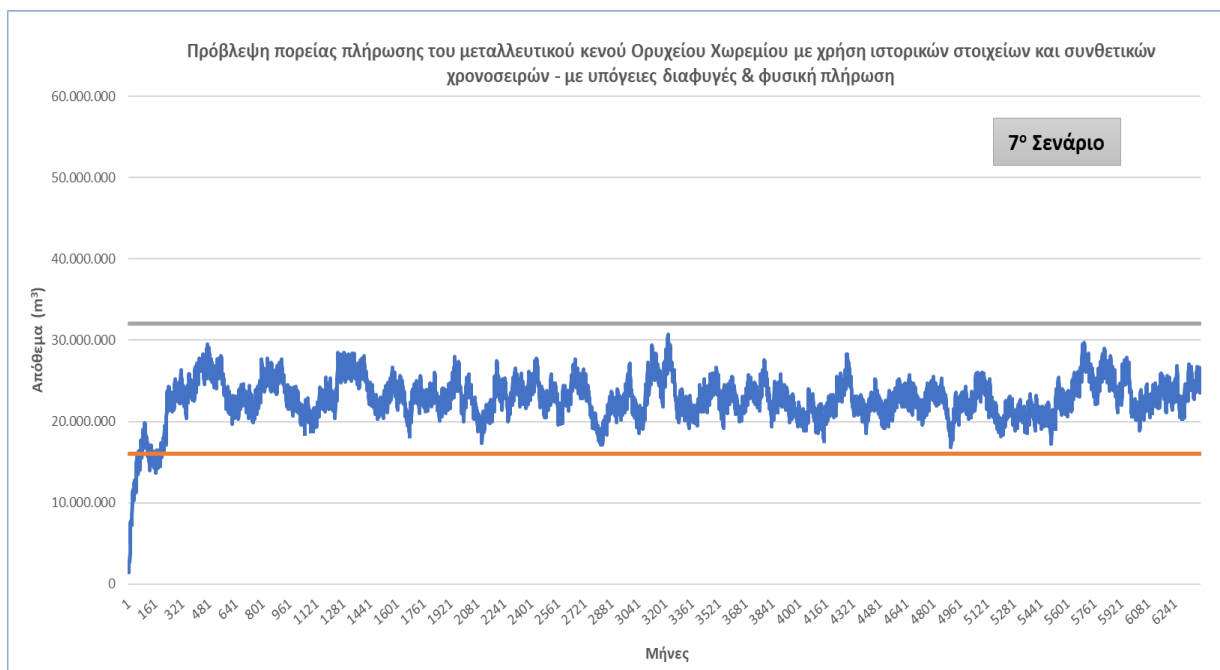
## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Εικόνα 68. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



Εικόνα 69. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)

Από τα Διαγράμματα φαίνεται ότι, η πλήρωση του κενού με νερό ακολουθεί αυξητική πορεία τα πρώτα χρόνια με μεγαλύτερο ρυθμό στην περίπτωση της απουσίας υπόγειας διαφυγής.



Εικόνα 70. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

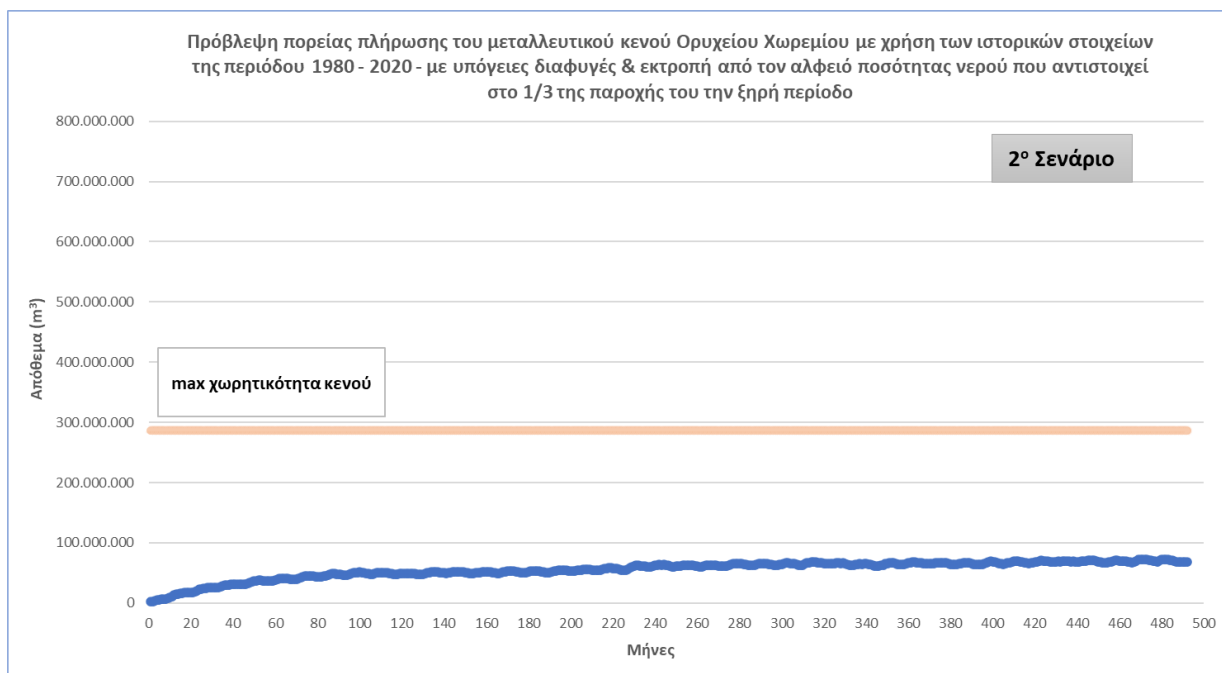
## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



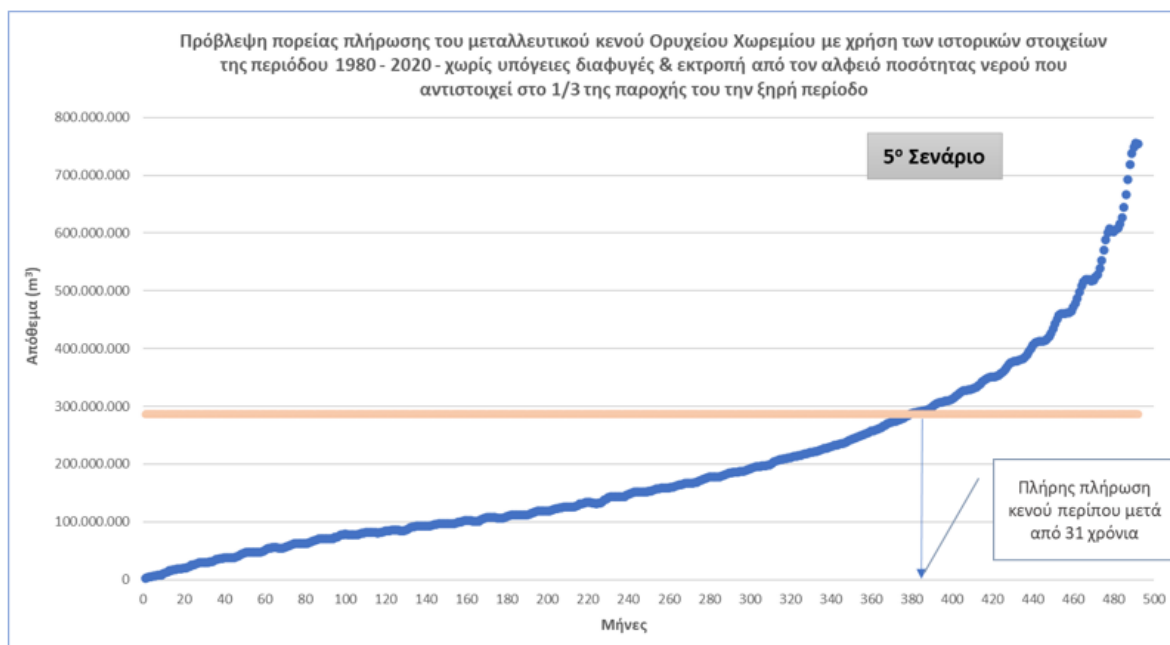
Εικόνα 71. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εισροές επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Από τα Διαγράμματα των Εικόνων 70 και 71, είναι εμφανές ότι τα επόμενα χρόνια, έπειτα από τα πρώτα περίπου σαράντα (40) χρόνια πλήρωσης, δεν αναμένεται να αυξηθεί ο όγκος του νερού που παραμένει στο κενό, στην περίπτωση πλήρωσης μόνο με φυσικές εισροές. Ο όγκος φαίνεται να κυμαίνεται μεταξύ δύο ακραίων τιμών, οι οποίες και στις δύο περιπτώσεις, υπόγειας διαφυγής και μη, είναι αρκετά μικρότερες από την χωρητικότητα αποθήκευσης σε νερό του κενού (περίπου 285.891.246 m<sup>3</sup>).

**Πλήρωση κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητας ίση με το 1/3 της παροχής του την ξηρή περίοδο (620.637 m<sup>3</sup>)**



Εικόνα 72. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



Εικόνα 73. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)

## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Με μηνιαία εκτροπή περίπου το 1/3 της παροχής της ξηρής περιόδου του ποταμού Αλφειού στο κενό, προβλέπεται η πλήρωσή του περίπου το 31<sup>ο</sup> έτος από την έναρξη της εκτροπής, στην περίπτωση που δεν παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές.



Εικόνα 74. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 1/3 της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα υπόγεια διαφυγή του νερού, της τάξεως της 1% όπως λήφθηκε υπόψη κατά την ανάπτυξη του υδατικού ισοζυγίου, παρά την ενίσχυση των εισροών νερών με την εκτροπή του Αλφειού, προβλέπεται πλήρωση του κενού σε μικρό ποσοστό, το οποίο είναι λίγο μικρότερο από το μισό της χωρητικότητας του κενού.

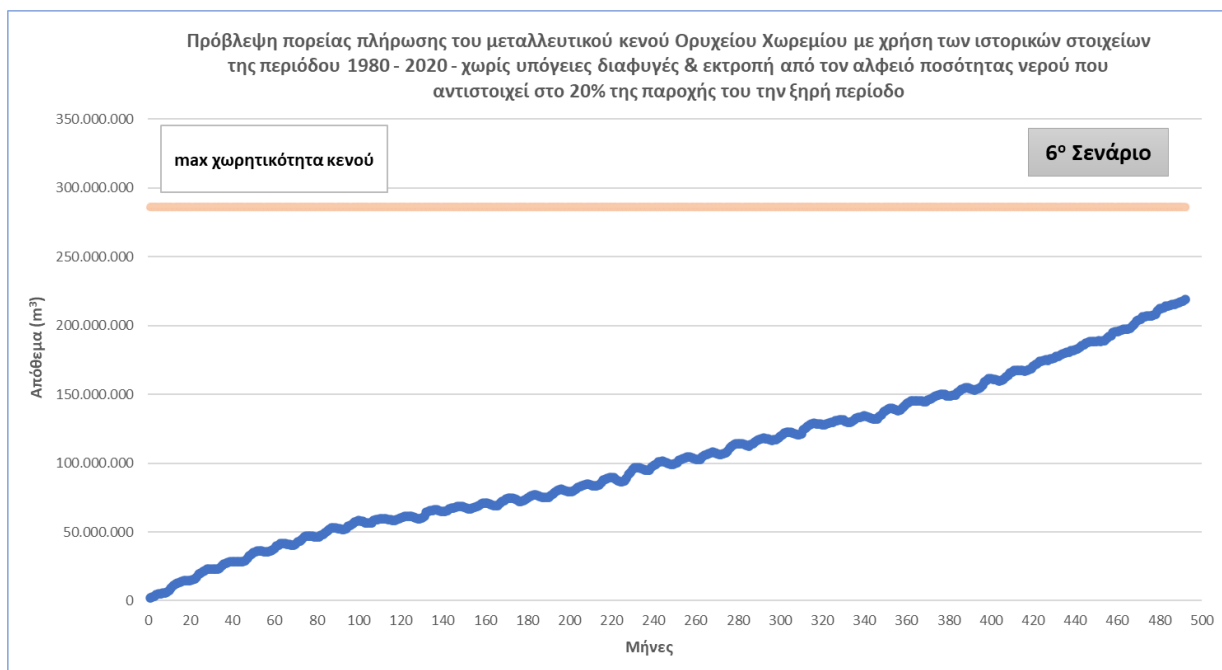
Στην περίπτωση απουσίας υπόγειας διαφυγής, όπως αναφέρθηκε και ως άνω, το κενό γεμίζει με νερό στο μέγιστο της στάθμης του σε περίπου 31 χρόνια και συνεπώς δεν παρουσιάζεται το Διάγραμμα που αντιστοιχεί στην πορεία πλήρωσης του κενού με νερό για σύνολο 533 έτη.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

**Πλήρωση κενού του Ορυείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητας ίση με το 20% της παροχής του την ξηρή περίοδο (372.382 m<sup>3</sup>)**



Εικόνα 75. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



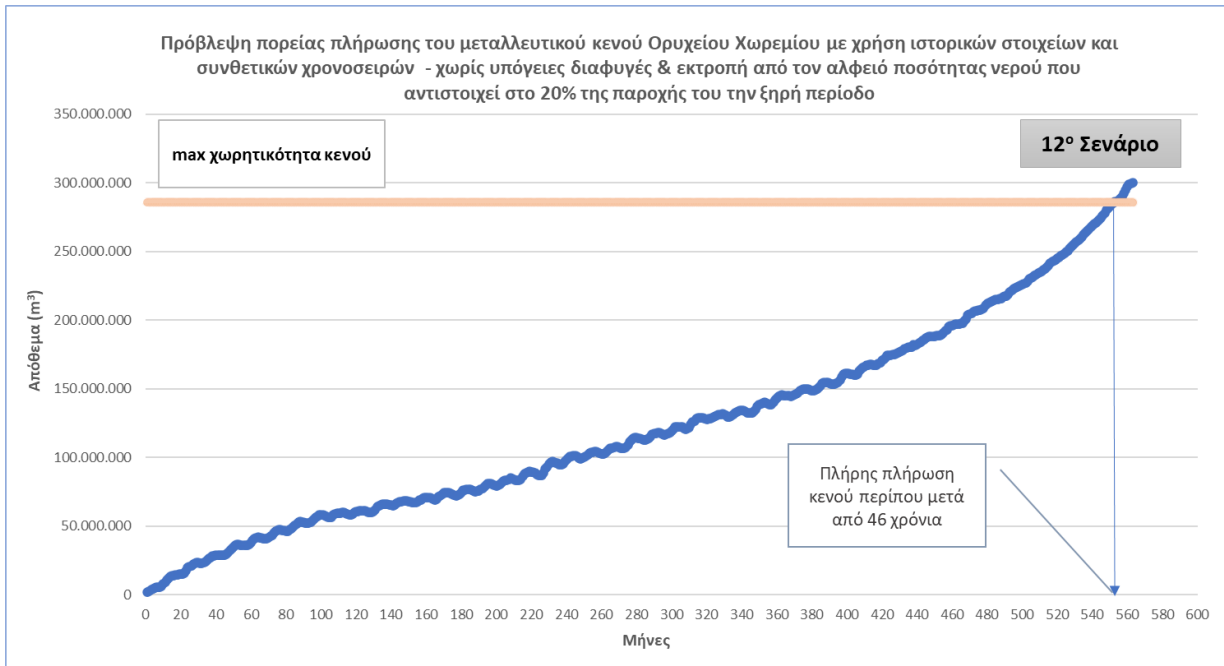
Εικόνα 76. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων (41 έτη)



## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Με μηνιαία εκτροπή περίπου του 20% της παροχής της ξηρής περιόδου του ποταμού Αλφειού στο κενό, φαίνεται ότι η πλήρωση του κενού έως την ανώτατη στάθμη, δεν αναμένεται να πραγματοποιηθεί στα πρώτα 41 χρόνια για τα οποία υπάρχουν ιστορικά δεδομένα.

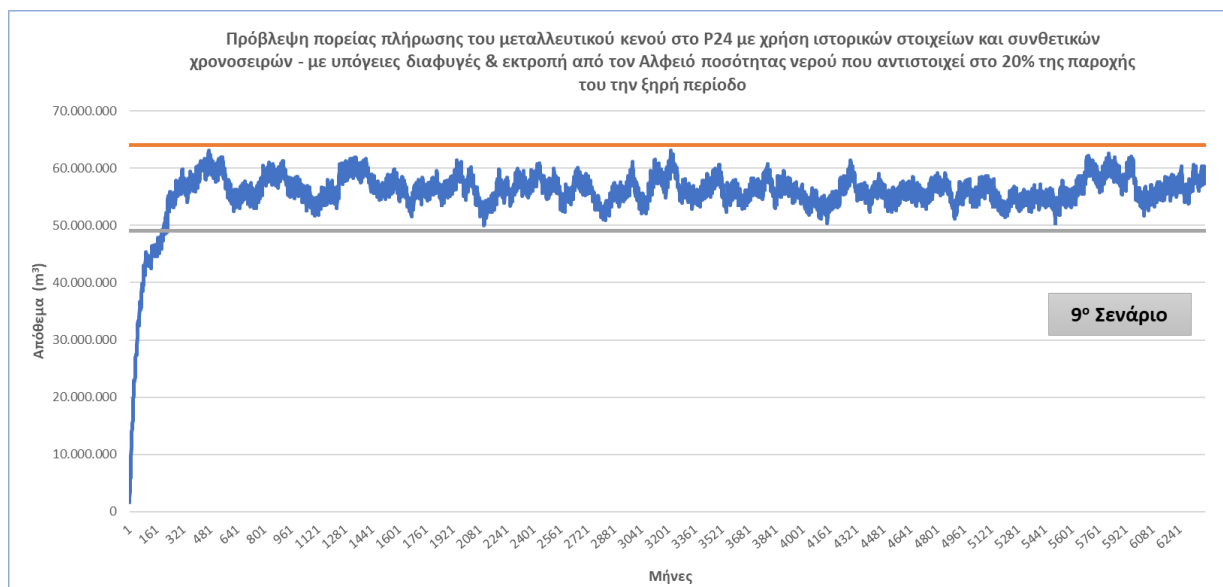
Στην περίπτωση υπόγειων διαφυγών, η πλήρωση του κενού σταματά στα περίπου 50.000.000 m<sup>3</sup>, ενώ στην περίπτωση που δεν υφίστανται υπόγειες διαφυγές, ο όγκος του νερού που παραμένει στο κενό αυξάνει και σύμφωνα με την Εικόνα 78, φαίνεται ότι κάποια στιγμή, το κενό θα πληρωθεί στο μέγιστο με νερό.



Εικόνα 77. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση που δεν υφίσταται υπόγεια διαφυγή νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Με μηνιαία εκτροπή περίπου το 20% της παροχής της ξηρής περιόδου του ποταμού Αλφειού στο κενό, προβλέπεται η πλήρωσή του έπειτα από περίπου 46 χρόνια από την έναρξη της εκτροπής, στην περίπτωση που δεν παρατηρούνται υπόγειες διαφυγές.

## Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 78. Πορεία πλήρωσης με νερό του κενού του Ορυχείου Χωρεμίου με εκτροπή από τον Αλφειό ποσότητα νερού ίση με το 20% της παροχής του ποταμού την ξηρή περίοδο στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής νερού - Εξέταση ιστορικών στοιχείων και συνθετικών χρονοσειρών (σύνολο 533 έτη)

Στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα υπόγεια διαφυγή του νερού, της τάξεως της 1% όπως λήφθηκε υπόψη κατά την ανάπτυξη του υδατικού ισοζυγίου, παρά την ενίσχυση των εισροών νερών με την εκτροπή του Αλφειού, προβλέπεται πλήρωση του κενού σε αρκετά μικρό ποσοστό, το οποίο ανέρχεται περίπου στα 18% της συνολικής χωρητικότητας του κενού.

## Κεφάλαιο 5. Αξιολόγηση αποτελεσμάτων και συμπεράσματα

Από την εκτίμηση των υδατικών ισοζυγίων που αναπτύχθηκαν προκειμένου να διερευνηθεί η πλήρωση του κενού στο Αντλιοστάσιο P24 και του μεγαλύτερου μεταλλευτικού κενού που θα παραμείνει μετά την ολοκλήρωση των εξορυκτικών εργασιών στο Ορυχείο του Χωρεμίου, διαπιστώθηκε ότι:

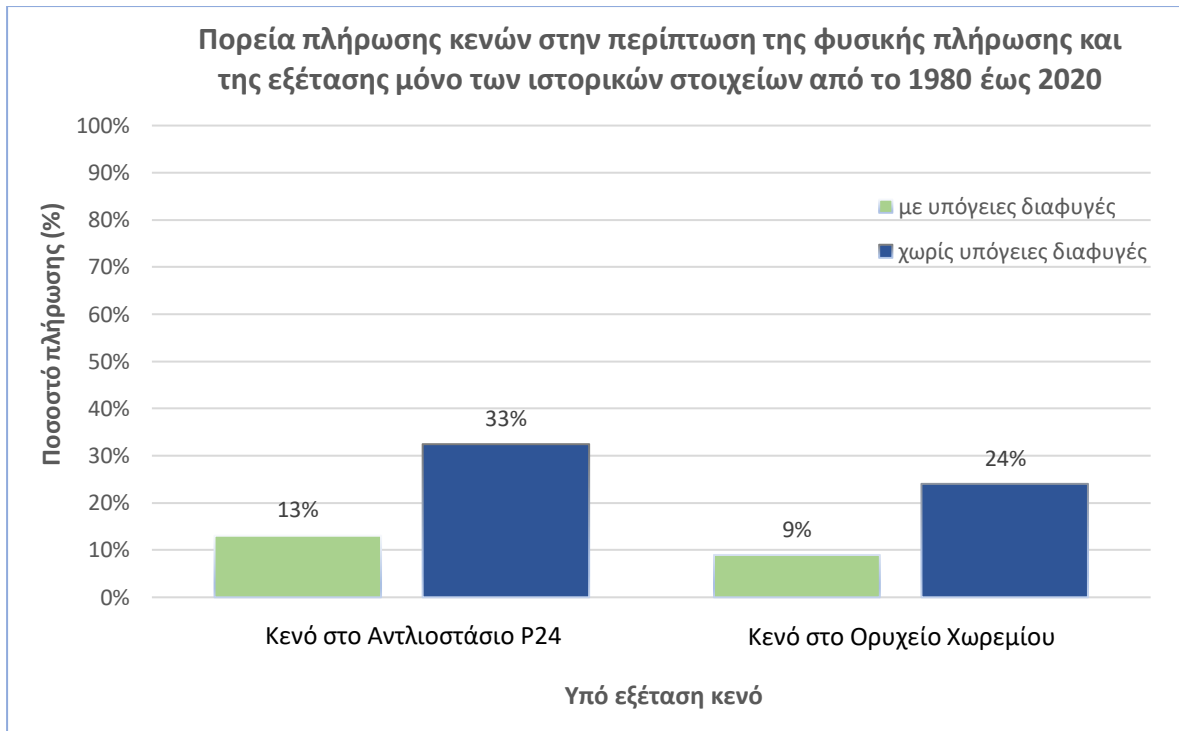
- ✓ Ο τρόπος και η πορεία πλήρωσης των δύο μεταλλευτικών κενών λαμβάνουν χώρα με παρόμοιο τρόπο.
- ✓ Τα αριθμητικά αποτελέσματα, τα οποία εξήχθησαν, είναι λίγο διαφορετικά, όπως θα περίμενε κανείς, δεδομένου ότι τα κενά διαφέρουν αρκετά ως προς τις διαστάσεις τους (όγκος και επιφάνεια κενού).
- ✓ ο τελικός όγκος του κενού που προβλέπεται για το Ορυχείο Χωρεμίου είναι περίπου  $285.891.246 \text{ m}^3$ , εν αντιθέσει με εκείνον του κενού στο Αντλιοστάσιο P24, το οποίο δεν ξεπερνά το  $140.856.314 \text{ m}^3$ . Και τα δύο κενά ξεκινούν να γεμίζουν με αρκετά γρήγορους ρυθμούς τα πρώτα χρόνια (περίπου τα πρώτα 40 χρόνια), παρά το γεγονός ότι η βροχόπτωση υπολείπεται της εξάτμισης.
- ✓ Οι επιφανειακές απορροές από τα πλευρικά τοιχώματα του κενού, φαίνεται να είναι εκείνες που συντελούν στη γρήγορη πλήρωσή τους.
- ✓ Ο ρυθμός πλήρωσης των κενών με νερό φαίνεται να είναι αρκετά μεγάλος στην περίπτωση που δεν λαμβάνουν χώρα υπόγειες απώλειες.
- ✓ σύμφωνα με τη ΔΕΗ και την αξιολόγηση των γεωλογικών σχηματισμών, που παρουσιάζονται στην περιοχή, οι υπόγειες διαφυγές θεωρούνται μηδενικές.

Στο πλαίσιο όμως της παρούσας εργασίας, προκειμένου να εξεταστεί και η περίπτωση των υπόγειων διαφυγών, οι οποίες δύναται να παρουσιαστούν λόγω πιθανής μελλοντικής αλλαγής του γεωλογικού υποβάθρου, διερευνήθηκε και η πορεία πλήρωσης των κενών στην περίπτωση υπόγειας διαφυγής της τάξεως του 1%.

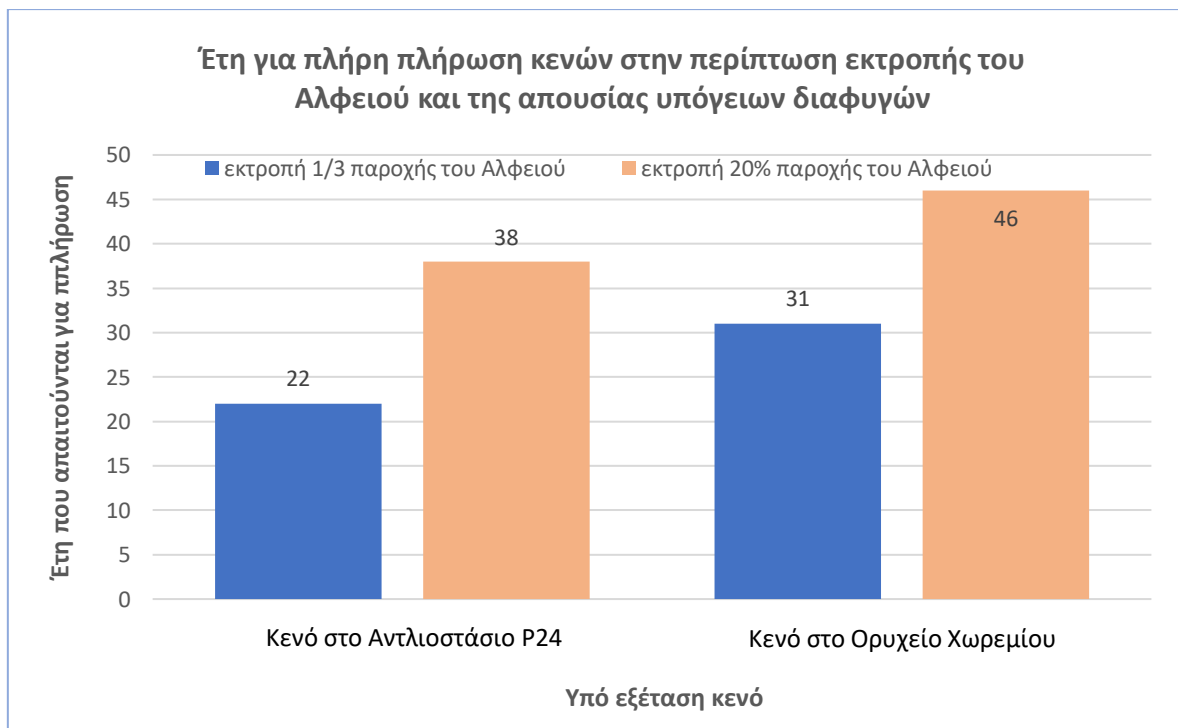
Οι ύπαρξη υπόγειων διαφυγών παίζει καθοριστικό ρόλο στην πλήρωση του κενού, καθώς στην περίπτωση που αυτές λαμβάνουν χώρα, κανένα από τα δύο κενά δεν αναμένεται να γεμίζει, ακόμα και με την τροφοδοσία του κενού με νερό από τον ποταμό Αλφειό, μέσω εκτροπής του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε όλα τα σενάρια που εξετάστηκαν, πέραν των περιπτώσεων όπου τελικά επιτυγχάνεται η πλήρωση του κενού έως το μέγιστο σημείο, δηλαδή εκείνο που πέραν του οποίου αρχίζει να εμφανίζεται υπερχειλίση, η στάθμη του υψομέτρου του νερού στη λίμνη φαίνεται ότι, μετά από 40 χρόνια πλήρωσης, υφίσταται μόνο μικρές διακυμάνσεις και δεν μεταβάλλεται σημαντικά. Η πιθανότητα πλήρωσης έως τη μέγιστη στάθμη, διαφαίνεται από την εξέταση των πρώτων 50 ετών. Ακόμα και μετά την παρέλευση εκατοντάδων ετών, το ποσοστό πλήρωσης των κενών με νερό διαφέρει μόνο σε δεκαδικά.

Επίσης, κανένα από τα δύο κενά που εξετάστηκαν δεν αναμένεται να γεμίσει με νερό πάνω από 35% (περίπτωση απουσίας υπόγειων διαφυγών) όταν οι εισροές σε αυτό προέρχονται μόνο από επιφανειακές απορροές και βροχοπτώσεις (Εικόνα 80). Αντίθετα, με εκτροπή του ποταμού Αλφειού στο κενό φαίνεται ότι επιτυγχάνεται γρήγορη πλήρωση αυτού, μέσα σε μερικές δεκάδες χρόνια. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του νερού από τον Αλφειό που εισρέει στο κενό, είναι εμφανές, ότι τόσο πιο γρήγορα θα επιτευχθεί και η πλήρωσή του (Εικόνα 80).



Εικόνα 79. Πορεία πλήρωσης των δύο υπό εξέταση κενών στην περίπτωση φυσικής πλήρωσης με τη χρήση των ιστορικών στοιχείων της περιόδου 1980 – 2020 (τα ποσοστά πλήρωσης είναι της ίδιας τάξης μεγέθους και πολύ κοντά με εκείνα που προκύπτουν με επιπλέον τη χρήση των συνθετικών χρονοσειρών)



Εικόνα 80. Προβλεπόμενα έτη πλήρωσης των δύο υπό εξέταση κενών στην περίπτωση εκτροπής του ποταμού Αλφειού και απουσίας υπόγειων διαφυγών

## Κεφάλαιο 6. Επίλογος

Η δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών αποτελεί ένα πολυπαραγοντικό πρόβλημα με πολλές συνιστώσες. Η σωστή και τακτική παρακολούθηση της στάθμης της λίμνης, των κλιματικών στοιχείων, των υπόγειων εισροών ή εκροών κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των λιμνών, είναι οι κρισιμότεροι παράμετροι για την καλύτερη εκτίμηση και υπολογισμό της πλήρωσης του τελικού κενού. Οι μεταλλευτικές λίμνες είναι σε μια δυναμική κατάσταση καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξής τους, οπότε η συνεχής συλλογή δεδομένων ώστε να τροφοδοτούνται τα μοντέλα πρόβλεψης, διασφαλίζει την καλύτερη δυνατότητα πρόβλεψης για τον τελικό όγκο πλήρωσης ή την ποιότητα των νερών της. Τα δεδομένα αυτά, θα πρέπει να αξιολογούνται με τα ανάλογα κλιματικά δεδομένα και τις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές σε κάθε περιοχή.

Η εκτίμηση της δυνατότητας πλήρωσης του μεταλλευτικού κενού, η οποία εξετάζεται στην παρούσα Μεταπτυχιακή εργασία, αποτελεί την πρώτη φάση δημιουργίας των μεταλλευτικών λιμνών. Η οικολογική ισορροπία και η διατήρηση της μεταλλευτικής λίμνης, έπονται της φάσης αυτής. Στη συνέχεια, πρέπει να εξετάζονται η γεωχημική κατάσταση της λίμνης, καθώς και να γίνεται πρόβλεψη αυτής σε βάθος χρόνου, προκειμένου να διασφαλίζεται η ποιότητα των νερών και κατ' επέκταση η αξιοποίηση της λίμνης ως υδάτινος αποδέκτης (εξυπηρέτηση τουριστικών και αλιευτικών αναγκών, χρήση της ως ταμιευτήρα, κ.λπ.).

Η δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών αποτελεί μια βιώσιμη και αναπτυξιακή λύση μετά το πέρας της εκμετάλλευσης και κατά την αποκατάσταση εξοφλημένων ορυχείων, αρκεί να γίνεται με σωστό προγραμματισμό. Στην ιδανικότερη περίπτωση, η δημιουργία μεταλλευτικών λιμνών πρέπει να προετοιμάζεται, κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης, ώστε να εντοπίζονται οι πιθανοί κίνδυνοι μετά το πέρας αυτής και οι πιθανοί τρόποι που αυτοί θα μπορούσαν να επηρεάσουν τις υπό δημιουργία λίμνες.

Τα τελευταία χρόνια, οι μεταλλευτικές λίμνες περιγράφονται ολοένα και περισσότερο ως οικολογικά, κοινωνικά και οικονομικά πολύτιμα συστήματα στις περιοχές που αναπτύσσονται. Για παράδειγμα, οι μεταλλευτικές λίμνες μπορούν να αποτελέσουν έναν οικολογικό βιότοπο που είναι σχετικά σπάνιος σε πυκνοκατοικημένες χώρες ή σε άνυδρες περιοχές. Επίσης, η δημιουργία τέτοιων λιμνών μπορεί να αποτελέσει τόπο για ποικίλες ψυχαγωγικές δραστηριότητες, καθώς και πόλο τουριστικής έλξης. Τέλος, οι μεταλλευτικές λίμνες μπορούν να λειτουργήσουν ως υδατοταμιευτήρες εξυπηρετώντας ενεργειακούς σκοπούς, αλλά και να ικανοποιήσουν λοιπές ανάγκες μιας περιοχής, όπως για παράδειγμα τη γεωργία.

Η αξία της μεταλλευτικής λίμνης δύναται να έχει οικολογικές, οικονομικές, αλλά και κοινωνικές πτυχές για την κάθε περιοχή. Η εξέταση των παραγόντων αυτών σε συνδυασμό με τους κινδύνους και τα οφέλη της δημιουργίας και διατήρησης της μεταλλευτικής λίμνης, καθορίζουν την τελική αξία αυτής.



## Κεφάλαιο 7. Βιβλιογραφία

1. Sakellari C., Roumpos C., Louloudis G., Vasileiou E., *A Review about the Sustainability of Pit Lakes as a Rehabilitation Factor after Mine Closure*, Mater. Proc. 2021, 5(1):52, <https://doi.org/10.3390/materproc2021005052>
2. Younger P., Wolkersdorfer C., *Mining Impacts on the Fresh Water Environment: Technical and Managerial Guidelines for Catchment Scale Management*, Mine Water and the Environment (2004) 23: S2–S80 © IMWA Springer-Verlag 2004
3. ERMITE Consortium, *Mining Impacts on the Fresh Water Environment: Technical and Managerial Guidelines for Catchment-Focused Remediation*. In: Younger PL, Wolkersdorfer C (eds.), Mine Water and the Environment 2004, Suppl. Issue 1. Berlin: Springer
4. Castro, J., Moore, J., *Pit lakes: their characteristics and the potential for their remediation*, *Environmental Geology* 39, 1254–1260 (2000), <https://doi.org/10.1007/s002549900100>
5. Nils Hoth, Steffen Wagner, Frieder Häfner, *Predictive modelling of dump water impact on the surroundings of the lignite dump site Jämschwalde (Eastern Germany)*, *Journal of Geochemical Exploration*, Volume 73, Issue 2, 2001, Pages 113-121, ISSN 0375-6742, [https://doi.org/10.1016/S0375-6742\(01\)00192-3](https://doi.org/10.1016/S0375-6742(01)00192-3)
6. Wolkersdorfer Chr., *Water Management at Abandoned Flooded Underground Mines*, Book, Springer link, 2008
7. Castendyk, D.N. and Eary, L.E., eds., 2009, *Mine Pit Lakes: Characteristics, Predictive Modeling, and Sustainability: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc.*, Littleton, Colorado, p. 304, 2009
8. McCullough C.D., *Approaches to remediation of acid mine drainage water in pit lakes*. *Int. J. Mining, Reclamation, and Environment*, 2007, DOI: 10.1080/17480930701350127
9. McCullough C.D., Lund M.A., *Opportunities for sustainable mining pit lakes in Australia*, *Mine Water Environment* 25, 220-226, 2006
10. Gammons G.H./., Harris L.N., Castro J.M., Cott P.A, Hanna B.W., *Creating lakes from open pit minesQ processes and considerations, with emphasis on northern environments*, ResearchGate 2009
11. Stevens C.L., Lawrence G.A., *Stability and meromixis in a water-filled mine pit*, *Limnol. Oceanogr.* 43(5), 946-954, 1998
12. Hodges B.R., Imberger J., Saggio A., Winters K.B., *Modeling basin-scale internal waves in a stratified lake*, *Limnol. Oceanogr.* 45, 1603-1620, 2000.
13. Wetzel R.G., *Limnology: Lake and River Ecosystems*, 3rd ed. Academic Press, 2001
14. Schultze M., Vandenberg J., McCullough C.D. et al., *The future direction of pit lakes: part 1, Research needs*, *Mine Water Environment* 41, 533–543, 2022, DOI: 10.1007/s10230-022-00850-1
15. Vandenberg J., Schultze M., McCullough C.D., Castendyk D., *The Future Direction of Pit Lakes: Part 2, Corporate and Regulatory Closure Needs to Improve Management*, *Mine Water Environment*, 2022

16. Vandenberg J.A., McCullough C.D., *Key Issues in Mine Closure Planning for Pit Lakes*. In: Bolan NS, Kirkham MB, Ok YS (eds), *Spoil to Soil*, 1st edit. CRC Press, Boca Raton, pp 175–188, 2017
17. Andrew Johnstone, *Are Pitlakes an Environmentally Sustainable Closure Option for South African Mines?*, p. 469-476, IMWA 2019
18. McCullough C.D., Kumar R.N., Lund M.A., Newport M., Ballot E., Short D., *Riverine breach and subsequent decant of an acidic pit lake: evaluating the effects of riverine flow-through on lake stratification and chemistry*, International Mine Water Association (IMWA) Congress, Bunbury, Australia, 2012
19. McCullough, C. D., Schultze M. and Vandenberg, J., *Realising beneficial end uses from abandoned pit lakes*, Minerals 10: 133, 2020
20. Schultze M., Jolas P., Weber L., *Filling Remediation and Management of Pit Lakes by Using Mine Water – an Update*, 12th International Conference on Mine Closure, Leipzig, Germany, 2018
21. Charles Mborah, Kenneth J. Bansah & Mark K. Boateng, *Evaluating Alternate Post-Mining Land-Uses: A Review*, Environment and Pollution; Vol. 5, No. 1; 2016, Published by Canadian Center of Science and Education
22. European Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal*, COM(2019) 640 final, Brussels, 11.12.2019
23. European Commission, *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy Roadmap 2050*, COM(2011) 885 final, Brussels, 15.12.2011
24. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Απόφαση ΕΠΟ υπ' αρ. 34393, ημ. 08.09.2017, Απόφαση Ανανέωση – Τροποποίηση της υπ' αρ. 161692/06 Απόφαση Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων λειτουργίας του ΑΗΣ Μεγαλόπολης Β της ΔΕΗ Α.Ε. στη Μεγαλόπολη Αρκαδίας, καθώς και αναδιατύπωση αυτής
25. Υπουργείο Ανάπτυξης, Απόφαση υπ' αρ. Α.Π.Δ5/Β/Φ1/οικ. 1085 (ΦΕΚ 92/Β/31.01.2002), Όροι και περιορισμοί ενιαίας άδειας παραγωγής που χορηγείται στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε.
26. Εθνική Επιτροπή Υδάτων, Απόφαση υπ' αρ. Ε.Γ.: οικ. 898 (ΦΕΚ 4678/Β/29.12.2017), Έγκριση της 1ης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Δυτικής Πελοποννήσου και της αντίστοιχης Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων
27. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Υπουργείο Οικονομικών, Απόφαση υπ' αριθμ. ΔΕΠΕΑ/οικ. 178581 (ΦΕΚ 2367/Β/12.07.2017), Έγκριση Κανονισμού Ενεργειακής Απόδοσης Κτιρίων
28. Κυβερνητικό Σύμβουλο Οικονομικής Πολιτικής, Απόφαση υπ' αριθμ. 4 (ΦΕΚ 4893/Β/31.12.2019), Κύρωση του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα (ΕΣΕΚ)
29. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, *Επικαιροποιημένο Master Plan Δίκαιης Αναπτυξιακής Μετάβασης των λιγνιτικών περιοχών*, Συντονιστική Επιτροπή ΣΔΑΜ, Αθήνα 2020
30. Πρόεδρος Ελληνικής Δημοκρατίας, Απόφαση υπ' αριθμ. 4936 (ΦΕΚ 105/Α/27.05.2022), Εθνικός Κλιματικός Νόμος - Μετάβαση στην κλιματική ουδετερότητα και προσαρμογή στην κλιματική

*αλλαγή, επείγουσες διατάξεις για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης και την προστασία του περιβάλλοντος*

31. ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ Α.Ε., Adens, *Επικαιροποίηση της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) των ορυχείων της Μεγαλόπολης*, Αθήνα 2022
32. ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ Α.Ε., Adens, *Περιβαλλοντική αδειοδότηση χώρου απόθεσης βιομηχανικών αποβλήτων για τη διάθεση μίγματος τέφρας γύψου και γύψου των ΑΗΣ Μεγαλόπολης στην περιοχή του εξαντλημένου ορυχείου Θωκνίας*, Αθήνα 2022
33. ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ Α.Ε., Adens, *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Λειτουργίας της Μονάδας III της ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΑΕ*, Αθήνα 2018
34. ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ Α.Ε., Adens, *Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Λειτουργίας της Μονάδας IV της ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ ΑΕ*, Αθήνα 2018
35. Λουλούδης Γ., Κασφίκης Γ., Μερτήρη Ε., *Πορεία Αποστράγγισης Ορυχείων Μεγαλόπολης & Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων στο Υδατικό Σύστημα κατά το έτος 2020*, ΔΕΗ Α.Ε./ΔΛΥΛΠ/ΤΥΜ, Αθήνα 2021
36. Λουλούδης Γ., Κασφίκης Γ., Μερτήρη Ε., *Πορεία Αποστράγγισης Ορυχείων Μεγαλόπολης & Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων στο Υδατικό Σύστημα, 2019*, ΔΕΗ Α.Ε./ΔΛΥΛΠ/ΤΥΜ, Αθήνα 2020
37. Έκθεση Βιώσιμης Ανάπτυξης 2020, ΔΕΗ
38. Ιστοσελίδα Δήμος Μεγαλόπολης, <https://megalopoli.gov.gr/>
39. Δημητρακοπούλου Σ., *Διερεύνηση δυνατότητας δημιουργίας λιμνών στις περιοχές των Ορυχείων Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο*, Πτυχιακή εργασία, Τομέας Γεωλογικών ερευνών, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, ΕΜΠ, 2010
40. ΔΕΗ Α.Ε., *Δ/ση Μελετών και Ανάπτυξης Ορυχείων*, Καρράς Β., *Ευστάθεια πρανών των Ορυχείων ΛΚΜ*, Αθήνα 2001
41. ΔΕΗ Α.Ε., *Δ/ση Κεντρικής Υποστήριξης Ορυχείων*, Τομέας Υδρογεωλογικών Μελετών, Δημητρακόπουλος Δ., *Αναθεώρηση μελέτης προστασίας Ορυχείων Κυπαρισσίων Μεγαλόπολης από τα υπόγεια νερά*, Αθήνα 1993
42. Λιάκουρα Α., Τερζοπούλου Ε., *Περιβαλλοντική και υδρογεωλογική μελέτη πεδίου Κυπαρισσίων*, *Διπλωματική εργασία ΕΜΠ*, Αθήνα 1991
43. Τσιφτσής Ε., *Γεωτεκτονικός – Υδρογεωλογικός χάρτης Δημητσάνας – Μεγαλόπολης, 1:25.000*, έκδοση ΙΓΜΕ, 1986
44. PPC (Power Corporation of Greece), *WATERCHEM – Optimization of Mine Water Discharge by Monitoring of Geochemical Processes and Development of Measures to Protect Aquifers and Active Mining Ares from Mine Water Contamination*, REFCSQ RESEARCH FUND FOR CIAL AND STEEL. Research contract: No RFC-CR-03006 (10/2003\*2/2007), 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup>, 5<sup>th</sup>, 6<sup>th</sup>, final technical reports by PPC, Research fund for coal and steel, Brussels 2007
45. ΑΔΜΗΕ, *Μεσοσταθμική Τιμή Αγοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας στο Διασυνδεδεμένο Σύστημα*, 2022
46. Μπαλτάς Ε., *Αν. Καθηγητής ΕΜΠ, Εξαμισοδιαπνοή*, Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, <http://users.ntua.gr/dkoutso/courses/hydrometeo/2012BaltasEvap.pdf>

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

## Παράρτημα Α

Δεδομένα βροχόπτωσης στο ΜΣ του ΑΗΣ Μεγαλόπολης

ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΟΥ ΑΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ (mm)												
ΕΤΟΣ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
1980	194,39	181,67	207,91	144,58	58,39	106,24	68,62	44,82	27,89	0,48	3,91	27,24
1981	41,29	179,29	309,06	193,89	71,99	32,56	40,16	46,50	17,87	16,46	9,61	33,00
1982	63,00	164,98	177,03	46,60	93,14	116,25	87,81	40,30	2,55	0,82	7,02	4,79
1983	36,59	213,50	197,51	27,25	81,23	43,29	17,63	4,44	26,39	12,63	1,60	12,56
1984	6,05	96,36	111,76	120,19	147,74	86,22	99,47	1,68	2,21	0,20	14,84	10,74
1985	92,26	172,87	24,82	235,39	64,52	109,88	57,59	5,58	4,82	0,65	0,34	5,46
1986	159,76	33,02	144,45	187,44	209,42	67,99	26,20	28,70	15,96	0,61	19,25	2,42
1987	96,27	172,61	64,94	123,78	145,39	163,87	49,63	6,94	1,79	21,56	19,52	11,82
1988	23,05	183,63	76,08	150,69	117,46	100,64	51,09	5,64	1,17	1,30	2,04	19,94
1989	66,01	88,54	50,04	4,83	19,09	28,30	65,08	14,95	4,60	1,55	1,48	38,58
1990	58,33	139,24	338,39	11,89	57,66	3,09	42,24	14,84	4,08	2,10	1,88	16,46
1991	77,77	125,02	46,66	31,94	63,48	42,13	53,64	41,60	0,87	4,53	36,29	2,76
1992	29,70	75,33	84,08	12,46	24,89	66,30	31,83	12,83	17,29	11,66	8,41	19,60
1993	9,61	223,41	119,42	36,13	108,19	72,72	40,24	55,98	13,45	0,45	0,63	11,15
1994	68,82	96,40	119,63	89,91	123,03	30,39	67,04	21,49	1,55	8,34	2,02	1,68
1995	4,69	131,52	113,12	151,10	17,68	93,11	15,08	23,95	0,85	14,13	14,26	73,11
1996	74,68	128,19	127,37	102,14	137,99	113,30	40,50	11,86	22,67	1,00	3,12	70,40
1997	107,50	235,50	197,50	55,00	27,50	89,00	120,50	0,00	7,50	9,00	71,50	22,00
1998	51,50	207,00	398,50	59,50	52,50	71,50	14,50	54,50	21,50	0,00	39,00	45,50
1999	43,50	246,00	147,00	127,50	301,50	175,50	71,50	36,50	24,00	78,00	0,00	37,90
2000	73,50	65,00	153,50	61,00	169,00	29,00	95,50	34,50	0,00	3,50	12,00	61,50
2001	20,00	168,80	148,50	118,00	72,00	46,00	117,50	60,00	17,00	0,00	45,00	41,00
2002	95,50	168,00	278,50	75,00	13,50	70,00	105,00	25,50	2,50	30,50	51,00	70,00
2003	124,10	37,80	155,50	105,20	131,80	67,70	35,40	20,00	64,50	1,80	20,80	8,30
2004	69,30	93,60	128,50	153,50	35,40	63,00	63,00	25,30	26,20	22,10	12,10	86,30
2005	56,20	322,60	172,10	124,50	161,30	46,40	31,60	30,40	45,70	0,00	4,30	71,40
2006	49,60	56,00	24,30	99,80	180,90	88,20	57,50	1,00	96,40	67,70	1,90	80,70
2007	94,80	162,00	106,70	10,80	92,60	56,40	38,50	122,40	20,00	0,00	0,00	11,80
2008	21,60	163,10	119,90	32,40	17,00	89,50	65,20	19,40	18,10	9,30	20,40	24,30
2009	215,70	173,60	165,80	287,70	121,80	118,90	82,00	98,60	11,70	4,00	20,40	66,50
2010	133,30	54,50	68,80	100,40	102,40	58,20	2,20	45,10	66,40	94,40	0,00	42,30
2011	96,80	0,00	179,10	134,80	79,30	55,00	52,50	70,80	34,80	0,00	4,50	52,50
2012	54,30	52,10	208,30	101,80	184,90	74,60	86,80	36,80	0,00	33,50	18,10	99,00
2013	76,90	278,20	109,20	302,20	192,90	118,30	34,70	10,70	11,00	26,40	8,70	42,70
2014	122,10	64,30	208,00	181,00	72,80	129,40	28,00	57,50	54,50	18,00	20,50	40,80
2015	67,40	66,80	7,40	86,10	89,70	221,50	11,00	64,50	114,20	45,60	149,00	65,40
2016	116,90	157,80	1,50	152,60	41,50	86,80	4,30	34,80	257,90	1,60	118,30	108,80
2017	28,80	196,10	157,94	173,60	26,90	45,50	12,40	23,10	11,60	96,90	6,50	12,10
2018	25,34	219,52	136,13	69,18	296,29	58,56	5,59	61,16	108,63	36,30	15,14	14,96
2019	56,75	307,00	179,12	341,13	61,78	65,61	169,90	28,31	25,16	32,39	5,70	42,57
2020	54,61	7,45	144,10	14,05	36,90	75,71	39,20	12,69	1,00	21,42	9,43	83,32

Υποσημείωση: Η τιμή βροχόπτωσης του Δεκεμβρίου του 2020, λόγω έλλειψής της, ελήφθη υπόψη ότι είναι ίση με το μέσο όρο των μηνιαίων τιμών Δεκεμβρίου των προηγούμενων ετών.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Δεδομένα θερμοκρασίας στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΕΜΥ ΣΤΗΝ ΤΡΙΠΟΛΗ (°C)												
Έτος	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒΡ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ
1980	15,09	11,51	6,07	3,79	4,30	7,40	9,93	14,60	21,17	25,25	24,21	19,51
1981	16,85	7,92	8,84	2,68	5,48	10,48	12,24	15,68	23,15	23,30	23,41	20,28
1982	15,44	9,07	6,60	6,32	3,25	6,48	11,24	15,96	22,95	23,65	23,90	21,36
1983	13,47	9,97	6,70	4,54	3,89	7,71	14,00	18,43	19,95	23,29	22,88	19,58
1984	16,58	10,49	5,82	6,20	5,77	7,18	9,78	18,42	21,78	24,29	22,01	20,42
1985	12,65	11,66	7,52	6,10	5,38	7,96	13,41	19,09	22,91	24,73	24,62	20,76
1986	14,41	8,02	4,22	6,46	6,22	8,40	13,80	16,54	21,30	24,59	24,78	20,52
1987	14,16	10,00	6,72	6,96	6,52	3,82	11,28	15,87	22,99	26,59	24,61	22,48
1988	14,14	7,60	6,27	7,03	5,91	7,87	11,85	18,46	23,23	27,68	25,33	20,42
1989	13,21	9,42	7,12	3,38	6,04	9,84	14,98	16,16	21,03	23,92	25,00	20,55
1990	16,34	11,59	6,73	3,35	6,66	10,14	12,94	16,98	23,47	26,16	23,47	20,69
1991	16,08	9,85	2,20	4,19	5,41	9,47	10,63	14,41	23,35	23,78	22,58	20,27
1992	17,39	10,39	4,44	3,81	3,23	6,12	12,13	15,56	21,07	23,03	25,34	19,37
1993	16,97	9,26	8,56	4,70	2,41	7,75	12,90	16,48	22,56	25,40	25,71	21,03
1994	16,69	9,55	5,78	7,65	6,25	10,27	13,34	18,86	22,34	24,81	26,75	23,54
1995	12,84	8,01	8,48	6,25	8,69	7,29	11,00	17,68	24,57	22,80	22,92	19,37
1996	12,94	10,22	7,68	4,95	5,64	4,98	9,84	18,25	22,08	24,47	23,67	18,48
1997	13,40	10,32	6,50	5,95	5,82	6,48	8,50	18,58	22,84	24,95	20,98	18,18
1998	16,01	9,81	4,60	5,41	6,92	5,45	15,19	18,28	24,44	27,91	26,51	19,75
1999	12,30	4,93	2,53	4,58	4,12	8,24	12,97	18,79	23,70	24,34	24,75	16,86
2000	11,50	10,39	4,49	-0,43	4,00	7,03	10,99	13,94	19,56	23,69	21,75	15,27
2001	13,14	4,45	1,21	4,29	6,37	13,73	10,01	17,02	22,57	25,04	23,39	18,77
2002	14,00	11,25	6,24	1,78	6,74	5,45	8,41	16,63	21,22	23,73	21,30	15,13
2003	16,73	10,62	5,80	7,48	1,58	5,80	10,53	19,19	23,84	26,10	25,24	19,87
2004	16,60	10,06	7,13	4,34	5,92	8,15	11,88	15,59	22,01	25,09	24,31	19,62
2005	13,63	9,23	6,45	4,71	3,62	9,13	11,99	18,11	21,39	25,73	24,66	19,93
2006	14,94	9,10	6,25	3,17	5,89	9,03	13,75	18,27	22,05	23,20	25,70	19,82
2007	15,65	10,17	5,31	7,12	6,23	9,48	12,57	18,34	24,43	27,31	26,37	20,24
2008	15,10	11,65	6,57	5,32	5,35	10,42	14,01	17,98	24,07	26,05	26,50	19,96
2009	14,76	9,86	8,84	6,99	4,99	8,15	12,56	18,43	23,22	26,16	24,34	19,41
2010	14,19	13,06	8,23	5,53	7,89	9,98	13,91	19,65	22,24	24,42	26,94	20,50
2011	12,27	7,44	5,45	5,24	6,06	7,35	11,39	16,02	21,45	26,44	24,68	21,31
2012	16,27	11,16	6,01	2,76	3,01	8,31	13,75	17,14	24,58	26,39	25,98	23,06
2013	14,42	10,27	5,15	5,54	7,47	9,98	13,67	19,52	22,52	23,87	25,59	21,14
2014	14,51	10,28	7,54	7,27	8,39	9,63	12,65	15,93	23,24	24,16	25,11	19,84
2015	14,83	11,38	5,18	4,87	4,40	8,44	12,91	18,32	20,59	25,21	24,36	22,56
2016	14,50	9,47	3,87	5,66	10,19	9,84	15,90	17,72	23,88	25,19	24,59	18,92
2017	13,72	9,63	5,33	3,20	6,20	9,70	12,84	18,04	23,82	25,99	25,97	20,44
2018	14,54	11,09	4,87	6,20	6,90	10,98	15,43	18,71	21,62	24,24	23,56	21,64
2019	16,85	11,84	6,53	2,97	5,96	9,70	11,18	17,10	22,81	24,56	26,42	21,41
2020	16,16	10,17	8,16	4,25	7,07	9,61	12,40	18,43	21,16	24,93	24,80	22,13

Υποσημείωση: Οι μηνιαίες τιμές χρησιμοποιήθηκαν ως δόθηκαν από την ΕΜΥ, με την υποσημείωση ότι στο σύνολο των μηνιαίων τιμών που αφορούν στα έτη 1980 έως και 2020, υπάρχουν ελλείψεις συνεχόμενων ή έως και 10 διάσπαρτων ημερήσιων τιμών.



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Δεδομένα ταχύτητας ανέμου στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΕΜΥ ΣΤΗΝ ΤΡΙΠΟΛΗ (m/s)												
Έτος	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒΡ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ
1980	3,22	2,55	4,69	4,43	5,17	4,27	5,31	6,06	4,48	4,68	5,73	3,92
1981	3,52	3,56	6,13	5,89	4,55	3,77	3,86	4,40	4,56	5,53	7,54	3,44
1982	4,14	4,34	5,35	3,73	3,93	5,07	3,58	2,75	4,31	4,34	4,05	3,62
1983	2,58	3,17	2,28	5,73	5,85	5,23	2,94	4,29	3,91	2,43	3,29	3,22
1984	2,42	4,00	3,75	2,25	2,47	4,19	3,27	3,45	4,79	5,94	3,34	3,66
1985	3,81	3,57	2,94	5,39	5,93	5,20	5,92	4,74	4,38	5,77	6,57	4,45
1986	3,45	3,36	4,10	4,76	4,89	4,98	4,45	3,68	3,21	3,13	4,14	4,24
1987	3,17	2,36	2,63	7,09	4,56	4,35	6,26	4,39	3,87	4,59	4,00	3,28
1988	5,10	4,65	4,78	4,42	5,49	6,37	4,01	4,37	5,04	5,45	4,55	3,98
1989	3,51	3,23	3,63	4,59	6,16	5,11	5,20	4,18	4,30	4,94	5,20	3,75
1990	2,14	2,24	1,27	2,93	6,86	5,11	4,29	2,54	3,87	3,24	2,34	2,32
1991	2,65	2,79	5,73	2,72	2,95	3,22	2,77	3,67	3,75	3,85	2,27	2,32
1992	4,29	2,97	5,09	3,36	4,91	5,81	4,68	4,49	3,19	4,18	4,54	4,10
1993	3,81	4,00	4,18	4,94	5,77	4,57	4,44	2,90	2,93	4,78	5,44	4,57
1994	3,11	4,38	2,35	5,22	3,96	5,75	6,03	3,83	5,48	7,21	7,18	4,00
1995	4,78	2,63	4,55	4,79	4,21	6,32	3,83	4,45	4,39	4,33	3,86	3,64
1996	1,71	1,93	2,35	3,12	4,40	4,24	3,44	3,56	3,38	2,51	2,80	3,35
1997	2,91	2,82	3,12	2,57	3,17	5,01	3,59	3,82	2,79	4,65	2,76	2,02
1998	4,10	4,92	5,78	2,10	2,71	5,31	7,08	7,68	7,53	9,50	9,50	7,69
1999	3,90	5,57	6,87	4,64	5,44	5,45	6,65	5,63	6,49	6,13	6,01	4,51
2000	4,12	4,31	4,15	6,16	5,58	7,26	6,05	4,68	5,22	6,42	6,62	5,98
2001	3,65	4,39	4,25	4,26	6,38	5,24	4,01	3,30	4,97	3,85	4,60	4,51
2002	2,08	1,50	1,88	1,47	3,08	3,06	3,02	3,31	4,59	3,47	3,62	2,05
2003	2,77	1,18	1,26	3,55	3,17	2,35	2,32	1,42	2,47	2,54	3,75	2,97
2004	2,55	2,04	0,75	2,18	1,63	2,43	2,62	2,34	2,13	4,11	2,57	3,20
2005	2,66	1,45	2,77	2,86	3,95	3,16	4,61	3,75	2,10	3,37	3,99	3,39
2006	4,53	2,91	2,52	4,16	5,19	4,65	3,69	3,86	4,75	5,40	4,19	4,24
2007	2,75	3,17	3,17	3,54	3,65	3,91	2,62	3,87	4,14	5,21	5,70	3,95
2008	3,38	2,57	3,39	3,33	4,56	6,46	4,81	4,07	5,62	4,38	4,19	2,77
2009	3,60	2,25	3,00	2,86	4,61	4,87	4,34	4,22	4,90	4,88	5,21	2,45
2010	3,26	4,75	3,11	4,98	6,04	5,20	6,30	4,20	4,15	3,70	4,38	3,22
2011	4,74	3,33	0,00	2,18	4,58	5,50	6,06	5,31	4,11	5,50	6,10	4,87
2012	2,71	3,19	3,82	4,97	4,48	3,99	6,23	6,49	6,07	5,51	5,42	4,18
2013	2,82	3,09	3,18	3,84	4,98	6,12	4,69	5,06	4,97	3,50	5,89	4,15
2014	3,22	3,02	2,36	2,72	3,14	4,58	4,87	4,94	4,39	4,45	3,54	4,14
2015	3,81	2,64	1,97	4,50	5,09	5,23	5,39	4,36	4,19	4,82	4,67	3,38
2016	3,85	3,00	3,87	4,12	4,93	2,20	2,96	4,96	4,78	3,39	3,96	3,18
2017	3,78	3,20	3,93	4,23	5,23	4,41	4,29	5,36	3,14	4,51	5,37	4,52
2018	2,52	3,46	2,68	3,85	5,41	6,25	3,59	4,08	3,90	3,03	3,98	3,97
2019	4,20	3,23	3,27	3,95	5,27	5,89	4,32	5,78	4,38	5,52	5,66	4,83
2020	3,74	4,52	3,67	4,22	5,37	4,83	5,43	4,36	5,07	3,80	3,77	5,34

Υποσημείωση: Οι μηνιαίες τιμές χρησιμοποιήθηκαν ως δόθηκαν από την ΕΜΥ, με την υποσημείωση ότι στο σύνολο των μηνιαίων τιμών που αφορούν στα έτη 1980 έως και 2020, υπάρχουν ελλείψεις συνεχόμενων ή έως και 10 διάσπαρτων ημερήσιων τιμών.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Δεδομένα σχετικής υγρασίας στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΗΣ ΜΗΝΙΑΙΑΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΕΜΥ ΣΤΗΝ ΤΡΙΠΟΛΗ (%)												
Έτος	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒΡ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ
1980	74,75	73,63	73,81	80,71	75,48	75,45	65,10	61,43	46,57	42,30	51,30	63,29
1981	67,54	68,83	75,34	76,62	69,39	62,91	63,80	63,44	48,58	49,06	47,89	56,18
1982	68,01	72,17	74,65	71,15	74,24	76,39	67,33	61,73	44,96	49,48	51,30	53,60
1983	69,46	81,63	82,89	66,45	68,20	65,27	55,78	50,73	51,88	57,52	50,60	59,56
1984	55,40	76,34	77,53	75,03	78,57	72,73	75,34	48,30	40,81	35,65	49,87	49,77
1985	66,24	76,91	75,32	77,44	71,38	73,13	54,89	53,20	42,71	41,15	42,26	52,52
1986	64,82	67,99	71,20	76,12	78,99	74,86	50,97	56,17	51,37	45,09	43,63	47,64
1987	70,90	78,23	76,46	75,24	73,75	71,41	57,40	55,09	41,73	41,47	48,97	47,20
1988	63,47	74,99	71,70	79,84	72,78	68,58	60,00	50,51	40,76	39,47	43,92	55,76
1989	58,87	72,17	75,06	60,44	60,88	60,42	48,46	50,29	43,50	42,97	38,80	53,16
1990	63,84	74,61	80,00	68,15	63,92	49,05	57,44	57,00	36,78	36,45	45,72	53,18
1991	63,17	71,60	76,73	73,73	75,74	68,56	71,36	61,33	48,73	51,82	58,58	54,98
1992	64,11	70,51	76,22	71,27	65,12	70,60	65,46	58,88	52,03	50,01	42,94	52,36
1993	60,96	80,28	72,30	69,24	71,30	63,02	56,10	63,44	55,36	47,92	51,25	57,59
1994	65,08	68,36	72,88	73,25	74,93	58,98	60,51	63,24	53,04	50,74	40,58	43,36
1995	58,09	79,18	80,75	79,33	66,12	67,76	60,11	51,81	40,69	51,33	57,83	59,77
1996	71,08	72,84	79,45	81,10	76,97	74,51	62,02	57,23	45,36	43,46	50,04	58,24
1997	68,25	78,16	79,52	66,51	64,69	64,59	64,22	47,55	49,94	41,02	51,39	59,17
1998	58,52	74,68	76,10	78,00	67,70	65,57	53,21	58,29	42,64	33,24	41,41	53,18
1999	53,39	75,52	83,35	65,46	67,93	63,71	49,40	42,28	34,33	38,06	43,14	53,72
2000	64,76	58,53	71,20	75,46	79,07	64,82	60,98	52,04	45,61	43,77	48,47	55,17
2001	45,62	60,00	77,41	76,10	63,20	51,59	55,22	50,41	38,21	41,76	44,14	41,10
2002	63,32	75,52	84,53	75,28	64,46	70,10	75,84	47,80	32,56	39,62	49,82	65,93
2003	65,13	76,83	78,82	79,35	77,35	77,08	69,43	53,04	41,47	39,41	39,09	53,34
2004	67,75	77,83	85,14	75,18	79,45	78,40	64,11	68,72	56,29	40,08	43,22	59,69
2005	64,94	72,06	80,93	76,62	76,57	60,62	55,39	54,74	50,94	41,88	45,86	59,02
2006	73,67	72,30	76,38	78,64	79,73	72,24	63,55	55,89	49,25	51,88	47,70	60,82
2007	68,39	78,63	81,56	69,60	77,39	66,92	61,92	61,48	48,58	37,95	43,26	55,48
2008	65,59	75,08	81,56	75,93	74,62	70,95	62,58	57,36	45,03	43,62	41,91	61,10
2009	74,80	76,76	81,46	84,90	74,38	68,06	65,91	56,52	48,23	46,44	49,28	69,85
2010	78,64	76,84	82,36	81,33	72,94	68,66	54,20	48,94	55,88	58,07	45,89	63,13
2011	71,21	73,09	66,50	83,42	76,21	72,97	69,34	66,82	59,63	42,90	50,50	56,08
2012	65,30	74,16	77,15	67,64	77,59	66,72	60,09	54,51	35,77	32,15	38,65	47,16
2013	66,25	101,02	75,91	74,62	75,72	67,12	52,00	46,00	43,39	39,84	32,88	51,43
2014	72,97	83,02	84,85	79,70	76,85	73,75	66,91	58,22	47,67	45,98	42,35	61,29
2015	76,25	69,73	74,39	77,89	76,21	78,96	63,31	58,78	61,18	45,41	49,54	60,18
2016	75,55	83,15	72,08	77,25	72,61	75,55	54,81	55,61	46,58	49,03	50,79	65,97
2017	63,18	76,00	76,53	84,84	75,93	67,22	59,76	54,99	53,32	40,94	36,66	51,21
2018	75,08	78,93	81,31	75,52	79,59	66,47	55,17	64,01	60,64	56,97	52,09	58,41
2019	63,03	81,95	80,22	82,14	73,05	60,91	68,78	58,76	55,35	48,28	39,97	56,13
2020	66,88	72,00	84,48	70,29	69,78	66,71	58,99	53,59	50,39	47,53	49,89	50,97

Υποσημείωση: Οι μηνιαίες τιμές χρησιμοποιήθηκαν ως δόθηκαν από την ΕΜΥ, με την υποσημείωση ότι στο σύνολο των μηνιαίων τιμών που αφορούν στα έτη 1980 έως και 2020, υπάρχουν ελλείψεις συνεχόμενων ή έως και 10 διάσπαρτων ημερήσιων τιμών.

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

Δεδομένα σχετικής υγρασίας στο ΜΣ της ΕΜΥ στην Τρίπολη

ΤΙΜΕΣ ΜΕΣΩΝ ΜΗΝΙΑΙΩΝ ΤΙΜΩΝ ΩΡΩΝ ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΟ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΤΗΣ ΕΜΥ ΣΤΗΝ ΤΡΙΠΟΛΗ												
Έτος	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡΤ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ
1980	5,15	5,55	3,90	3,18	3,40	4,50	6,43	7,45	10,32	11,96	9,75	7,16
1981	7,24	5,77	4,06	2,70	4,61	6,63	6,93	8,63	10,50	10,54	9,82	7,90
1982	6,02	4,73	3,82	4,44	3,41	4,99	6,05	7,54	11,30	9,76	9,73	9,23
1983	6,01	2,45	3,52	5,71	5,24	5,94	8,47	8,75	9,09	9,08	10,03	8,06
1984	7,59	4,34	3,10	4,56	3,26	4,38	4,83	9,20	11,25	12,19	8,99	9,78
1985	6,49	5,01	4,54	3,40	5,54	4,28	7,28	8,77	11,39	10,69	11,32	9,04
1986	6,26	5,91	4,42	3,87	3,20	4,13	9,54	8,07	9,31	10,82	10,66	8,74
1987	5,31	3,64	4,63	3,50	3,30	5,48	6,92	8,09	10,55	10,30	9,53	8,89
1988	6,48	4,37	4,19	3,40	4,87	6,23	6,09	10,11	9,86	11,11	10,70	8,72
1989	6,41	4,70	4,80	6,39	6,34	6,75	9,09	8,55	10,84	9,55	10,94	8,23
1990	7,38	4,75	2,68	5,03	6,80	8,75	7,30	7,03	11,33	9,88	9,12	9,20
1991	5,81	5,43	3,50	4,47	3,49	5,75	5,63	8,33	11,31	10,26	8,73	8,54
1992	7,01	5,79	3,16	4,19	5,34	3,50	7,07	7,24	9,50	8,85	10,76	9,04
1993	6,51	4,73	3,57	5,55	4,81	6,27	7,96	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
1994	5,77	5,03	4,72	4,35	4,12	7,86	7,92	9,40	11,93	10,42	10,70	10,23
1995	7,80	4,46	2,78	3,81	5,92	6,96	7,79	9,11	11,34	9,61	8,95	8,01
1996	4,85	5,56	3,13	1,63	3,59	3,29	6,35	8,11	10,73	11,16	9,87	8,48
1997	5,68	3,63	3,51	5,36	5,77	5,53	5,93	10,72	10,22	11,06	8,12	8,31
1998	8,03	4,12	2,96	4,01	6,48	5,67	8,86	7,91	11,12	11,74	10,49	7,81
1999	7,85	3,38	3,65	4,94	5,19	5,85	8,49	8,23	10,44	9,67	9,83	7,27
2000	5,25	5,91	4,53	4,66	4,48	8,10	7,83	8,22	11,27	11,31	10,73	8,69
2001	8,19	3,97	2,39	3,27	5,80	7,43	7,26	7,86	11,82	10,95	9,10	9,81
2002	7,29	4,70	2,00	5,05	6,67	5,82	6,68	9,10	9,82	10,17	9,31	6,85
2003	6,38	3,47	2,83	3,21	3,52	5,22	6,24	9,27	10,53	11,75	10,33	8,60
2004	6,25	4,61	3,24	3,67	5,67	5,32	6,46	8,86	9,74	11,71	10,65	8,43
2005	6,51	4,73	3,57	4,07	4,84	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2006	6,51	4,73	3,57	3,56	4,84	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2007	6,51	4,73	3,57	4,07	4,84	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2008	6,51	4,73	3,57	4,07	4,84	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2009	6,51	4,73	3,23	4,07	4,84	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,70	8,54
2010	6,51	5,60	3,57	2,93	5,31	6,56	9,38	9,49	9,72	9,91	11,55	8,54
2011	6,02	5,67	3,57	4,20	4,59	5,76	6,57	8,54	9,72	12,81	10,51	8,54
2012	6,78	4,74	3,57	4,07	4,84	5,76	7,36	9,64	12,19	10,63	10,07	8,54
2013	6,56	4,63	3,57	3,79	4,84	5,85	8,55	9,14	10,71	10,63	10,04	8,54
2014	6,51	4,73	3,23	4,07	4,84	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2015	6,48	4,73	3,57	4,02	4,84	4,48	8,42	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2016	6,51	4,99	3,57	4,07	4,84	5,64	9,73	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2017	6,51	5,09	3,57	2,99	4,68	5,76	7,36	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2018	6,51	4,73	3,57	5,03	4,84	5,76	7,36	7,89	10,64	10,18	10,04	8,54
2019	6,51	4,73	3,23	3,40	4,84	5,76	6,18	8,60	10,64	10,63	10,04	8,54
2020	6,51	4,73	3,57	4,07	4,84	5,76	7,36	8,74	10,64	10,19	10,04	8,54

**Υποσημείωση:** Δόθηκαν ημερήσιες τιμές ωρών ηλιοφάνειας, από τις οποίες υπήρχαν αρκετές ελλείψεις. Από τις τετρακόσιες ενενήντα δύο (492) μηνιαίες μετρήσεις που αντιστοιχούν στα σαράντα ένα (41) χρόνια (1980 – 2020), το 31% αυτών αφορούν σε μηνιαίες τιμές από τις οποίες απουσιάζουν από τρεις έως και όλες οι ημερήσιες μετρήσεις (κίτρινη επισήμανση). Στις περιπτώσεις αυτές, ως μηνιαία τιμή ελήφθη υπόψη η μέση τιμή των υπόλοιπων μηνιαίων τιμών των ετών, για τα οποία υπήρχε πληρότητα μετρήσεων. Οι τιμές με γαλάζια γραμματοσειρά αφορούν σε μηνιαίες τιμές, όπου η μη διαθεσιμότητα των ημερήσιων δεν ξεπερνούσε τις τρεις τιμές.

## Παράρτημα Β



Εικόνα 81. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου (μακρινή λήψη)



Εικόνα 82. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου





*Εικόνα 83. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου*



*Εικόνα 84. Αντλιοστάσιο P24 στο Ορυχείο Χωρεμίου*



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



Εικόνα 85. Εξορυκτικές εργασίες δίπλα στο Αντλιοστάσιο P24



Εικόνα 86. Λεκάνη καθίζησης και αντλιοστάσιο στο Ορυχείο Χωρεμίου



Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου



*Εικόνα 87. Αντλιοστάσιο P13 στο Ορυχείο Χωρεμίου*



*Εικόνα 88. Μεταλλευτική λίμνη που έχει δημιουργηθεί με φυσικό τρόπο στο εξοφλημένο Ορυχείο Μαραθούσας*

Διερεύνηση δημιουργίας και διατήρησης μεταλλευτικών λιμνών στην περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο. Η περίπτωση του Χωρεμίου

---



*Εικόνα 89. Μεταλλευτική λίμνη που έχει δημιουργηθεί με φυσικό τρόπο στο εξοφλημένο Ορυχείο Κυπαρισίων*