

Γεωγραφίες

Αρ. 35 (2020)

Γεωγραφίες, Τεύχος 35, 2020



**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΓΩΓΩΝ
ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗ ΔΕΗ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ: ΕΝΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ
ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ**

Απόστολος Παπαγιαννάκης, Χρύσα Παγούνη

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΑΓΩΓΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΗ ΔΕΗ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ: ΕΝΑ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗΣ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΔΟ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΤΑΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΕΠΟΧΗ

Απόστολος Παπαγιαννάκης,¹ Χρύσα Παγούνη²

Περίληψη

Η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, με την παράλληλη προώθηση και αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οφείλει να αποτελέσει στρατηγικό στόχο της εθνικής ενεργειακής πολιτικής σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Στη μεταβατική περίοδο, ο λιγνίτης, ως το μόνο εγχώριο καύσιμο βάσης, θα μπορούσε να συνεισφέρει στην ενεργειακή ασφάλεια και επάρκεια της χώρας, με την προϋπόθεση περιορισμού των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη χρήση του. Σε αυτό το πλαίσιο, η παρούσα εργασία διερευνά τις δυνατότητες που προσφέρουν τα συστήματα αγωγών μεταφοράς άνθρακα με στόχο την εκμετάλλευση των λιγνιτικών αποθεμάτων της Βορείου Ελλάδας για την τροφοδότηση και τη χρονική επέκταση λειτουργίας των ατμοηλεκτρικών σταθμών Πτολεμαΐδας. Τα ευρήματα της αναγνωριστικής διερεύνησης αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα, τις αντιφάσεις και τις προκλήσεις στη χάραξη μιας εθνικής ενεργειακής στρατηγικής.

Λέξεις-κλειδιά: Δίκτυα αγωγών μεταφοράς άνθρακα, ενεργειακή επάρκεια, περιφερειακή ανάπτυξη, εκμετάλλευση λιγνίτη, προστασία περιβάλλοντος, Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού

Investigation for the development of coal transport pipelines in the thermoelectric power plants of Western Macedonia: An alternative scenario of energy self-sufficiency until the post-coal era

Apostolos Papagiannakis, Chrysa Pagouni

Abstract

Reducing the energy dependency from fossil fuels by promoting and developing renewable energy sources should be a long term strategic objective of the Greek energy policy. In the transitional period, lignite as the only domestic base fuel, could contribute to the national energy security and self-sufficiency, provided that its negative environmental impacts would be limited. In this context, the present article explores the possibilities offered by coal transport pipelines to exploit the lignite reserves in Northern Greece (in the areas of Drama, Philippi and Ellassona) to supply the thermoelectric power plants of Ptolemais in Western Macedonia and extend their operational time period. Finally, a SWOT analysis highlights the expected positive and negative spatial, economic, environmental and social impacts. The findings of this initial investigation underline the complexity, contradictions and challenges in formulating a national energy strategy.

Keywords: Coal transport pipelines, coal mining, energy self-sufficiency, regional development, environmental protection, Public Power Corporation

1. Επίκουρος καθηγητής, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης, ΑΠΘ, para@plandevl.auth.gr

2. Διπλ. μηχανικός χωροταξίας και ανάπτυξης, ΑΠΘ, cpagouni@gmail.com

1. Εισαγωγή

Τα συστήματα μεταφοράς προϊόντων με αγωγούς μεγάλων αποστάσεων δεν αποτελούν δημιούργημα της σύγχρονης εποχής. Είναι γνωστό ότι οι αρχαίοι πολιτισμοί της Ελλάδας, της Αιγύπτου, της Μεσοποταμίας, της Κίνας και της Ρώμης χρησιμοποιούσαν ευρέως αγωγούς από δέρματα ζώων, πηλό, πέτρα ή μπαμπού για να μεταφέρουν τα αποθέματα νερού σε μεγάλες αποστάσεις. Αργότερα, η ανακάλυψη και χρήση του πετρελαίου αποτέλεσε την απαρχή μιας νέας εποχής στη χρήση των αγωγών, επειδή αποδεδειγμένα παρέχουν συνεχή ροή μεταφοράς σε αντίθεση με την αποσπασματική ή κατά παρτίδες μεταφορά, μέσω πλοίων, αεροπλάνων, βυτιοφόρων φορτηγών ή τρένων (Lawal 2010).

Η εφαρμογή των αγωγών στη μεταφορά άνθρακα/λιγνίτη προέκυψε κυρίως από την ανάγκη για χαμηλό κόστος μεταφοράς και σταθερή ροή σε σχέση με τα ανταγωνιστικά μεταφορικά μέσα, καθώς ο άνθρακας αποτελεί ένα αγαθό χαμηλής αξίας που καταναλώνεται σε μεγάλες ποσότητες. Η έρευνα για τις τεχνολογίες μεταφοράς του άνθρακα με αγωγούς ξεκίνησε από αμερικανούς επιστήμονες στα τέλη του 19ου αιώνα. Στις αρχές του 20ού αιώνα, στο Λονδίνο, επιτεύχθηκε η πρώτη δοκιμαστική λειτουργία αγωγού μεταφοράς άνθρακα μικρής απόστασης, προς τον σταθμό ηλεκτροπαραγωγής στον ποταμό Τάμεση (FavorSea 2013). Σήμερα, η χρήση των αγωγών μεταφοράς άνθρακα είναι κυρίως διαδεδομένη στην ανατολική Ασία. Στις ΗΠΑ, στη δεκαετία του 1970, λήφθηκε η απόφαση να αξιοποιηθούν τα τεράστια αποθέματα άνθρακα με στόχο την ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας. Σχεδιάστηκε ένα εκτεταμένο δίκτυο αγωγών άνθρακα μήκους 2.250 km, ανταγωνιστικό των σιδηροδρομικών και ποτάμιων μεταφορών, με στόχο να καλυφθούν τόσο η αυξανόμενη εγχώρια ζήτηση όσο και διεθνείς εξαγωγές από τα λιμάνια της χώρας (Coffey & Partidge 1982). Ωστόσο, οι πιέσεις που ασκήθηκαν από τις ομάδες συμφερόντων των σιδηροδρομικών εταιρειών οδήγησαν στην εγκατάλειψη του σχεδίου (Patterson 2011) με αποτέλεσμα οι αγωγοί να μη χρησιμοποιούνται πλέον σήμερα (www.eia.gov). Στην Κίνα, από τις αρχές της δεκαετίας του 1980 οι τεχνολογίες μεταφοράς άνθρακα με αγωγούς υιοθετούνται από την εθνική πολιτική για τη βιομηχανική ανάπτυξη και αναδιάρθρωση, με σκοπό να συμβάλουν στην εξοικονό-

μηση ενέργειας και στην προστασία του περιβάλλοντος (FavorSea 2013).

Στην Ελλάδα, την τρέχουσα περίοδο της γεωπολιτικής, οικονομικής και κλιματικής αστάθειας, η εξασφάλιση της ενεργειακής αυτονομίας με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος από τη χρήση των συμβατικών πηγών παραγωγής ενέργειας αποτελεί σημαντική πρόκληση στη χάραξη της εθνικής ενεργειακής πολιτικής και της στρατηγικής περιφερειακής ανάπτυξης. Σε αυτό το πλαίσιο, το παρόν άρθρο διερευνά τις δυνατότητες ανάπτυξης και χωροθέτησης των συστημάτων αγωγών μεταφοράς άνθρακα στη Βόρεια Ελλάδα, με στόχο τη διασφάλιση της εθνικής ενεργειακής επάρκειας μέσω της παράτασης λειτουργίας της λιγνιτικής βιομηχανίας, καθώς και τη σταδιακή προσαρμογή και μετάβαση της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας σε συνθήκες μεταλιγνιτικής εποχής. Στην ενότητα 2 παρουσιάζονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά και η συγκριτική αξιολόγηση των διαφορετικών τύπων αγωγών άνθρακα και καταγράφονται χαρακτηριστικές διεθνείς πρακτικές στις ΗΠΑ και στην Κίνα. Στην ενότητα 3 περιγράφεται η υφιστάμενη κατάσταση αναφορικά με την εξόρυξη, τη μεταφορά και την τροφοδοσία των ατμοηλεκτρικών σταθμών της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού Α.Ε. (ΔΕΗ) στη Βόρεια Ελλάδα. Στην ενότητα 4 εξετάζονται δύο σενάρια αξιοποίησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων σε τρεις περιοχές εξόρυξης, στη Δράμα, στον τυρφώνα των Φιλίππων και στην Ελασσόνα, χωρίς την κατασκευή σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Στόχος των προτεινόμενων σεναρίων είναι η τροφοδότηση των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΔΕΗ στην Πτολεμαΐδα μέσω συστημάτων μεταφοράς αγωγών. Τα σενάρια ανάπτυξης αγωγών διερευνώνται όσον αφορά τα κριτήρια σχεδιασμού και χωροθέτησης, τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά και την εφικτότητά τους. Επίσης, εξετάζονται υπό το πρίσμα του ρόλου και των πιθανών επιπτώσεών τους στην περιφερειακή και τοπική ανάπτυξη και επιχειρείται μια συγκριτική ανάλυση SWOT. Τέλος, η ενότητα 5 περιλαμβάνει τα συμπεράσματα της ερευνητικής εργασίας.

2. Κλειστά συστήματα μεταφοράς άνθρακα με αγωγούς

2.1 Τύποι αγωγών και λειτουργικά χαρακτηριστικά

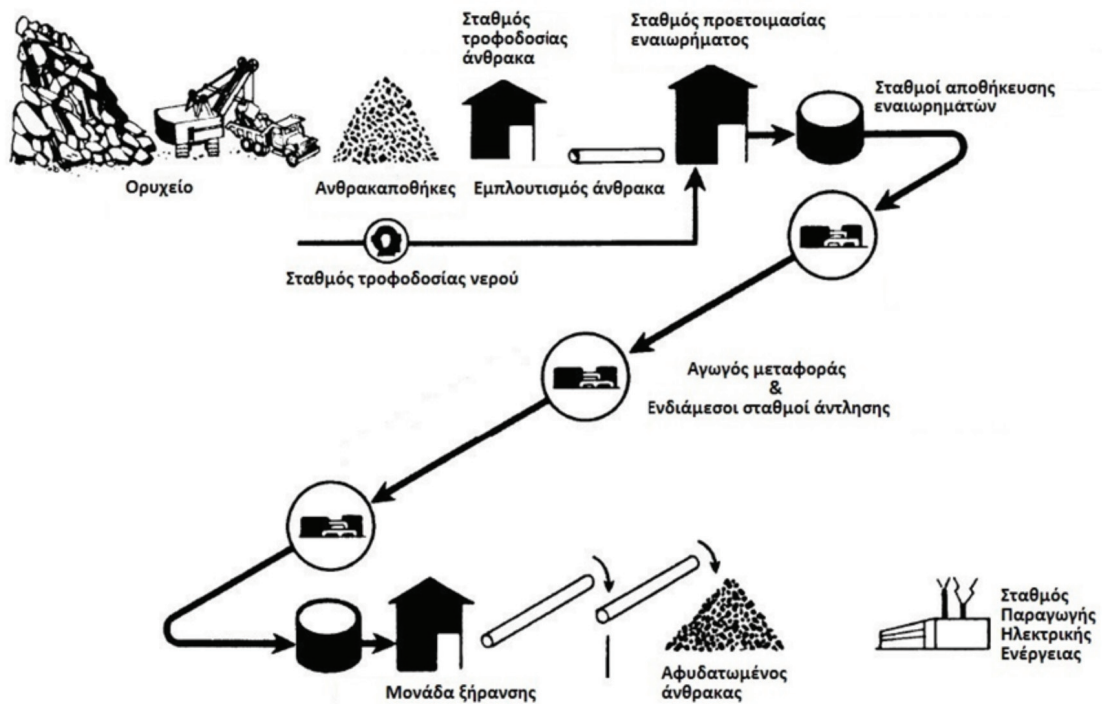
Σύμφωνα με τον Edgar (1983), το κόστος μεταφοράς του άνθρακα αποτελεί συνήθως ένα σημαντικό τμήμα του συνολικού κόστους του άνθρακα που μεταφέρεται από το ορυχείο εξόρυξης στη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα (Coal Fired Power Plant) ή στη μονάδα παραγωγής συνθετικών υγρών καυσίμων (Coal-to-Liquids – CTL) ή στη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με αεροποίηση άνθρακα (Integrated Gasification Combined Cycle – IGCC). Όσον αφορά τις μονάδες που προμηθεύονται τον άνθρακα από απομακρυσμένα ανθρακωρυχεία, το κόστος μεταφοράς του άνθρακα είναι συχνά μεγαλύτερο από το κόστος του ίδιου του άνθρακα. Εκτός από τους συμβατικούς τρόπους μεταφοράς, δηλαδή τον οδικό, τον σιδηροδρομικό και διά θαλάσσης, ο άνθρακας μπορεί να μεταφερθεί μέσω κλειστών αγωγών με τρεις τρόπους (Liu 2006a):

1) Αγωγός εναιωρήματος άνθρακα (Coal Slurry Pipeline – CSP): Η υδραυλική μεταφορά ή μεταφορά εναιωρήματος περιλαμβάνει τη μεταφορά στερεών υλικών σε μορφή αιωρήματος, δηλαδή την ανάμιξή τους

με νερό μετά από κατάλληλη μείωση της κοκκομετρίας του υλικού που μεταφέρεται (Bertram 1986). Ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του άνθρακα στο εναιώρημα (πολφός), υπάρχουν τριών ειδών αγωγοί: οι αγωγοί λεπτόκοκκου εναιωρήματος (Fine CSP), οι αγωγοί εξαιρετικά λεπτόκοκκου εναιωρήματος (Ultra Fine CSP) και οι αγωγοί χονδρόκοκκου εναιωρήματος.

2) Αγωγός μπρικέτας άνθρακα (Coal Log Pipeline – CLP): Μεταφέρει πλίνθους άνθρακα σε στερεή, συμπιεσμένη μορφή, κυλινδρικού σχήματος μέσα σε νερό. Για την παραγωγή ανθεκτικής και αδιάβροχης μπρικέτας άνθρακα πραγματοποιείται συμπίεση κόκκων μεγέθους μικρότερου από το 1/4 της ίντσας (63,5 mm), σε ατμοσφαιρική πίεση 18.000 psi περίπου, κατόπιν θέρμανσης στους 90° C ή προσθήκης κατάλληλου συγκολλητικού υλικού.

3) Αγωγός πνευματικής κάψουλας (Pneumatic Capsule Pipeline – PCP): Ο αγωγός προορίζεται για μεταφορές μεγάλων αποστάσεων και είναι συνήθως κυλινδρικής ή ορθογώνιας διατομής και διαμέτρου τουλάχιστον 1 m. Εντός του αγωγού κινούνται τροχοφόρες κάψουλες που έχουν τη δυνατότητα διακίνησης φορτίων μεγάλου βάρους. Η διατομή του 1 m ενισχύει την οικονομική ανταγωνιστικότητα του συστήματος σε



Σχήμα 1: Τυπική διάταξη αγωγού εναιωρήματος άνθρακα.

Πηγή: Προσαρμογή από ΟΤΑ (1978).

σχέση με τις οδικές μεταφορές και διευκολύνει την είσοδο προσωπικού συντήρησης.

Ανάλογα με τον τύπο του αγωγού διαφοροποιούνται οι αναγκαίες υποδομές και εγκαταστάσεις. Ο αγωγός λεπτόκοκκου εναιωρήματος απαιτεί δαπανηρές μονάδες ξήρανσης για τον διαχωρισμό του νερού από τον άνθρακα, ο αγωγός μπρικέτας άνθρακα λειτουργεί με σχετικά απλούστερες και φθηνότερες εγκαταστάσεις, ενώ ο αγωγός πνευματικής κάψουλας δεν απαιτεί ξήρανση (Liu 2006b). Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 1, οι βασικές υποδομές ενός συστήματος μεταφοράς εναιωρημάτων ή μπρικέτας αποτελούνται από τον σταθμό προετοιμασίας εναιωρήματος, τον σταθμό τροφοδοσίας προϊόντων, τους σταθμούς άντλησης, τον αγωγό μεταφοράς, τους ενδιάμεσους σταθμούς άντλησης, τους σταθμούς αποθήκευσης εναιωρημάτων και τη μονάδα ξήρανσης. Υπογραμμίζεται ότι σε ορισμένες εφαρμογές των αγωγών εξαιρετικά λεπτόκοκκων εναιωρημάτων άνθρακα, το ιλύδες διάλυμα εισάγεται απευθείας στον καυστήρα ως υγρό καύσιμο και έτσι δεν προαπαιτείται η διαδικασία της ξήρανσης, η οποία επιβαρύνει σημαντικά το συνολικό κόστος κατασκευής του αγωγού (Liu 2006a). Η ιδέα της χρήσης πολφού λιγνίτη έγινε ευρέως αποδεκτή από την Κίνα, την Ιαπωνία, τη Σουηδία, τη Γερμανία, τη Ρωσία, τις Ηνωμένες Πολιτείες στις αρχές της δεκαετίας του 1970, κατά τη διάρκεια της παγκόσμιας πετρελαϊκής κρίσης, και έκτοτε αναπτύχθηκαν τεχνολογίες καύσης για την άμεση τροφοδοσία των ατμοηλεκτρικών μονάδων (Glushkov et al. 2016, Irfan et al. 2015, Manfred 1986).

2.2 Κριτήρια συγκριτικής αξιολόγησης συστημάτων αγωγών άνθρακα

Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή του τύπου του αγωγού μεταφοράς άνθρακα είναι τέσσερις και αφορούν:

1) *Τη μέθοδο επεξεργασίας* του άνθρακα από τη μονάδα παραγωγής καυσίμου ή ενέργειας. Ειδικότερα, αν πρόκειται για μονάδες παραγωγής συνθετικών καυσίμων που χρησιμοποιούν τη διαδικασία εξαέρωσης ή υγροποίησης για μετατροπή του άνθρακα, απαιτείται η πρώτη ύλη να είναι σε μορφή εναιωρήματος, χωρίς την ανάγκη ύπαρξης εγκατάστασης ξήρανσης. Επίσης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το εναιώρημα άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υγρό καύσιμο σε μορφή πολφού στις ατμοηλεκτρικές μονάδες μέσω νέων απο-

δοτικών τεχνολογιών καύσης, όπως οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης υπό πίεση (PFBC – Pressurized Fluidized Bed Combustion). Η τεχνολογία PFBC εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1990, κυρίως σε θερμοηλεκτρικές μονάδες στην Ιαπωνία, την Ισπανία, τη Σουηδία και τις ΗΠΑ, με βασικό πλεονέκτημα τη διατήρηση των εκπομπών ρύπων (SO_x και NO_x) σε χαμηλά επίπεδα (Alvarez Cuenca et al. 1995, Kakaras et al. 2012, Shimizu 2013).

2) *Την απόσταση μεταφοράς* του άνθρακα από τον χώρο εξόρυξης έως τη μονάδα παραγωγής. Συγκεκριμένα, οι αγωγοί εναιωρήματος άνθρακα συμφέρουν οικονομικά για πολύ μεγάλες αποστάσεις (>320 km περίπου) ή/και όταν ο άνθρακας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μορφή πολφού. Οι αγωγοί μπρικέτας άνθρακα είναι οικονομικά αποδοτικοί όταν η απόσταση κυμαίνεται από 80 έως 320 km περίπου και όταν απαιτείται συνδυασμένη μεταφορά με άλλα μέσα (τρένο, φορτηγό, φορτηγίδα ή πλοίο), διότι η μπρικέτα μπορεί να μεταφερθεί με διαφορετικούς τρόπους χωρίς δυσκολία. Οι αγωγοί πνευματικής κάψουλας με διατομή 1 m μπορεί να είναι οικονομικοί όταν η απόσταση μεταφοράς είναι μικρή (<80 km περίπου) και όταν η απόδοση είναι σχετικά υψηλή (>5 εκατομμύρια τόνοι ετησίως) (Liu 2006a).

3) *Την υδρογεωλογία* της περιοχής εξόρυξης. Η κατανάλωση του νερού δεν είναι η ίδια σε όλους τους τύπους αγωγών. Οι αγωγός λεπτόκοκκου εναιωρήματος απαιτεί 50% νερό και 50% άνθρακα κατά βάρος, ενώ το αντίστοιχο μίγμα για τον αγωγό εξαιρετικά λεπτόκοκκου εναιωρήματος είναι 30-70%. Επίσης, ο αγωγός μεταφοράς μπρικέτας άνθρακα απαιτεί περίπου 30% νερό και 70% άνθρακα κατά βάρος (Marrero 2006), ενώ ο αγωγός πνευματικής κάψουλας δεν απαιτεί νερό, καθώς ο άνθρακας μεταφέρεται σε ξηρή κατάσταση. Η χωροθέτηση αγωγών εναιωρήματος άνθρακα σε περιοχές που αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα έλλειψης νερού αναμένεται να προκαλέσει τις αντιδράσεις της τοπικής κοινωνίας (OTA 1978).

4) *Το κόστος* ανά μονάδα μεταφερόμενου προϊόντος, που αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα για την επιλογή του συστήματος μεταφοράς άνθρακα. Ο υπολογισμός του μοναδιαίου κόστους βασίζεται σε μια λεπτομερή ανάλυση του κύκλου ζωής της επένδυσης, που επιτρέπει τη σύγκριση με τα ανταγωνιστικά χερσαία ή υδάτινα μέσα μεταφοράς. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα μελέτης περίπτωσης (Liu 2006a) που αφορά

τη συγκριτική ανάλυση του κόστους κατασκευής των τριών τύπων αγωγών άνθρακα, το υψηλότερο κόστος αντιστοιχεί στους αγωγούς εναιωρήματος και πνευματικής κάψουλας. Στην πρώτη περίπτωση λόγω της ύπαρξης σταθμών προετοιμασίας και ξήρανσης του πολφού και στη δεύτερη λόγω της ανάγκης κατασκευής δύο οδύσεων (η μία όδευση μεταφέρει το φορτίο με τις κάψουλες, ενώ η άλλη επιστρέφει τις κενές κάψουλες). Εντούτοις, όταν ο σταθμός ξήρανσης δεν είναι απαραίτητος λόγω απευθείας καύσης του εναιωρήματος άνθρακα, το κόστος κατασκευής μειώνεται σημαντικά.

Σχετικά με τη σύγκριση των αγωγών άνθρακα με τα άλλα μέσα μεταφοράς, το Wuhan Design & Research Institute of China Coal Technology (WDRI) επισημαίνει ότι τα βασικά πλεονεκτήματά τους έναντι των άλλων μέσων είναι τα εξής (FavorSea 2013):

- υψηλή προσαρμοστικότητα στο ανάγλυφο του εδάφους,
- μικρή κατάληψη γης,
- μικρό κόστος επένδυσης και μειωμένο μοναδιαίο κόστος μεταφοράς,
- μικρότερες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις,
- απλές διαδικασίες λειτουργίας και υψηλότερη απόδοση,
- ταχύτερη απόσβεση,
- αξιόπιστο μέσο μεταφοράς.

Ειδικότερα, το μήκος χάραξης των αγωγών μεταξύ του σημείου εξόρυξης και του σημείου επεξεργασίας του άνθρακα είναι συνήθως μικρότερο από την αντίστοιχη απόσταση διαδρομής μέσω οδικού ή σιδηροδρομικού δικτύου. Το γεγονός αυτό δίνει στους αγωγούς ένα πλεονέκτημα έναντι των φορτηγών και των τρένων, ιδίως στις ορεινές περιοχές. Επίσης, η υπογειοποίηση των αγωγών διευκολύνει σημαντικά τη διάσχιση φυσικών ή τεχνητών εμποδίων με την εφαρμογή σύγχρονων τεχνικών κατασκευής, όπως η μέθοδος «microtunneling» και οι κατευθυνόμενες γεωτρήσεις «pipejacking». Αντίθετα, αυτοκινητόδρομοι και σιδηρόδρομοι απαιτούν δαπανηρές επενδύσεις (γέφυρες και σήραγγες) για τη διέλευσή τους από δύσβατες περιοχές (Liu 2006a). Επιπλέον, η χρήση των αγωγών άνθρακα μπορεί να αντικαταστήσει τα βαρέα οχήματα μεταφοράς και κατά συνέπεια να μειώσει τις παραγόμενες αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τα εξωτερικά κόστη. Συγκεκριμένα, τα φορτηγά οχήματα είναι υπεύ-

θυνα για την έκλυση σκόνης άνθρακα κατά τη μεταφορά, τις εκπομπές ρύπων, την επιβάρυνση των κυκλοφοριακών συνθηκών, την εκπομπή θορύβου, καθώς και την επιδείνωση της οδικής ασφάλειας. Συνοψίζοντας, οι αγωγοί ως μέσο εμπορικής μεταφοράς παρέχουν μεγάλη οικονομική απόδοση και σημαντική ασφάλεια και αξιοπιστία, καθιστώντας τα προϊόντα που μεταφέρουν ανταγωνιστικά στην αγορά. Σύμφωνα με έρευνα του WDRI στην Κίνα, το κόστος μεταφοράς με αγωγούς αποτελεί το 1/2 έως το 1/3 του κόστους των σιδηροδρομικών μεταφορών και το 1/5 έως το 1/10 των οδικών μεταφορών.

2.3 Διεθνή παραδείγματα ανάπτυξης συστημάτων αγωγών μεταφοράς άνθρακα

Σύμφωνα με το FavorSea (2013), η πρώτη παγκοσμίως εμπορική μεταφορά άνθρακα με αγωγούς εναιωρήματος πραγματοποιήθηκε στις ΗΠΑ, στην πολιτεία Οχάιο. Ο αγωγός με την ονομασία «East Lake» κατασκευάστηκε το 1957 για να τροφοδοτεί τον σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας του Κλίβελαντ από τα ανθρακωρυχεία της περιοχής Καντίς (Cadiz). Είχε μήκος 173 χιλιόμετρα και μεταφορική ικανότητα 1,4 εκατ. τόνους ετησίως, ενώ μείωσε το κόστος μεταφοράς σε σχέση με τον σιδηρόδρομο κατά 68%. Το γεγονός αυτό ανάγκασε τις σιδηροδρομικές εταιρείες να μειώσουν σημαντικά τις τιμές μεταφοράς άνθρακα και κατά συνέπεια ο αγωγός εγκαταλείφθηκε μετά από 6 έτη λειτουργίας (Paterson 2011). Ενδιαφέρον παράδειγμα αποτελεί και ο αγωγός εναιωρήματος «Black Mesa», που κατασκευάστηκε το 1970, ο οποίος τέθηκε εκτός λειτουργίας το 2005 λόγω συνεχών περιβαλλοντικών πιέσεων όσον αφορά τη χρήση των υπόγειων υδάτων και αντιδράσεων από τις τοπικές κοινότητες ιθαγενών (Ziegler, χ.χ.).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πετρελαϊκή κρίση του 1970 οδήγησε στον καθορισμό μιας εθνικής ενεργειακής πολιτικής των ΗΠΑ, που στόχευε στην αξιοποίηση των σημαντικών εγχώριων αποθεμάτων άνθρακα, τα οποία εκτιμήθηκε ότι θα διαρκέσουν 200-400 χρόνια. Εκπονήθηκε ένα εθνικό σχέδιο για τη δημιουργία εκτεταμένου δικτύου αγωγών εναιωρήματος άνθρακα, με στόχο τη διασύνδεση ορυχείων, σταθμών παραγωγής και ποτάμιων ή θαλάσσιων εξαγωγικών λιμένων, συνολικού μήκους 2.250 km και μεταφορικής ικανότητας 30 εκατ. τόνων ετησίως. Το προτεινόμενο δίκτυο αγω-

γών μεγάλων αποστάσεων θα κάλυπτε τις πολιτείες Γουαϊόμινγκ, Κολοράντο, Κάνσας, Οκλαχόμα, Αρκάνσας και θα λειτουργούσε ανταγωνιστικά με τα υπάρχοντα σιδηροδρομικά και ποτάμια συστήματα μεταφοράς (Coffey & Partidge 1982). Τελικά, το σχέδιο δεν υλοποιήθηκε ποτέ, εξαιτίας ισχυρών αντιδράσεων και άρνησης των εταιρειών σιδηροδρόμων να επιτρέψουν τη διέλευση των αγωγών από περιοχές από τις οποίες διέρχονταν σιδηροδρομικοί άξονες.

Στην Κίνα, η έρευνα και η ανάπτυξη των αγωγών μεταφοράς άνθρακα ξεκίνησε στις αρχές της δεκαετίας του 1980, στο πλαίσιο του εθνικού στρατηγικού σχεδίου ανάπτυξης του Υπουργείου Προγραμματισμού. Στόχοι των μακροχρόνιων ερευνών ήταν η εναρμόνιση της τεχνολογίας μεταφοράς άνθρακα με αγωγούς με την εθνική πολιτική για τη βιομηχανική ανάπτυξη, καθώς και η συμβολή τους στην προστασία του περιβάλλοντος και την εξοικονόμηση ενέργειας. Τα τελευταία χρόνια, τα συστήματα μεταφοράς άνθρακα με αγωγούς έχουν συμπεριληφθεί στο εθνικό στρατηγικό σχέδιο για τη βιομηχανική αναδιάρθρωση από την Κρατική Επιτροπή Ανάπτυξης και Μεταρρυθμίσεων και το Υπουργείο Εμπορίου. Η εθνική πολιτική ανάπτυξης είχε ως αποτέλεσμα να μελετηθεί και να κατασκευαστεί ένα εκτεταμένο δίκτυο 20 αγωγών (FavorSea 2013).

3. Υφιστάμενη κατάσταση εξόρυξης – μεταφοράς – τροφοδοσίας λιγνίτη στη ΔΕΗ

Η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. είναι η μεγαλύτερη εταιρεία παραγωγής και προμήθειας ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα. Το χαμηλό κόστος εξόρυξης του λιγνίτη, η σταθερή και άμεσα ελέγξιμη τιμή και η παροχή σταθερότητας και ασφάλειας στον ανεφοδιασμό καυσίμου, τον αναδεικνύουν ως καύσιμο στρατηγικής σημασίας για την εταιρεία (www.dei.gr). Σύμφωνα με στοιχεία του έτους 2015 της Eurostat, η ενεργειακή εξάρτηση της Ελλάδας ανέρχεται στο 72% των συνολικών αναγκών, με βασικές εισαγωγές το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Η πρωτογενής παραγωγή ενέργειας βασίζεται στα στερεά καύσιμα κατά 73% και στις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (ΑΠΕ) κατά 27%. Ειδικότερα, σύμφωνα με στοιχεία του Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

(ΑΔΜΗΕ), η συμβολή του λιγνίτη στο ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας το έτος 2015 ήταν περίπου 39%, του φυσικού αερίου 14%, του υδροηλεκτρισμού 10%, των ΑΠΕ 19% και των καθαρών εισαγωγών 18% (ΔΕΣΦΑ 2016).

Τα κυριότερα εκμεταλλεύσιμα κοιτάσματα λιγνίτη στη Βόρεια Ελλάδα βρίσκονται στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας, με υπολογισμένο απόθεμα 1,8 δισ. τόνους, στην περιοχή της Δράμας με 900 εκατ. τόνους και στην περιοχή Δομένικου-Αμουρίου της λεκάνης Ποταμιάς Ελασσόνας με 146 εκατ. τόνους (Κουμαντάκης 2004, Παπαβασιλείου 2005). Εκτός από λιγνίτη, η Ελλάδα διαθέτει και ένα μεγάλο κοιτάσμα τύρφης στην περιοχή των Φιλίππων (Ανατολική Μακεδονία), με εκτιμώμενο απόθεμα 4,3 δισ. τόνους (Καλαϊτζίδης 2007, <http://www.orykta.gr>). Γενικά, ο ελληνικός λιγνίτης χαρακτηρίζεται από χαμηλή θερμογόνο δύναμη, αλλά ταυτόχρονα έχει το σημαντικό συγκριτικό πλεονέκτημα της χαμηλής περιεκτικότητας σε καύσιμο θείο.³

Σήμερα, εξόρυξη λιγνίτη στη Βόρεια Ελλάδα πραγματοποιείται μόνο στην περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας, στις περιοχές Πτολεμαΐδας, Αμυνταίου και Φλώρινας, στην οποία είναι εγκατεστημένο και λειτουργεί το μεγαλύτερο μέρος του λιγνιτικού παραγωγικού δυναμικού. Συγκεκριμένα, λειτουργούν τρεις (3) λιγνιτικοί ατμοηλεκτρικοί σταθμοί (ΑΗΣ) και δεκατρείς (13) λιγνιτικές μονάδες με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 3.707 MW. Σε ετήσια βάση οι ΑΗΣ της Δυτικής Μακεδονίας καταναλώνουν περί τους 50 εκατ. τόνους λιγνίτη που εξορύσσονται στα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ και περί τα 3 εκατ. τόνους λιγνίτη που προέρχονται από τα γειτονικά ιδιωτικά ορυχεία της περιοχής (κυρίως για τις ανάγκες του ΑΗΣ Μελίτης).

Όσον αφορά το ηλικιακό προφίλ των λιγνιτικών μονάδων της Δυτικής Μακεδονίας, η μέση ηλικία των μονάδων της περιοχής διαμορφώνεται σε 27 έτη. Ποσοστό άνω του 80% της εγκατεστημένης ισχύος των μονάδων έχει ηλικία μεγαλύτερη των 22 ετών. Μονάδες συνολικής εγκατεστημένης ισχύος 1.263 MW έχουν ηλικία πέραν των 31 ετών. Η ΔΕΗ έχει αναλάβει να πραγματοποιήσει επενδυτικά έργα για την αντικατάσταση των πεπαλαιωμένων μονάδων της με νέες, περιβαλλοντικά φιλικές, σύγχρονης τεχνολογίας και υψηλότερης απόδοσης. Αναφορικά με την πρόοδο των έργων αυτών στη Δυτική Μακεδονία κατά το 2014, ση-

μειώνεται η απόσυρση της μονάδας II του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας και παράλληλα η δημιουργία της Ατμοηλεκτρικής Μονάδας V του ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, εγκατεστημένης ισχύος 660 MW, με καύσιμο κονιοποιημένο λιγνίτη και με δυνατότητα παροχής θερμικής ισχύος 140 MWth για τηλεθέρμανση (www.terna.gr).

Σύμφωνα με τη μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ΔΕΗ (2009), από την εξορυσσόμενη ποσότητα λιγνίτη στα ορυχεία Πτολεμαΐδας το 18% περίπου μεταφέρεται οδικώς. Τα φορτηγά που μεταφέρουν λιγνίτη από τις επονομαζόμενες αυλές ή ανθρακαποθήκες στους ατμοηλεκτρικούς σταθμούς είναι δημοσίας χρήσης και μισθώνονται από μεταφορικές εταιρείες στο πλαίσιο σχετικών συμβάσεων που συνάπτει η ΔΕΗ. Συνολικά, δρομολογούνται 1.000 βαρέα ντιζελοκίνητα οχήματα, μικτού φορτίου 33 τόνων, τα οποία κατά τη μεταφορά δημιουργούν σημαντικούς αέριους ρύπους και αιωρούμενα μικροσωματίδια λιγνίτη στο περιβάλλον. Η σκόνη λιγνίτη που διαχέεται στην περιοχή δημιουργεί σοβαρά αναπνευστικά προβλήματα, αν και καταναλώνονται τεράστιες ποσότητες νερού για διαβροχή των δρόμων (το 2008 καταναλώθηκαν 718 εκατ. m³ νερού).

4. Διερεύνηση σεναρίων χωροθέτησης αγωγών άνθρακα στη Βόρεια Ελλάδα

4.1 Βασικά χαρακτηριστικά σεναρίων

Με βάση τη βιβλιογραφική επισκόπηση και τη συγκριτική αξιολόγηση των τριών τύπων αγωγών άνθρακα, εξετάστηκαν δύο σενάρια χωροθέτησης αγωγών μεταφοράς άνθρακα, με στόχο την αξιοποίηση της λιγνιτιφόρου λεκάνης Δράμας-Φιλίππων και των κοιτασμάτων της Ελασσόνας για την τροφοδοσία των ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Το πλαίσιο σχεδιασμού και αναφοράς των σεναρίων βασίζεται στους παρακάτω έξι άξονες τεκμηρίωσης:

1) Η ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική απεξάρτησης από τα στερεά καύσιμα και μείωσης των εκπομπών CO₂, καθώς και οι δαπάνες για αγορά δικαιωμάτων ρύπων, που επιβαρύνουν οικονομικά τη ΔΕΗ, ασκούν πιέσεις για την απόσυρση των παλαιών ατμοηλεκτρικών μονάδων, οι οποίες ενοχοποιούνται για υψηλή ατμοσφαιρική ρύπανση (Myllyvirta 2013).

2) Οι ΑΗΣ της Δυτικής Μακεδονίας πρέπει να είναι προετοιμασμένες για την περίοδο που θα εξαντληθούν τα τοπικά λιγνιτικά αποθέματα, δηλαδή σε σαράντα περίπου χρόνια από σήμερα, και να αποφύγουν τις εισαγωγές ποσοτήτων λιγνίτη με υψηλό κόστος από τη Βουλγαρία, την Τουρκία και την ΠΓΔΜ, όπως συνέβη στο παρελθόν στον σταθμό Μελίτης (ΥΠΕΚΑ 2012).

3) Σε μια περίοδο διεθνούς γεωπολιτικής, οικονομικής και κλιματικής αστάθειας είναι αναγκαία η ενίσχυση της ενεργειακής αυτόαρκειας της χώρας, με παράλληλη προστασία του περιβάλλοντος από τη χρήση των συμβατικών πηγών παραγωγής ενέργειας.

4) Η κατασκευή νέων μη ρυπογόνων μονάδων δεν είναι οικονομικά συμφέρουσα, εφόσον το κόστος κατασκευής μιας μονάδας μεγέθους ανάλογου της ΑΗΣ V Πτολεμαΐδας είναι της τάξης των 1,38 δισ. ευρώ. Είναι προτιμότερη και συμβατή με τις ευρωπαϊκές οδηγίες η αντικατάσταση των πεπαιλωμένων μονάδων των ΑΗΣ Δυτικής Μακεδονίας με νέες, περιβαλλοντικά φιλικές, σύγχρονης τεχνολογίας και υψηλότερης απόδοσης. Οι μονάδες αυτές θα μπορούσαν να τροφοδοτούνται από νέα λιγνιτωρυχεία που θα χωροθετηθούν στις περιοχές Δράμας και Ελασσόνας. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγεται η κατασκευή νέων ΑΗΣ και γίνονται μερικώς σεβαστές οι περιβαλλοντικές ευαισθησίες των τοπικών κοινωνιών.

Η απόσταση των περιοχών ανεκμετάλλευτων κοιτασμάτων της Δράμας και της Ελασσόνας από τους ΑΗΣ Πτολεμαΐδας είναι περίπου 275 km και 78 km αντίστοιχα. Με βάση την παραπάνω τεκμηρίωση και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών τύπων αγωγών που περιγράφονται στην ενότητα 2, επιλέχθηκαν δύο εναλλακτικά σενάρια, για τα οποία απαιτείται περαιτέρω χρηματοοικονομική διερεύνηση, καθώς και κοινωνικοοικονομική ανάλυση κόστους-οφέλους (Παπαγιαννάκης κ.ά. 2018).

Σενάριο 1: Ανάπτυξη αγωγών εξαιρετικά λεπτόκοκκου εναιωρήματος (UFCSF), επειδή είναι δυνατή η απευθείας καύση του λιγνίτη σε μορφή πολφού με τη χρήση σύγχρονων καθαρών τεχνολογιών καύσης, όπως οι λέβητες ρευστοποιημένης κλίνης υπό πίεση (PFBC). Για τους παραπάνω λόγους, αρκετές χώρες διεθνώς αναπτύσσουν, εξελίσσουν και εφαρμόζουν τη συγκεκριμένη τεχνολογία σε θερμοηλεκτρικές μονάδες, όπως η Ιαπωνία (Komatsu et al. 2001, NEDO 2015) και η Κίνα (Glód 2019). Επίσης, σχετικά ερευνητικά

προγράμματα έχουν πραγματοποιηθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση (<http://cordis.europa.eu>) και χώρες όπως η Σουηδία και η Ισπανία διαθέτουν παρόμοιες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Σκόδρας 2019). Οι τεχνολογίες αυτές εξασφαλίζουν χαμηλότερα επίπεδα εκπομπών αερίων ρύπων (NO_x, SO₂, CO₂), καθώς και υψηλότερη ενεργειακή απόδοση σε σχέση με συμβατικούς σταθμούς κονιοποιημένου καυσίμου (Αχιλιάς κ.ά. 2015). Επίσης, δεν απαιτείται η επεξεργασία, αποθήκευση και μεταφορά του λιγνίτη σε εξωτερικούς χώρους και, κατά συνέπεια, δημιουργούνται επιπλέον περιβαλλοντικές ωφέλειες λόγω της μείωσης της σκόνης και του θορύβου. Αντίθετα, απαιτούνται υδάτινοι πόροι, εφόσον η απαιτούμενη αναλογία ανάμιξης του λιγνίτη προς το νερό είναι περίπου 1:3 (δηλαδή 1 μονάδα βάρους ύδατος μπορεί να μεταφέρει 3 μονάδες βάρους λιγνίτη).

Σενάριο 2: Ανάπτυξη αγωγών μπρικέτας, επειδή προδιαγράφονται για μεταφορά άνθρακα σε μεσαίες αποστάσεις και απαιτούν μικρότερο συνολικό κόστος επένδυσης, καθώς δεν χρειάζεται μονάδα προετοιμασίας εναιωρήματος. Επίσης, οι ανάγκες σε νερό είναι μικρότερες, εφόσον η ενδεδειγμένη αναλογία ανάμιξης του νερού προς τον λιγνίτη είναι 1:3 έως 1:4. Αντίθετα, απαιτούνται βασικές εγκαταστάσεις ξήρανσης και κονιορτοποίησης, καθώς και μονάδα αποθείωσης.

Σημαντικό στάδιο στον σχεδιασμό ενός αγωγού άνθρακα αποτελεί η μελέτη χωροθέτησης και επιλογής της όδευσης. Απαιτείται μια ολοκληρωμένη και διεπιστημονική προσέγγιση που να ξεετάζει τόσο τις τεχνικές και κατασκευαστικές απαιτήσεις του έργου όσο και τις περιβαλλοντικές, κοινωνικοοικονομικές και πολιτισμικές επιπτώσεις. Κατά τη διαδικασία χωροθέτησης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ο εθνικός και περιφερειακός χωροταξικός σχεδιασμός και τα τοπικά σχέδια ανάπτυξης, τα τεχνικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του αγωγού, η μέθοδος κατασκευής, το ανάγλυφο του εδάφους και οι εδαφολογικές συνθήκες, οι ευαίσθητες περιβαλλοντικά περιοχές, οι πυκνοκατοικημένες περιοχές, τα υφιστάμενα δίκτυα υποδομών, οι ανησυχίες και προσδοκίες των τοπικών κοινωνιών και τέλος το ιδιοκτησιακό καθεστώς των εδαφών από όπου διέρχεται ο αγωγός (<http://www.aopl.org>). Ειδικότερα, για τη διερεύνηση των παραπάνω παραγόντων, που επηρεάζουν την επιλογή της όδευσης πρέπει να διεξαχθεί μια γεωτεχνική μελέτη καταλληλότητας και, παράλληλα, να εξεταστούν οι αστικές εγκαταστάσεις, οι περιορι-

σμοί που απορρέουν από την παρουσία προστατευόμενων περιοχών (π.χ. εθνικά πάρκα, αρχαιολογικοί χώροι, στρατιωτικές περιοχές, εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιών, ηλεκτρισμού κ.λπ.), η ύπαρξη δικτύων μεταφορών, τηλεπικοινωνιών και ενέργειας (π.χ. δρόμοι, σιδηροδρομικές και ηλεκτρικές γραμμές), καθώς επίσης η παρουσία υδάτινων συγκεντρώσεων και αποθεμάτων.

Στην Ελλάδα, επειδή δεν έχουν κατασκευαστεί αγωγοί μεταφοράς λιγνίτη δεν υπάρχει εξειδικευμένο νομοθετικό και χωροταξικό πλαίσιο που να αφορά και να ρυθμίζει αυτόν τον τύπο συστημάτων μεταφοράς. Επομένως, έγινε η υπόθεση εργασίας ότι για τον σχεδιασμό των αγωγών άνθρακα μπορεί να εφαρμοστεί η ισχύουσα εθνική νομοθεσία που καθορίζει τις ρυθμίσεις και διαδικασίες για τη χωροθέτηση, κατασκευή και λειτουργία των δικτύων αγωγών πετρελαίου, φυσικού αερίου και υδρογονανθράκων. Κατά συνέπεια, σύμφωνα με τον νόμο 4014/2011, οι αγωγοί άνθρακα εντάσσονται στην πρώτη κατηγορία (Α), η οποία περιλαμβάνει έργα και δραστηριότητες που ενδέχεται να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και για τον λόγο αυτό απαιτείται η διεξαγωγή Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), προκειμένου να επιβάλλονται ειδικοί όροι και περιορισμοί για την προστασία του περιβάλλοντος (ΦΕΚ 21/Β/12.01.2012).

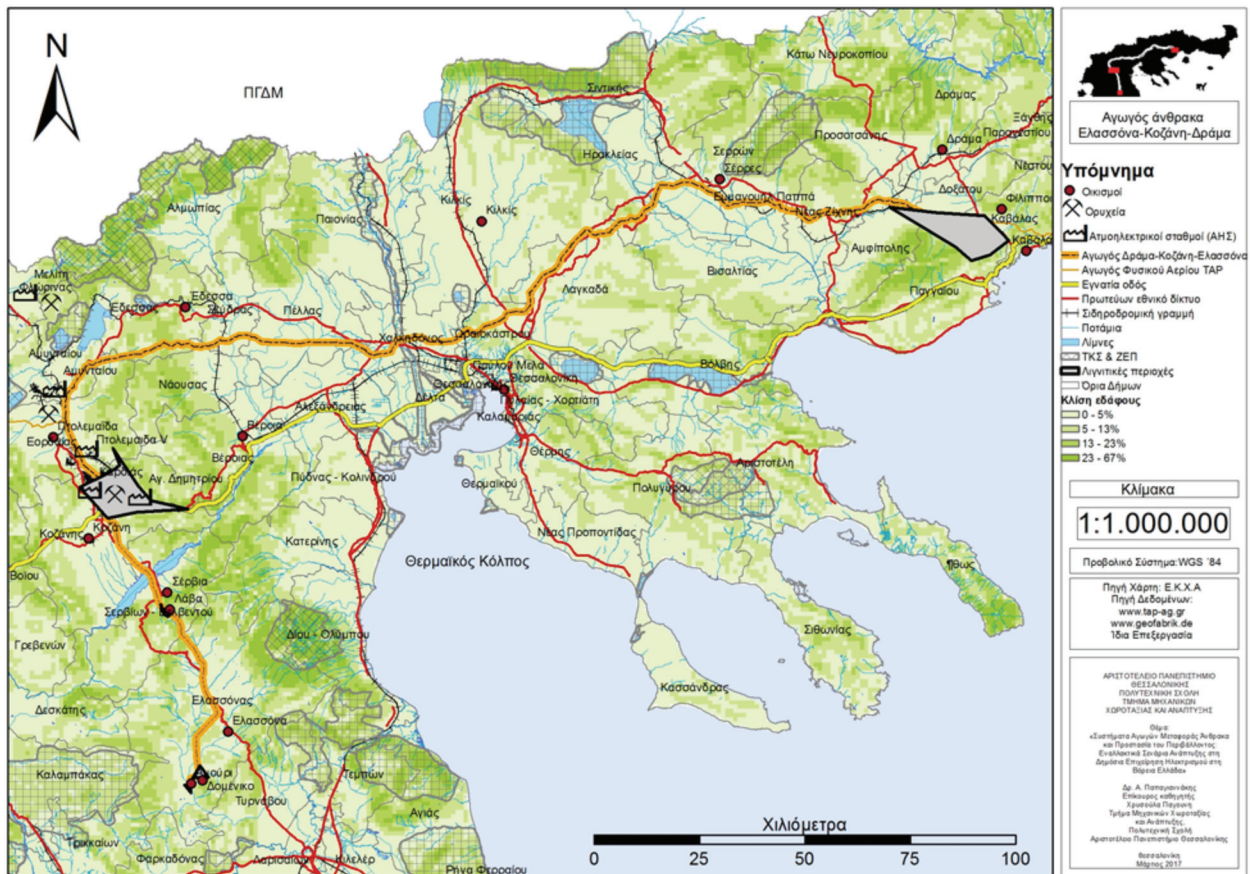
Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι προτεινόμενες χάραξεις των δύο αγωγών άνθρακα απεικονίζονται στο Σχήμα 2. Όσον αφορά τον αγωγό που συνδέει τα λιγνιτωρυχεία της Δράμας-Φιλίππων με τους ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, μήκους 275 km, επιλέχθηκε η παράλληλη χωροθέτηση με τον αγωγό φυσικού αερίου Trans Adriatic Pipeline (TAP 2013). Σημειώνεται ότι για τον TAP έχει ήδη εγκριθεί η Μελέτη Περιβαλλοντικών και Κοινωνικών Επιπτώσεων (ΜΠΚΕ) που οφείλει να λάβει υπόψη όλα τα κριτήρια χωροθέτησης αγωγών σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία. Τέλος, δεν θεωρείται απαγορευτική η παράλληλη χάραξη ενός δεύτερου αγωγού, εφόσον τηρηθούν οι απαιτούμενες αποστάσεις από τον αγωγό TAP (ν. 4001/2011).

Σχετικά με τον αγωγό από τα λιγνιτωρυχεία της Ελασσόνας στους ΑΗΣ Πτολεμαΐδας, μήκους 78 km, προτείνεται ενδεικτική χάραξη και απαιτείται επιπλέον η εκπόνηση μιας αναγνωριστικής εδαφολογικής μελέτης και η εξέταση των γεωλογικών, τοπογραφικών και υδρογεωλογικών παραγόντων της περιοχής. Εντούτοις, η κατασκευή του συγκεκριμένου αγωγού παρουσιάζει

σχετικά πλεονεκτήματα, επειδή δεν διέρχεται από προστατευόμενες περιοχές και οι όμοροι οικισμοί είναι περιορισμένης έκτασης. Επίσης, η τεχνητή λίμνη του Αλιάκμονα ανήκει στη ΔΕΗ και ήδη στην περιοχή των Σερβίων υπάρχουν λιγνιτωρυχεία, από τα οποία καλύπτονταν οι ανάγκες του μεταλλουργικού εργοστασίου της ΛΑΡΚΟ στη Λάρυμνα. Τέλος, οι φορείς και η τοπική κοινωνία των Σερβίων αποδέχονται και ζητούν τη συνέχιση της απρόσκοπτης προμήθειας λιγνίτη εκ μέρους της ΔΕΗ, ώστε να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα και η λειτουργία των δύο υφιστάμενων λιγνιτωρυχείων, στα οποία απασχολούνται περίπου 350 εργαζόμενοι (<http://e-ptolemeos.gr> <http://www.prlogos.gr>).

διερευνήθηκαν περαιτέρω υπό το πρίσμα του ρόλου και των πιθανών επιπτώσεών τους στην τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη. Βασικές συνιστώσες των σεναρίων είναι η αξιοποίηση των φυσικών πόρων (λιγνίτης) και η κατασκευή μεταφορικών υποδομών (αγωγού) που αποτελούν παραγωγικούς συντελεστές και μέσα άσκησης εθνικής και περιφερειακής πολιτικής.

Ο ορυκτός πλούτος ως βασικός φυσικός πόρος αποτελεί δυναμικό παράγοντα οικονομικής ανάπτυξης των περιοχών που τον διαθέτουν, είτε μέσω της πρωτογενούς αξιοποίησης των ιδίων πόρων είτε με την προσέλκυση επιχειρήσεων δευτερογενούς επεξεργασίας και τη δημιουργία απασχόλησης και οικονομικής ευη-



Σχήμα 2: Χωροθέτηση αγωγού άνθρακα Ελασσόνα – Κοζάνη – Δράμα.

4.2 Περιφερειακή ανάπτυξη, ενεργειακή επάρκεια και εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων

Τα σεναρία ανάπτυξης αγωγών άνθρακα που παρουσιάστηκαν στην προηγούμενη υποενότητα όσον αφορά τα τεχνικά χαρακτηριστικά και την εφικτότητά τους,

μερίας (Πολύζος 2011). Ειδικότερα, η εκμετάλλευση ενεργειακών πόρων όπως ο λιγνίτης και η χωροθέτηση εγκαταστάσεων παραγωγής ενέργειας, υπό την προϋπόθεση της προστασίας του περιβάλλοντος, αποτελούν αντικείμενα της εθνικής πολιτικής περιφερειακής ανάπτυξης. Τα σημαντικά ζητήματα που απαιτούν μακρο-

πρόθεσμο επιστημονικό σχεδιασμό και λήψη στρατηγικών αποφάσεων χωρικής ανάπτυξης είναι τα εξής: η ενεργειακή επάρκεια και αυτοδυναμία, η ανεξάρτηση από το πετρέλαιο, το ενεργειακό μίγμα ηλεκτροπαραγωγής της χώρας, η ορθολογική χρήση της ενέργειας, ο βαθμός αξιοποίησης των ΑΠΕ, η χωροθέτηση και ο τύπος των μονάδων παραγωγής ενέργειας, ο εκσυγχρονισμός των υφιστάμενων μονάδων της ΔΕΗ (Σκάγιαννης 1994). Επιπλέον κρίσιμα ερωτήματα σχετίζονται με την εξάντληση των υφιστάμενων αποθεμάτων των φυσικών πόρων, καθώς και με τη χάραξη των κατάλληλων πολιτικών για την ικανοποίηση των μελλοντικών αναγκών (Λαμπριανίδης 2000). Υπάρχουν πολιτικές, οικονομικές, κοινωνικές και επιστημονικές προϋποθέσεις, σύμφωνα με τις οποίες θα μπορούσε να τεκμηριωθεί η χρονική επέκταση της λειτουργίας των ΑΗΣ της ΔΕΗ έως την πλήρη μετάβαση στη μεταλιγνιτική περίοδο ως επωφελής και εθνικά συμφέρουσα για την ενεργειακή ανεξαρτησία της χώρας;

Η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις τέσσερις σημαντικότερες ευρωπαϊκές χώρες όσον αφορά την παραγωγή λιγνίτη, μετά τη Γερμανία, την Πολωνία και την Τσεχία. Τα σημαντικά υφιστάμενα αποθέματα εξασφαλίζουν αυτάρκεια και καθιστούν τον λιγνίτη το βασικό εγχώριο ορυκτό καύσιμο. Ως αποτέλεσμα, η αξιοποίηση του λιγνίτη αποτέλεσε εθνική στρατηγική επιλογή, καλύπτοντας το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και περιορίζοντας τις εισαγωγές (IENE 2018). Ωστόσο, σύμφωνα με τον IEA (2018), το συνολικό ενεργειακό ισοζύγιο είναι ελλειμματικό, καθώς η χώρα εισάγει πετρέλαιο (κυρίως από Ιράκ και Ρωσία), φυσικό αέριο (κυρίως από Ρωσία), αλλά και ποσότητες ηλεκτρισμού (κυρίως από Βουλγαρία). Κατά συνέπεια, η Ελλάδα είχε το 2016 την τρίτη υψηλότερη ενεργειακή εξάρτηση (73,6%) στη Νοτιοανατολική Ευρώπη, μετά την Κύπρο (96,2%) και την Τουρκία (74,9%), καθώς και την έβδομη μεγαλύτερη στην Ευρώπη. Αξίζει να σημειωθεί ότι ποσοστό του εισαγόμενου φυσικού αερίου χρησιμοποιείται και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Η καθετοποιημένη λιγνιτική βιομηχανία της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, με αποκλειστικό σχεδόν πυλώνα τη ΔΕΗ, συνέβαλε καθοριστικά στη διαμόρφωση της αναπτυξιακής πορείας της περιοχής του ενεργειακού άξονα Αμυνταίου - Πτολεμαΐδας - Κοζάνης, υποστήριξε την ενεργειακή αυτοδυναμία της χώρας και τέλος επέδειξε ανθεκτικότητα σε ένα συνε-

χώς μεταβαλλόμενο οικονομικό περιβάλλον (ΤΕΕ Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας 2012α, Γιαννακού κ.ά. 2013). Οι άμεσες, έμμεσες και επαγωγικές επιδράσεις στην οικονομικό και κοινωνικό ιστό της περιφέρειας είναι ισχυρές και πολύπλοκες, όπως τεκμηριώνεται από τους υψηλούς πολλαπλασιαστικούς συντελεστές απασχόλησης και εισοδήματος. Σύμφωνα με την μεθοδολογία εισροών-εκροών και το μαθηματικό υπόδειγμα Leontief εκτιμάται ότι (ΤΕΕ Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας 2012α):

Για κάθε μία (1) θέση μόνιμου προσωπικού στα ορυχεία ή στους σταθμούς παραγωγής, δημιουργούνται και συντηρούνται 3,28 θέσεις εργασίας.

Για κάθε ένα (1) ευρώ που δαπανά η ΔΕΗ σε μισθούς και εργολαβίες, προκύπτουν επαγωγικά περισσότερα από τρία (3) ευρώ στον κύκλο της τοπικής οικονομίας.

Για κάθε έναν (1) τόνο λιγνίτη που εξορύσσεται, η τοπική οικονομία κερδίζει συσσωρευτικά 23,81 ευρώ, ενώ για κάθε χίλιους τόνους λιγνίτη συντηρούνται 0,45 θέσεις εργασίας.

Επίσης, όπως αναφέρεται σε μελέτη του IOBE (2016), η εξόρυξη λιγνίτη συνεισφέρει περίπου 6,6 χιλιάδες θέσεις εργασίας σε όρους ισοδύναμων πλήρους απασχόλησης, ενώ η συνολική επίδρασή της υπερβαίνει τις 22,7 χιλιάδες θέσεις εργασίας, που αντιστοιχούν στο 22% της απασχόλησης στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Επιπλέον, η συνολική συμβολή της εγχώριας εξορυκτικής βιομηχανίας στο ΑΕΠ ανέρχεται στο 3,4%, που αντιστοιχεί σε 6,2 δισ. ευρώ, εκ των οποίων το 35% οφείλεται στην ηλεκτροπαραγωγή από τον λιγνίτη, ενώ το υπόλοιπο 65% στην εκμετάλλευση άλλων ορυκτών πρώτων υλών (IOBE 2016). Τέλος, σε επίπεδο εθνικής οικονομίας, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας την περίοδο 1960-2009 ισοδυναμεί σε εξοικονόμηση συναλλάγματος ύψους 46,7 δισ. δολαρίων (ΤΕΕ Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας 2012α). Εκτός των παραπάνω, η ΔΕΗ αναπτύσσει δράσεις κοινωνικής ευθύνης, όπως κατασκευή έργων υποδομής και χορηγίες προς όφελος τοπικών δήμων και οργανώσεων, και τροφοδοτεί το δίκτυο τηλεθέρμανσης της περιοχής Κοζάνης - Πτολεμαΐδας.

Στον αντίποδα των θετικών επιδράσεων, η μακροχρόνια αναπτυξιακή εξειδίκευση στη λιγνιτική βιομηχανία δημιούργησε συνθήκες «μονοκαλλιέργειας», περιορίζοντας τις δυνατότητες διαφοροποίησης της οικονομίας με περισσότερους παραδοσιακούς ή νέους

καινοτόμους παραγωγικούς κλάδους. Η μονοκλαδικότητα, σε συνδυασμό με τις ευρωπαϊκές απαιτήσεις για απολιγνιτοποίηση στην παραγωγή ενέργειας, δημιουργεί συνθήκες αποδυνάμωσης του συγκριτικού πλεονεκτήματος της περιφέρειας, όξυνσης των ενδοπεριφερειακών ανισοτήτων, καθώς και αναπτυξιακής παθογένειας (ΤΕΕ Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας 2012β, Γιαννακού κ.ά. 2013). Σύμφωνα με τη WWF Ελλάς (2016), οι εναλλακτικές οικονομικές δραστηριότητες στην περιοχή θα μπορούσαν να βασιστούν στην καλλιέργεια κρόκου, αρωματικών και ενεργειακών φυτών και στη δασοπονία (πρωτογενής τομέας), στην ανάπτυξη των ΑΠΕ και τη διαχείριση απορριμμάτων (δευτερογενής τομέας), καθώς και στην ενίσχυση του τουρισμού και της έρευνας στα πανεπιστημιακά ιδρύματα (τριτογενής τομέας). Όσον αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση, σύμφωνα με μελέτη του Ινστιτούτου Ενεργειακής Οικονομίας του Πανεπιστημίου της Στουτγάρδης (Greenpeace Ελλάς 2013), το 2010 οι λιγνιτικές μονάδες της ΔΕΗ παρήγαγαν συνολικά 40 εκατ. τόνους CO₂, περισσότερους από 11.000 τόνους μικροσωματιδίων, 140.000 τόνους διοξείδιο του θείου (SO₂) και 8 τόνους βαρέων μετάλλων και άλλων τοξικών ουσιών όπως υδράργυρος, αρσενικό, κάδμιο, χρώμιο, ψευδάργυρος κ.ά. Εκτιμάται ότι το κόστος στην εθνική οικονομία από τις επιπτώσεις στη δημόσια υγεία (πρόωροι θάνατοι, χαμένα χρόνια ζωής και ώρες εργασίας), καθώς και την καταστροφή του περιβάλλοντος (αλλοίωση του φυσικού τοπίου από τα επιφανειακά ορυχεία, κατασπατάληση και ρύπανση υδάτινων πόρων) προσεγγίζει τα 3,9 δισ. ευρώ ετησίως.

Η βασική πρόκληση του χωροταξικού σχεδιασμού της περιφέρειας είναι η μείωση της λιγνιτικής παραγωγής χωρίς όμως τη διατάραξη του κοινωνικού και οικονομικού ιστού, που θα σήμαινε εκρηκτική αύξηση της ήδη πολύ υψηλής ανεργίας, απαξίωση επενδύσεων δισεκατομμυρίων ευρώ και απεμπόληση συσσωρευμένης τεχνογνωσίας δεκαετιών. Επίσης, η απαίτηση για απανθρακοποίηση οφείλει να συνδυαστεί με τον στόχο για μείωση της ενεργειακής εξάρτησης της χώρας.

Ένας ολοκληρωμένος και μακροπρόθεσμος ενεργειακός σχεδιασμός οφείλει να θέτει τους εξής πέντε στρατηγικούς στόχους (IOBE 2016): α) βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας, β) εξασφάλιση, επάρκεια και αδιάλειπτη προμήθεια των ενεργειακών πηγών, γ) προστασία του περιβάλλοντος μέσω κατάλληλων πλαισίων σε τοπικό και περιφερειακό επίπεδο, δ) ελαχι-

στοποίηση του γεωπολιτικού ρίσκου, ε) ανταγωνιστικές τιμές. Το κρίσιμο λοιπόν ερώτημα που ανακύπτει είναι το εξής: το σχέδιο συρρίκνωσης της περιουσίας και της λειτουργίας της ΔΕΗ εντάσσεται στις απαιτήσεις μιας εθνικής ενεργειακής στρατηγικής που βασίζεται σε μια ολοκληρωμένη κοινωνικο-οικονομική θεώρηση και επιστημονική αποτίμηση των πολύπλοκων και συχνά αντικρουόμενων αναπτυξιακών παραγόντων που αναλύθηκαν παραπάνω ή απλά υιοθετεί ένα αυστηρά καθορισμένο και περιοριστικό ευρωπαϊκό πλαίσιο;

Η ελληνική κρίση δημόσιου χρέους από το 2010 και μετά, αφενός δυσχέρανε τον εκσυγχρονισμό λειτουργίας και την περιβαλλοντική αναβάθμιση των μονάδων παραγωγής ενέργειας της ΔΕΗ και αφετέρου δημιούργησε προβλήματα ρευστότητας και βιωσιμότητας της επιχείρησης. Σύμφωνα με τον Χατζημιχάλη (2014, 2018), η δυσμενής οικονομική συγκυρία και οι συνυφασμένες θεσμικές εκτροπές οδήγησαν σε εκδηλώσεις χωροκοινωνικών αδικιών με την υφαρπαγή δημόσιας και ιδιωτικής γης, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το σχέδιο πώλησης περιουσιακών στοιχείων της ΔΕΗ. Παράλληλα, ενώ οι ΑΠΕ, όπως τα αιολικά πάρκα, θα μπορούσαν να αποτελέσουν μακροπρόθεσμα μια βιώσιμη, αναπτυξιακή και οικολογική ενεργειακή στρατηγική με κοινωνική αποδοχή, σε αρκετές περιπτώσεις εγκρίνονται και υλοποιούνται χωρίς την εμπλοκή δημόσιων και δημοτικών φορέων στην κατασκευή και λειτουργία τους, με όρους υφαρπαγής δημόσιας γης, κερδοσκοπικής εκμετάλλευσης και δημιουργικής καταστροφής του φυσικού πλούτου (Χατζημιχάλης 2014).

Σε κάθε περίπτωση, η Ελλάδα, λειτουργώντας εντός του ευρωπαϊκού πλαισίου και έχοντας αναλάβει νομικά δεσμευτικές περιβαλλοντικές υποχρεώσεις, έχει εισέλθει σε περίοδο μεταλιγνιτικής μετάβασης. Εντούτοις, η χώρα θα μπορούσε να εξετάσει τη σκοπιμότητα και την εφικτότητα εναλλακτικών σεναρίων ενεργειακής αυτοδυναμίας και προστασίας του περιβάλλοντος που αποβλέπουν στην αύξηση της παραγωγής ενέργειας από εγχώριους πόρους (ΑΠΕ και υδρογονάνθρακες), καθώς και τη μείωση της χρήσης, αλλά και ταυτόχρονα τη χρονική επέκταση της περιόδου εκμετάλλευσης των υφιστάμενων λιγνιτικών κοιτασμάτων.

Σε αυτό πλαίσιο εντάσσεται και το προτεινόμενο σενάριο ανάπτυξης συστημάτων αγωγών μεταφοράς άνθρακα, με στόχο την εκμετάλλευση των λιγνιτικών

αποθεμάτων της Βορείου Ελλάδας για την τροφοδότηση και τη συνέχιση λειτουργίας των ΑΗΣ Πτολεμαΐδας. Οι αναπτυξιακές κατευθύνσεις του σεναρίου θα μπορούσαν να συμβάλουν, υπό προϋποθέσεις, στην ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, στην ανάπτυξη νέων εξορυκτικών δραστηριοτήτων στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και τέλος στην ενεργειακή επάρκεια της χώρας έως την πλήρη μετάβαση στη μεταλιγνιτική εποχή.

4.3 Πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα και αναμενόμενες επιπτώσεις σεναρίων

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα, καθώς και οι αναμενόμενες θετικές και αρνητικές επιπτώσεις από την ανάπτυξη των προτεινόμενων συστημάτων μεταφοράς άνθρακα στη Βόρεια Ελλάδα, εντοπίζονται σε οικονομικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο και εξετάζονται συγκριτικά υπό το πρίσμα μιας ανάλυσης SWOT (βλ. Πίνακα 1).

4.3.1 Πλεονεκτήματα και θετικές επιπτώσεις

Πρωτεύοντα αναπτυξιακά και οικονομικά πλεονεκτήματα αποτελούν η συνέχιση της τροφοδότησης των ατμοηλεκτρικών μονάδων και, μετά την εποχή που θα εξαντληθούν τα λιγνιτικά αποθέματα των υφιστάμενων λιγνιτωρυχείων, η μείωση των αναγκών για εισαγωγή ορυκτών καυσίμων, καθώς και η οριακή ενδυνάμωση της εθνικής ενεργειακής αυτονομίας. Πρόσθετες θετικές επιπτώσεις σε αναπτυξιακό επίπεδο είναι η διατήρηση των υφιστάμενων θέσεων εργασίας εντός και εκτός ΔΕΗ, οι οποίες αποτελούν την κύρια πηγή εισοδήματος για τους κατοίκους της περιφέρειας, διότι τα τελευταία χρόνια, εκτός από τους εργαζόμενους στην επιχείρηση, δημιουργήθηκαν και δορυφορικές τοπικές επιχειρήσεις που στηρίζονται από τη ΔΕΗ.

Επίσης, η ανάπτυξη μιας νέας εξορυκτικής δραστηριότητας και αγωγών στην περιοχή κοιτασμάτων Δράμας και Φιλίππων στην Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας θα μπορούσε να συμβάλει στην αποκέντρωση της ανάπτυξης, καθώς και να προσελκύσει επενδύσεις που θα δημιουργήσουν άμεσες και έμμεσες θέσεις εργασίας υψηλής τεχνογνωσίας και εξειδίκευσης στην κατασκευή υποδομών μεγάλης εμβέλειας. Υπογραμμίζεται ότι η εκμετάλλευση των αποθεμάτων ορυκτού πλούτου οφείλει να εντάσσεται στο πλαίσιο

μιας εθνικής πολιτικής αξιοποίησης των ορυκτών πρώτων υλών και ενός ολοκληρωμένου χωροταξικού σχεδιασμού που ισορροπεί μεταξύ της βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης, της προστασίας του περιβάλλοντος και της κοινωνικής αποδοχής (ΣΕΒ 2017).

Τα δευτερεύοντα οικονομικά πλεονεκτήματα επικεντρώνονται κυρίως στην ικανότητα των αγωγών να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες άνθρακα σε μεγάλες αποστάσεις με κόστος μεταφοράς ανά τόνο που αναμένεται μικρότερο σε σχέση με τις οδικές και σιδηροδρομικές μεταφορές. Επίσης, παρουσιάζουν μεγαλύτερη οικονομική αποδοτικότητα και αξιοπιστία επειδή παρέχουν συνεχή ροή με σταθερό ρυθμό, ανεξαρτήτως των καιρικών συνθηκών, σε αντίθεση με το τρένο και το φορτηγό που πραγματοποιούν τμηματικές μεταφορές φορτίων και σε μη τακτά χρονικά διαστήματα, οι οποίες επιβαρύνονται χρονικά από τις διαδικασίες φορτοεκφόρτωσης. Τέλος, η χρήση των νέων τεχνολογιών επιτρέπει τη βέλτιστη επιχειρησιακή διαχείριση της μεταφορικής διαδικασίας, εφόσον ο έλεγχος της ποσότητας και του χρόνου μεταφοράς, καθώς και η αποθήκευση όλων των σχετικών δεδομένων, γίνονται σε πραγματικό χρόνο (Καραπάνος 2000).

Στα πλεονεκτήματα σε σχέση με το περιβάλλον περιλαμβάνεται η αποφυγή κατασκευής νέων ατμοηλεκτρικών μονάδων στη Δράμα και την Ελασσόνα, γεγονός που εναρμονίζεται με την ευρωπαϊκή πολιτική απολιγνιτοποίησης, καθώς και με την επιθυμία της τοπικής κοινωνίας. Επιπλέον, οι αγωγοί κατά τη λειτουργία τους προκαλούν μειωμένη όχληση από θόρυβο, σκόνη και οσμές σε σύγκριση με τα συμβατικά μέσα μεταφοράς. Επίσης, τα συστήματα έγκαιρης ανίχνευσης συμβάντων που διαθέτουν επιτρέπουν την πρόληψη και την έγκαιρη αντιμετώπιση περιβαλλοντικών κινδύνων ή ατυχημάτων.⁴ Τέλος, η άμεση τροφοδοσία των ΑΗΣ Δυτικής Μακεδονίας με ρευστοποιημένο λιγνίτη και η χρήση νέων τεχνολογιών καύσης του άνθρακα θα περιορίσουν τις υφιστάμενες εκπομπές αέριων ρύπων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

4.3.2 Μειονεκτήματα και αρνητικές επιπτώσεις

Η συμβολή των υποδομών στη βελτίωση της παραγωγικότητας της περιφερειακής οικονομίας και στην τοπική ανάπτυξη εξαρτάται από τα ιδιαίτερα διαρθρωτικά και χωρικά χαρακτηριστικά των περιοχών, το επίπεδο των οικονομικών δραστηριοτήτων, καθώς και από τον τύπο και την κλίμακα της υποδομής. Γενικά, οι

μεταφορικές υποδομές αποτελούν αναγκαία αλλά όχι ικανή προϋπόθεση για οικονομική ανάπτυξη με παραγωγικό ή αναδιανεμητικό χαρακτήρα (Πολύζος 2019). Σε αυτό το πλαίσιο, τα δίκτυα αγωγών είναι ένα ειδικό σύστημα μεταφοράς (π.χ. αερίου, πετρελαίου ή λιγνίτη) με μικρή συμβολή στην οικονομική ανάπτυξη των περιοχών διέλευσης, εκτός των περιοχών παραγωγής και διανομής των μεταφερόμενων πρώτων υλών. Κατά συνέπεια, είναι πιθανόν τα όποια οφέλη να περιοριστούν χωρικά αποκλειστικά στις περιοχές εξόρυξης και χρονικά στην περίοδο κατασκευής των αγωγών. Επιπλέον, οικονομικά μειονεκτήματα εντοπίζονται στο γεγονός ότι, από τη στιγμή που έχουν καθοριστεί και κατασκευαστεί, δεν υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης της όδευσης του δικτύου ώστε να εξυπηρετήσει μια εναλλακτική διαδρομή ή μεταφορική δραστηριότητα, ακόμη και αν οι συνθήκες και οι πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας αλλάζουν στο μέλλον.

Σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να υπάρξουν στο ανθρωπογενές περιβάλλον, όπως η κατάληψη ή απώλεια γεωργικής γης, στην εκμετάλλευση της οποίας βασίζεται η επιβίωση του αγροτικού πληθυσμού. Η δημιουργία επιφανειακών ορυχείων εξόρυξης λιγνίτη επιφέρει σημαντικές αλλοιώσεις στο φυσικό τοπίο και σε ορισμένες περιπτώσεις την ανάγκη απαλ-

λοτριώσεων οικισμών και αγροτεμαχίων, γεγονός που συνεπάγεται την κατασπατάληση πόρων και σημαντικό κοινωνικό κόστος, όπως συνέβη στο λιγνιτοφόρο πεδίο Πτολεμαΐδας (Λαμπριανίδης 2000). Αξίζει να σημειωθεί ότι κάτοικοι των περιοχών της Δράμας και της Ελασσόνας αντιδρούν ακόμα και στη δημιουργία ορυχείων εξόρυξης, λόγω των κινδύνων απογύμνωσης του εδάφους, πτώσης του υπογείου υδροφόρου ορίζοντα, υφαλμύρωσης των καλλιεργήσιμων εδαφών και τελικά απώλειας του γεωργικού επαγγέλματος (Greenpeace 2010, καθώς και πληροφορίες από τις τοπικές ιστοσελίδες <http://www.psithiri.gr> και <http://energeiakozani.blogspot.gr>). Στα πιθανά μειονεκτήματα περιλαμβάνεται και το φαινόμενο της χωρικής αποκοπής και της παρεμπόδισης της πρόσβασης στις περιοχές όδευσης του αγωγού.

Επίσης, αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορεί να εμφανιστούν κατά τη φάση κατασκευής του αγωγού άνθρακα, οι οποίες είναι παρόμοιες με αυτές των μεγάλων τεχνικών έργων υποδομής. Αφορούν κυρίως την επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος λόγω της άμεσης φυσικής όχλησης στα είδη χλωρίδας και πανίδας, της αλλαγής του ανάγλυφου, της υποβάθμισης των εδαφών και των υδάτων, καθώς και της επιβάρυνσης της ατμόσφαιρας από τους αέριους ρύπους που προέρχονται από τις εργασίες εκσκαφής και τις με-

Πίνακας 1: Ανάλυση SWOT για την ανάπτυξη αγωγών άνθρακα στη Βόρεια Ελλάδα.

	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Εσωτερικό περιβάλλον	Δυνατότητες/Strengths <ul style="list-style-type: none"> - Ικανότητα κάλυψης των αυξανόμενων ενεργειακών αναγκών - Αποτελεσματικός και οικονομικός τρόπος μεταφοράς - Συνεχής μεταφορά φορτίων με σταθερό ρυθμό - Απεριορίστη μεταφορική ικανότητα σε μεγάλες αποστάσεις - Εύκολη προσαρμογή στο τοπίο - Ευκολία κατασκευής - Συνεχής παρακολούθηση της διαδικασίας μεταφοράς - Χαμηλότερο κόστος λειτουργίας και συντήρησης - Μειωμένη κατανάλωση ενέργειας και εκπομπών ρύπων σε σχέση με τις οδικές μεταφορές - Μειωμένη όχληση από θόρυβο, σκόνη και οσμές κατά τη λειτουργία - Απρόσβλητοι από τις καιρικές συνθήκες 	Αδυναμίες/Weaknesses <ul style="list-style-type: none"> - Κατάληψη και απώλεια καλλιεργήσιμης γης - Ανάγκη χρήσης υδάτινων πόρων για ανάμιξη του άνθρακα - Άμεση φυσική όχληση και υποβάθμιση κατά την κατασκευή (εδάφη, υδάτινοι πόροι, θόρυβος, τοπίο, βιολογικό περιβάλλον) - Φαινόμενο χωρικής αποκοπής στις περιοχές διέλευσης των αγωγών - Ελάχιστο εργατικό δυναμικό κατά τη λειτουργία - Ανάγκη έυρεσης πόρων για την επένδυση - Απώλειες ή ατυχήματα που οφείλονται σε διαρροές
Εξωτερικό περιβάλλον	Ευκαιρίες/Opportunities <ul style="list-style-type: none"> - Αποφυγή κατασκευής νέων ΑΗΣ - Εκσυγχρονισμός και αναβάθμιση των υφιστάμενων ΑΗΣ - Αξιοποίηση αποθεμάτων ορυκτού πλούτου - Ενίσχυση της εθνικής ενεργειακής αυτονομίας - Σταδιακή απολιγνιτοποίηση και ομαλή μετάβαση σε νέο αναπτυξιακό και παραγωγικό πρότυπο - Αξιοποίηση εργατικού δυναμικού και ενίσχυση απασχόλησης στις τοπικές κοινωνίες - Εξειδίκευση και απόκτηση τεχνογνωσίας σε εξειδικευμένα τεχνικά έργα - Εφαρμογή προηγμένων τεχνολογιών στη λειτουργία και διαχείριση 	Απειλές/Threats <ul style="list-style-type: none"> - Άμεση εφαρμογή του σχεδίου απολιγνιτοποίησης της ΔΕΗ - Περιορισμένη πρόσβαση στην αγορά υπηρεσιών μεταφοράς αγωγών - Απουσία εξειδικευμένου νομοθετικού πλαισίου για μεταφορά λιγνίτη με αγωγούς - Έλλειψη νοοτροπίας υιοθέτησης νεωτερικών μεθόδων μεταφοράς και επεξεργασίας λιγνίτη - Περιβαλλοντικές οργανώσεις, οι οποίες απορρίπτουν κάθε πρόταση που σχετίζεται με την εκμετάλλευση λιγνίτη - Αντιδράσεις από τις τοπικές κοινωνίες - Καταπόνηση δικτύου αγωγών από φορτία, σεισμούς, γεωλογικές ανακατατάξεις - Συντεχνιακές αντιδράσεις από τις μεταφορικές εταιρείες - Απαξίωση υποδομών σε περίπτωση αλλαγής του εθνικού ενεργειακού μίγματος

τακινήσεις βαρέων οχημάτων σε χωματόδρομους. Επιπλέον, οι ανατινάξεις και τα μηχανήματα έργων αποτελούν σημαντικές πηγές ηχητικής ρύπανσης (ΤΑΡ 2013).

Τέλος, κατά τη φάση λειτουργίας του αγωγού, πιθανή αρνητική επίπτωση είναι η ρύπανση που οφείλεται σε διαρροές των συνδέσεων των αγωγών, καθώς και σε θραύσεις αγωγών λόγω καταπόνησης από τα φορτία, από έντονες διακυμάνσεις της πίεσης, από τα υδραυλικά πλήγματα, από παγετό κ.λπ. ή από τη γήρανση του δικτύου (ΤΑΡ 2013).

5. Συμπεράσματα

Το ελληνικό σύστημα ηλεκτροπαραγωγής βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην αξιοποίηση των εγχώριων αποθεμάτων λιγνίτη και στις εισαγωγές φυσικού αερίου και πετρελαίου για τη λειτουργία των ΑΗΣ. Η απεξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, με την παράλληλη προώθηση και αξιοποίηση των ΑΠΕ, οφείλει να αποτελέσει στρατηγικό στόχο της εθνικής ενεργειακής πολιτικής σε μακροπρόθεσμο χρονικό ορίζοντα. Όμως, η μετάβαση στη μεταλιγνιτική εποχή θα πρέπει να πραγματοποιηθεί σταδιακά με όρους εξασφάλισης, κατά το δυνατόν, της ενεργειακής ασφάλειας και αυτονομίας της χώρας. Στη μεταβατική περίοδο, ο λιγνίτης, ως το μόνο εγχώριο καύσιμο βάσης, θα μπορούσε να συνεισφέρει στο ενεργειακό μίγμα της χώρας, με την προϋπόθεση του εκσυγχρονισμού των μονάδων με σύγχρονες αντιρρυπαντικές τεχνολογίες.

Σε αυτό το πλαίσιο, προτείνονται δύο εναλλακτικά σενάρια ανάπτυξης αγωγών με στόχο την αξιοποίηση των κοιτασμάτων άνθρακα στις περιοχές Δράμας, Φιλίππων και Ελασσόνας. Η σκοπιμότητα των σεναρίων εξετάζεται υπό το πρίσμα μιας ποιοτικής σύγκρισης πλεονεκτημάτων-μειονεκτημάτων, καθώς και των επιπτώσεων τους στην τοπική και περιφερειακή ανάπτυξη. Τα βασικότερα αναμενόμενα οφέλη και οι θετικές επιπτώσεις αφορούν: 1) Τη δυνατότητα διατήρησης του ενεργειακού χαρακτήρα της Δυτικής Μακεδονίας μεσοπρόθεσμα χωρίς την ανάγκη δημιουργίας νέων ΑΗΣ και με δεδομένο τον περιβαλλοντικό στόχο για μείωση της συμβολής του λιγνίτη στο ενεργειακό μίγμα της χώρας. 2) Την αποτελεσματική, οικονομική, γρήγορη και με μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις μεταφορά λιγνίτη σε μεγάλες αποστάσεις, σε σύ-

γκριση με τα ανταγωνιστικά μέσα μεταφοράς. Αντίθετα, τα σημαντικότερα κόστη και οι αρνητικές επιπτώσεις σχετίζονται κυρίως με τις επεμβάσεις στο ανθρωπογενές και φυσικό περιβάλλον, λόγω της δημιουργίας νέων ορυχείων εξόρυξης σε καλλιεργήσιμες περιοχές.

Οι προτεινόμενοι αγωγοί μεταφοράς λιγνίτη θα συνδέσουν την Περιφέρειες Ανατολικής Μακεδονίας και Θεσσαλίας με την ενεργειακή καρδιά της χώρας στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας, σχηματίζοντας ένα ενεργειακό τρίγωνο που θα μπορούσε να ενισχύσει για τις επόμενες δεκαετίες την ενεργειακή αυτάρκεια, να μειώσει τα κόστη μεταφοράς και εκμετάλλευσης του λιγνίτη και να καταστεί πόλος δημιουργίας τεχνολογίας και εξειδίκευσης, ενδυναμώνοντας αναπτυξιακά τις περιφέρειες. Επιπροσθέτως, θα διαμορφωθούν νέες δυνατότητες χωρικής ανάπτυξης υποστηρίζοντας την ανθεκτικότητα και προσαρμοστικότητα της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας απέναντι σε συνθήκες οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής κρίσης και δημιουργώντας συνθήκες ανάκαμψης, δίνοντας προτεραιότητα στους στρατηγικής σημασίας τομείς της ενέργειας, των αγωγών μεταφοράς πρώτων υλών και των ορυκτών πόρων. Τέλος, η διατήρηση του ενεργειακού χαρακτήρα των περιοχών στον άξονα Κοζάνης, Πτολεμαΐδας, Αμύνταιου και Φλώρινας θα συμβάλει στην αναστροφή της πληθυσμιακής συρρίκνωσης με τη συγκράτηση και την προσέλκυση πληθυσμού. Υπογραμμίζεται ότι τα παραπάνω προϋποθέτουν την παράλληλη λήψη όλων των αναγκαίων μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος, με έμφαση στον εκσυγχρονισμό όλων των ΑΗΣ και την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών με στόχο τη σημαντική βελτίωση του βαθμού απόδοσης.

Λόγω έλλειψης των απαραίτητων χρηματοοικονομικών δεδομένων που σχετίζονται με τις διαδικασίες μεταφοράς και εκμετάλλευσης του άνθρακα από τη ΔΕΗ, η κοινωνικο-οικονομική σκοπιμότητα και εφικτότητα των προτεινόμενων σεναρίων δεν εξετάστηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, αφήνοντας το περιθώριο για τη συνέχιση της ερευνητικής προσπάθειας. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της αναγνωριστικής διερεύνησης δικαιολογούν το ενδιαφέρον και υποστηρίζουν την ανάγκη εκπόνησης μελετών τεχνικής εφικτότητας και σκοπιμότητας κόστους-οφέλους, καθώς και μελετών περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων για να τεκμηριωθεί τόσο η βέλτιστη χωροθέτηση της

όδευσης όσο και η επιλογή του κατάλληλου τύπου αγωγού άνθρακα. Και κυρίως για να δοθούν απαντήσεις στο βασικό ερευνητικό ερώτημα: τα συστήματα αγωγών μεταφοράς άνθρακα θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ενίσχυση της ενεργειακής αυτάρκειας κατά τη διάρκεια μιας μεταβατικής περιόδου που θα προετοιμάσει την χώρα για μια ομαλή και σταδιακή απεξάρτηση από τον λιγνίτη προς όφελος των καθαρών μορφών ενέργειας;

Σημειώσεις

3. Βλ. περισσότερα στο www.geo.auth.gr
4. Βλ. περισσότερα στο www.phmsa.dot.gov

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

- Αχιλιάς, Δ., Ελευθεριάδης, Ι. & Νικολαΐδης, Ν. (2015) «Άνθρακες». Κεφάλαιο 4 του συγγράμματος: Αχιλιάς, Δ., Ελευθεριάδης, Ι. & Νικολαΐδης, Ν., *Βιομηχανική οργανική χημεία*, ηλεκτρ. βιβλίο, Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, διαθέσιμο στο: <https://repository.kalipos.gr/handle/11419/1370>
- Γεωργακόπουλος, Α. (χ.χ.), «Στερεά καύσιμα και ο ελληνικός λιγνίτης». Διδακτικές σημειώσεις, Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ, διαθέσιμο στο: <http://www.geo.auth.gr/courses/gmo/gmo874e/shmeiwseis.htm>
- Γιαννακού Α. & Μουτσιάκης Ε. (2013) «Μελέτη Αξιολόγησης, Αναθεώρησης και Εξειδίκευσης ΠΠΧΣΑΑ Δυτικής Μακεδονίας», ΥΠΕΚΑ.
- ΔΕΗ Α.Ε. (2009) «Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορυχείων Πτολεμαΐδας, Ν. Κοζάνης».
- ΔΕΣΦΑ (2016), «Μελέτη ανάπτυξης 2017-2026», Αθήνα.
- Greenpeace Ελλάς (2010) «Οι επιπτώσεις της αξιοποίησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων στην Ελασσόνα», Ενημερωτικό δελτίο Greenpeace, διαθέσιμο στο <http://www.greenpeace.org/greece/Global/greece/report/2011/elassona-lignite.pdf> (ανάκτηση Μάρτιος 2017).
- Greenpeace Ελλάς (2013) «Σιωπηλοί δολοφόνοι – Γιατί η Ευρώπη πρέπει να αντικαταστήσει τον άνθρακα με καθαρή ενέργεια», Τεχνική έκθεση, Αθήνα.
- IENE - Ινστιτούτο Ενέργειας Νοτιοανατολικής Ευρώπης (2018) «Η ενεργειακή ασφάλεια της Ελλάδας και προτάσεις για την βελτίωσή της», Μελέτη IENE (M51), Αθήνα.
- IOBE – Ίδρυμα Οικονομικών και Βιομηχανικών Ερευνών (2016) «Η συμβολή της εξορυκτικής βιομηχανίας στην ελληνική οικονομία», Τεχνική έκθεση, Αθήνα.
- Καλαϊτζίδης, Σ. (2007) *Τυρφογένεση και εξελικτική πορεία τυρφώνων στην Ελλάδα*, διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Πατρών.
- Κουμαντάκης, Β. (2004), «Οι υδρογεωλογικές συνθήκες στην λεκάνη ποταμιάς και η αλληλοεπίδραση του υδατικού καθε-
στότος με τη μελλοντική λιγνιτική εκμετάλλευση στην Ελασσόνα», *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας*, Τόμος XXXVI, Πρακτικά 10ου Διεθνούς Συνεδρίου, Θεσ/νίκη.
- Λαμπριανίδης, Λ. (2000) *Οικονομική Γεωγραφία - Στοιχεία Θεωρίας και Παραδείγματα*, Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Νόμος 4001/2011, «Για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις».
- Παπαβασιλείου, Κ. (2005) «Μερικές σκέψεις και προτάσεις για την σημερινή κατάσταση και τις υπάρχουσες προοπτικές στο χώρο των λιγνιτών», διαθέσιμο στο: http://library.tee.gr/digital/m2069/m2069_papavasiliou.pdf
- Παπαγιαννάκης, Α. & Παγούνη, Χ. (2018), «Συστήματα αγωγών μεταφοράς άνθρακα και προστασία περιβάλλοντος: Εναλλακτικά σενάρια ανάπτυξης στη Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού Α.Ε. στη Βόρεια Ελλάδα», στο: *Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Πολεοδομίας, Χωροταξίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, 27-30 Σεπτεμβρίου 2018*, Βόλος.
- Πολύζος, Σ. (2011) *Περιφερειακή ανάπτυξη*, Αθήνα: Κριτική.
- Πολύζος, Σ. (2019) «Θεωρητική ανάλυση της συμβολής των μεταφορικών υποδομών στην περιφερειακή ανάπτυξη», *Αειχώρος*, 28:14-39.
- ΣΕΒ – Σύνδεσμος Επιχειρήσεων και Βιομηχανιών (2017), «Η εκμετάλλευση των ορυκτών πρώτων υλών ως ευκαιρία βιώσιμης ανάπτυξης για τη χώρα», *Special Report*, Τχ. 10.
- Σκάγιαννης, Π. (1994) *Πολιτική προγραμματισμού των υποδομών*, Αθήνα: Εκδόσεις Σταμούλης.
- Σκόδρας, Γ. (2019) «Τεχνολογίες καύσης άνθρακα», διδακτικές σημειώσεις στο ΠΜΣ «Τεχνολογίες Διαχείρισης και Αξιοποίησης Ενεργειακών Πόρων», Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.
- ΤΕΕ / Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας (2012α) «Εκτίμηση του κόστους μετάβασης της Δυτικής Μακεδονίας σε καθεστώς χαμηλής λιγνιτικής παραγωγής», Τεχνική έκθεση.
- ΤΕΕ / Τμήμα Δυτικής Μακεδονίας (2012β), «Προσδιορισμός και οριοθέτηση της μεταλιγνιτικής εποχής, για το ενεργειακό κέντρο της Δυτικής Μακεδονίας», Τεχνική έκθεση.
- TAP AG (2013) «Μελέτη περιβαλλοντικών και κοινωνικών επιπτώσεων Ελλάδος».
- ΥΠΕΚΑ (2012) «Η εξορυκτική/μεταλλουργική δραστηριότητα στην Ελλάδα. Στατιστικά δεδομένα για τη διετία 2013-2014», διαθέσιμο στο: <http://www.ypeka.gr/-LinkClick.aspx?fileticket=01emGtXvR2s%3D&tabid=294&language=el-GR> (ανάκτηση Απρίλιος 2015).
- ΦΕΚ 21/Β/12.01.2012, «Κατάταξη δημόσιων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες σύμφωνα με το Άρθρο 1 παράγραφος 4 του Ν. 4014/21.09.2011».
- Χατζημιχάλης, Κ. (2014) *Κρίση χρέους και υφανπαγή γης*. Αθήνα: ΚΨΜ.
- Χατζημιχάλης, Κ. (2018) *Τοπία κρίσης στη Νότια Ευρώπη*, Αθήνα: Αλεξάνδρεια.
- WWW Ελλάς (2016) «Οδικός χάρτης μετάβασης στη μεταλιγνιτική περίοδο για την Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας», Τεχνική έκθεση.

Ξενόγλωσση

- Alvarez Cuenca, M. & Anthony, E. J. (Eds.) (1995) *Pressurized Fluidized Bed Combustion*, Glasgow: Springer Science + Business Media Dordrecht.
- Bertram, K. M. & Kaszynski, G. M. (1986) “A comparison of coal-water slurry pipeline systems”, *Energy*, 11(11–12): 1167–1180, [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(86\)90054-X](https://doi.org/10.1016/0360-5442(86)90054-X).
- Coffey, G.R., & Partridge, V.A. (1982) “Coal slurry pipelines: the ETSI project”, *The Right of Way J.*, August:11-16.
- Edgar, E. F. (1983) “Coal Processing and Pollution Control”, lecture notes, https://www.che.utexas.edu/course/che359&384/lecture_notes/topic_3/Chapter4.pdf
- FavorSea (2013) “Coal Pipeline Transportation”, <http://www.favorsea.com/index.php/Products/read/id/20> (retrieved 6/2015).
- Glód, K., Lasek, J., Słowik, K. & Zuwała J. (2019) “Combustion of coal water slurry-technology enabling the achievement of a reduced technical minimum of the boiler”, ICBT Poland 2018, E3S Web of Conferences 82, 01004, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198201004>
- Glushkov, D. O., Strizhak, P. A. & Chernetskii, M. Yu. (2016) “Organic coal-water fuel: Problems and advances (Review)”, *Thermal Engineering*, 63(10): 707-717, <https://doi.org/10.1134/S0040601516100037>
- IEA – International Energy Agency (2017), “Energy policies of IEA countries – Greece 2017 review”, IEA Publication, France.
- Irfan, M., Irfan, M.A. Khan, A., Ullah, I. & Wazir, N. (2015) “The Case of Coal Water Slurry Fuel for Industrial Use in Pakistan”, *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 9(6): 460-465.
- Kakaras, E., Koumanakos, A.K. & Doukelis, A. (2012) “Pressurized fluidized bed combustion (PFBC) combined cycle systems”. In: Ashok, D. & Rao (eds.) *Combined Cycle Systems for Near-Zero Emission Power Generation*, Woodhead Publishing Series in Energy, 220-233, <https://doi.org/10.1533/9780857096180.220>
- Komatsu, H., Maeda, M. & Muramatsu, M. (2001) “A Large-Capacity Pressurized-Fluidized-Bed-Combustion-Boiler Combined-Cycle Power Plant”, *Hitachi Review*. 50(3).
- Lawal, M. (2010) “Historical development of the pipelines as a mode of transportation”, Lagos State University, Department of Geography and Planning, Faculty of Social Sciences.
- Liu, H. (2006a) “Coal Pipelines - Slurry, Coal Log and Other Technologies”, Zeus development workshop, March 30, Houston, Texas, USA.
- Liu, H. (2006b) “Transporting Freight Containers by Pneumatic Capsule Pipeline (PCP): Port Security and Other Issues”, <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/archive/conferences/jointsummer/2006/ports/session4liu.pdf>
- Manfred, R. K. (1986) “Coal-water slurry: A status report”, *Energy*, 11(11–12): 1157-1162, [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(86\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0360-5442(86)90052-6)
- Marrero, T.R. (2006), “Long-Distance Transport of Coal by Coal Log Pipeline”, Research Center University of Missouri, USA.
- Myllyvirta, L (2013), “Silent Killers - Why Europe must replace coal energy with green energy”, Greenpeace, Amsterdam, <http://www.greenpeace.org/-international/en/publications/Campaign-reports/Climate-Reports/Silent-Killers/> (retrieved 4/2017).
- NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) (2015) *Clean Coal Technologies in Japan-Technological Innovation in the Coal Industry*, 2nd ed., Kawasaki City: NEDO, <https://www.nedo.go.jp/content/100861237.pdf>
- OTA (Office of Technology Assessment) (1978) “Coal Slurry Pipelines”, Congress of USA.
- Paterson, A.J.C. (2011) “The pipeline transport of high density slurries – a historical review of past mistakes, lessons learned and current technologies”. In: *Proceedings of PASTE 2011 Conference*, Perth: Australian Centre of Geomechanics.
- Shimizu, T. (2013) “Pressurized fluidized bed combustion (PFBC)”. In: Scala, F. (ed.) *Fluidized Bed Technologies for Near-Zero Emission Combustion and Gasification*, Woodhead Publishing Series in Energy, 669-700, <https://doi.org/10.1533/9780857098801.3.669>
- Ziegler, J. (n.d.) “Native Americans and natural resources: Black Mesa”, Research Institute of North American Studies, University of Alcalá, Spain.
- Διαδικτυακές πηγές*
- www.aopl.org, πρόσβαση Ιούνιος 2015 στο: <http://www.aopl.org/pipelines-in-your-community/choosing-a-pipelines-route/>
- www.cordis.europa.eu, πρόσβαση Μάρτιος 2017 στο: http://cordis.europa.eu/project/rcn/15099_de.html
- www.dei.gr, πρόσβαση Απρίλιος 2015 στο: <https://www.dei.gr/el/i-dei/i-etairia/tomeis-drastiriotitas/oruxeia>
- www.ec.europa.eu, πρόσβαση Απρίλιος 2017 στο: http://ec.europa.eu/eurostat/-statistics-explained/index.php/Energy_production_and_imports/el
- www.eia.gov, πρόσβαση Μάρτιος 2017 στο: https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=coal_mining
- www.e-ptolemeos.gr, πρόσβαση Απρίλιος 2017 στο: <http://e-ptolemeos.gr/servia-sos-gia-lignitorichia-lavas-keprosilou/>
- www.orykta.gr, πρόσβαση Μαΐος 2015 στο: <http://www.orykta.gr/oryktes-protess-yles-tis-ellados/energeiaka-orykta>
- www.prlogos.gr, πρόσβαση Απρίλιος 2017 στο: <http://www.prlogos.gr/diavevaioseis-tis-dei-gia-ta-oryxia-mete-kailarko-sta-servia/>
- www.terna.gr, πρόσβαση Ιούλιος 2015 στο: <http://www.terna.gr/el/activities/energy/project-ses-ptolemais>