

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

## ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



### ΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: “ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ”

**«Η σύγκριση εξόρυξης και χρήσης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις αγορές των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και της Κίνας , οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις σε κάθε αγορά».**

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ενέργεια: Στρατηγική, Δίκαιο και Οικονομία.

Φωτεινή Φ. Ασημακοπούλου

Επιβλέπων Καθηγητής : Ρουκανάς Σπυρίδων, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2016



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

## ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



### ΠΜΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: “ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ”

**«Η σύγκριση εξόρυξης και χρήσης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις αγορές των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και της Κίνας , οι περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις σε κάθε αγορά».**

Διπλωματική Εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Διεθνών και Ευρωπαϊκών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των απαιτήσεων για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ενέργεια: Στρατηγική, Δίκαιο και Οικονομία.

Φωτεινή Φ. Ασημακοπούλου

Επιβλέπων Καθηγητής : Ρουκανάς Σπυρίδων, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή

.....

Η Φωτεινή Ασημακοπούλου βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία είναι αποκλειστικά ατομικό δικό μου. Όποιες πληροφορίες και υλικό που περιέχονται έχουν αντληθεί από άλλες πηγές, έχουν καταλλήλως αναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον τελώ εν γνώσει ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι δεν συντρέχουν όσα βεβαιώνονται από μέρος μου, μου αφαιρείται ανά πάσα στιγμή αμέσως ο τίτλος.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Σπυρίδων Ρουκανά, για την ευκαιρία που μου έδωσε και μου εμπιστεύτηκε την παρούσα διπλωματική εργασία αλλά και για την καθοδήγηση του, καθώς επίσης και τους συμφοιτητές και καλούς φίλους όπου η βοήθεια τους ήταν πολύτιμη για εμένα καθ' όλη τη διάρκεια του μεταπτυχιακού προγράμματος. Τέλος, θέλω να αφιερώσω την εν λόγω εργασία στον σύζυγο μου για την αγάπη, τη στήριξη και τη συμπαράσταση καθ' όλη τη διάρκεια της εν λόγω προσπάθειας, από την πρώτη ημέρα έναρξης του μεταπτυχιακού μου έως και την ολοκλήρωση του, που ήταν δίπλα μου σε κάθε μου βήμα, με την τεράστια ψυχολογική υποστήριξη.

Χρωστάω σε όλους ένα μεγάλο ευχαριστώ!

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η σύγκριση της εξόρυξης και της χρήσης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις αγορές των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και της Κίνας καθώς και η μελέτη των οικονομικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε κάθε αγορά. Το παραγόμενο από σχιστολιθικούς σχηματισμούς φυσικό αέριο, το οποίο αναφέρεται ως «σχιστολιθικό αέριο», έχει κινήσει το ενδιαφέρον των δύο χωρών με τις τεράστιες ενεργειακές ανάγκες, τις Η.Π.Α και την Κίνα. Μέχρι πρόσφατα τα σχιστολιθικά πετρώματα αντιμετωπιζόνταν μόνο ως δυνητικά μητρικά πετρώματα. Η εξάντληση των συμβατικών αποθεμάτων υδρογονανθράκων, καθώς και η αξιοποίηση των σχιστολιθικών σχηματισμών, έχουν οδηγήσει στη διαπίστωση ότι τα σχιστολιθικά πετρώματα μπορούν να δράσουν ως δυνητικοί μη συμβατικοί ταμειυτήρες υδρογονανθράκων. Ωστόσο η παραγωγή φυσικού αερίου από σχιστολιθικούς σχηματισμούς θεωρείτο μη οικονομικά εφικτή. Αυτό όμως άλλαξε με την εφαρμογή και τελειοποίηση των μεθόδων των οριζόντιων γεωτρήσεων και της υδραυλικής ρωγμάτωσης, καθώς ήταν αυτές που ανέδειξαν την οικονομική αξία και το δυναμικό παραγωγής του σχιστολιθικού αερίου. Οι Η.Π.Α και η Κίνα αναζητούν την ενεργειακή τους απεξάρτηση και εξετάζονται τα αποθέματα των δύο χωρών όπως επίσης και οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί αυτή η νέα πηγή ενέργειας.

**Λέξεις Κλειδιά :** Σχιστολιθικό αέριο, Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, Κίνα, Μη συμβατικοί πόροι, Ανακτήσιμα αποθέματα.

## **ABSTRACT**

Natural gas produced from shale formations which is commonly referred to as “shale gas”, has attracted the interest of two countries with huge energy dependencies, the U.S. and China. Until recently the shale rocks were regarded as a potential rock source. The depletion of conventional hydrocarbon and the exploitation of gas bearing shale formations, have led to the realization that the shale rocks, can also act as unconventional hydrocarbon reservoirs. However, the production of natural gas from shale formations wasn't considered economically feasible due to the special characteristics of those rocks. But this is changed dramatically with the implementation and further refinement of the methods of horizontal drilling and hydraulic fracturing as were those that highlighted the economic value and potential of shale gas. The U.S. and China are seeking their energy independence and examined the shale gas of the two countries as well as the economics and environmental impacts caused by this new energy source.

**Key Words:** Shale gas, USA, China, Unconventional resources, Recoverable reserves

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη .....	σελ.6
Abstract .....	σελ. 7
Εισαγωγή.....	σελ.14
Παράρτημα Βραχυγραφιών .....	σελ.16

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

#### Το σχιστολιθικό φυσικό αέριο στις Η.Π.Α.

1.1. Εισαγωγή .....	σελ.17
1.2. Η ιστορία της ανάπτυξης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής .....	σελ.17
1.3. Εμφανίσεις σχιστολιθικού φυσικού αερίου (shale gas) στις Η.Π.Α. ....	σελ.20
1.4. Οι προβλέψεις της παραγωγής σχιστολιθικού φυσικού αερίου των Η.Π.Α. ....	σελ.23
1.5. Περιγραφή κυριότερων σχιστολιθικών σχηματισμών .....	σελ.30
1.6. Τεχνικές εντοπισμού και παραγωγής σχιστολιθικού φυσικού αερίου .....	σελ.47

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

#### Κίνα και το Σχιστολιθικό φυσικό αέριο

2.1. Εισαγωγή .....	σελ.52
2.2. Ανακτήσιμα Αποθέματα της Κίνας .....	σελ.52
2.3. Λεκάνες – Κοιτάσματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου .....	σελ.54



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3**

### **Οι Οικονομικές Επιπτώσεις στις αγορές των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και της Κίνας**

3.1. Εισαγωγή .....	σελ.62
3.2. Οικονομική ανάπτυξη των Η.Π.Α. ....	σελ.62
3.3. Οικονομική ανάπτυξη της Κίνας.....	σελ.71
3.4. Παγκόσμια αγορά .....	σελ.75

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

### **Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις**

4.1. Εισαγωγή .....	σελ.82
4.2. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις .....	σελ.82
Γενικά Συμπεράσματα .....	σελ.95
Βιβλιογραφία .....	σελ.98

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1: Ετήσια παραγωγή συμβατικού και μη συμβατικού αερίου .....	σελ.22
Γράφημα 2: Σενάρια παραγωγής φυσικού αερίου .....	σελ.24
Γράφημα 3: Πρόβλεψη παραγωγής φ.α. μέχρι το 2040 .....	σελ.25
Γράφημα 4: Σενάρια Παραγωγής σχιστολιθικού φ.α. μέχρι το 2040.....	σελ. 26
Γράφημα 5: Παραγωγή shale gas της κάθε λεκάνης μέχρι το 2040.....	σελ.27
Γράφημα 6: Παραγωγή σχιστολιθικού αερίου στις Η.Π.Α. 2000-2014 ....	σελ. 29
Γράφημα 7: Κατανομή Φρεατίων .....	σελ.32
Γράφημα 8: Παραγωγή σχιστολιθικού αερίου και αριθμός γεωτρήσεων στο σχηματισμό Haynesville .....	σελ.38
Γράφημα 9: Παραγωγή σχιστολιθικού αερίου και αριθμός γεωτρήσεων στο σχηματισμό Marcellus.....	σελ.39
Γράφημα 10: Μέσος όρος παραγωγής ανά σχηματισμό .....	σελ.46
Γράφημα 11: Παραγωγή σχιστολίθου από το 2000 – 2012 .....	σελ.66
Γράφημα 12 : Προβλεπόμενη Παραγωγή .....	σελ.68
Γράφημα 13: Παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου.....	σελ.69
Γράφημα 14: Παραγωγή shale gas 2007-2014.....	σελ.70
Γράφημα 15: Κατανάλωση φυσικού αερίου.....	σελ.73
Γράφημα 16: Αποδεδειγμένα Αποθέματα .....	σελ.74
Γράφημα 17: Προφίλ Εισαγωγής .....	σελ.79
Γράφημα 18: Σύγκριση χρήσης νερού μεταξύ 4 λεκανών.....	σελ.88

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Ανακτήσιμα αποθέματα και παραγωγή.....σελ.19	σελ.19
Πίνακας 2: Εμφανίσεις Σχιστολιθικού αερίου .....σελ.21	σελ.21
Πίνακας 3: Κυριότεροι Σχηματισμοί .....σελ.45	σελ.45
Πίνακας 4:Τεχνικώς ανακτήσιμοι Πόροι .....σελ.54	σελ.54
Πίνακας 5.Α.: Γεωλογικοί Πόροι και Ιδιότητες .....σελ.60	σελ.60
Πίνακας 5.Β.: Γεωλογικοί Πόροι και Ιδιότητες .....σελ.60	σελ.60
Πίνακας 5.Γ.: Γεωλογικοί Πόροι και Ιδιότητες .....σελ.60	σελ.60
Πίνακας 6 : Θεμελιώδη μακροοικονομικά μεγέθη Η.Π.Α. ....σελ.63	σελ.63
Πίνακας 7: Εισαγωγές, εξαγωγές, αρχική τιμή αγοράς αργού πετρελαίου ...σελ.64	σελ.64
Πίνακας 8: Εισαγωγές, εξαγωγές, αρχική τιμή φυσικού αερίου .....σελ. 65	σελ. 65
Πίνακας 9: Σχιστολιθικοί Ανακτήσιμοι Πόροι .....σελ.67	σελ.67
Πίνακας 10: Παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου .....σελ.70	σελ.70
Πίνακας 11: Θεμελιώδη Μακροοικονομικά Μεγέθη Κίνας .....σελ.71	σελ.71
Πίνακας 12: Τιμές φυσικού αερίου 2014 .....σελ.73	σελ.73
Πίνακας 13: Σύγκριση Οικονομικών Δεικτών Η.Π.Α. – Κίνα .....σελ.75	σελ.75
Πίνακας 14: Κορυφαίες χώρες αποθέματος σχιστολιθικού αερίου .....σελ. 76	σελ. 76
Πίνακας 15: Αξιολόγηση Πόρων σχιστολιθικού φυσικού αερίου .....σελ. 76	σελ. 76
Πίνακας 16: Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις .....σελ.83	σελ.83
Πίνακας 17: Εκπομπές Ρύπων .....σελ.85	σελ.85
Πίνακας 18: Χρήση νερού παραγωγής .....σελ.86	σελ.86
Πίνακας 19: Σύγκριση χαρακτηριστικών παραγόμενου νερού .....σελ.89	σελ.89

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

1: Κύριες εμφανίσεις σχιστολιθικού αερίου στην Βόρεια Αμερική .....	σελ. 20
2: Κατανομή σχιστολιθικού φ.α. στις 48 Νοτιότερες Πολιτείες .....	σελ. 28
3: Χάρτης του σχηματισμού Barnett .....	σελ.31
4: Κατανομή φρεατίων στο σχηματισμό Barnett ,2014 .....	σελ.33
5: Χάρτης του σχηματισμού Fayetteville .....	σελ 34
6: Κατανομή φρεατίων του σχηματισμού Haynesville, .....	σελ.35
7: Χάρτης του σχηματισμού Haynesville .....	σελ.36
8: Χάρτης του σχηματισμού Marcellus .....	σελ.38
9: Κατανομή των φρεατίων στο σχηματισμό Marcellus. ....	σελ.40
10: Χάρτης του σχηματισμού Woodford .....	σελ.41
11: Κατανομή Φρεατίων του σχηματισμού Woodford .....	σελ.42
12: Χάρτης του σχηματισμού Eagleford .....	σελ.43
13: Κατανομή των φρεατίων του σχηματισμού Eagle Ford .....	σελ.44
14 – 15: Υδραυλική Ρωγμάτωση .....	σελ.48-49
16: Δημιουργία ρωγματώσεων .....	σελ.45
17: Χάρτης της Κίνας με τις επτά λεκάνες σχιστολιθικού αερίου.....	σελ.53
18: Τοποθεσίες σχιστόλιθου στη λεκάνη Sichuan .....	σελ.56
19: Χάρτης της λεκάνης Tarim .....	σελ.57
20: Χάρτης λεκάνης Junggar .....	σελ.58
21: Χάρτης λεκάνης Songliao .....	σελ.59



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το παραγόμενο από σχιστολιθικούς σχηματισμούς φυσικό αέριο, το οποίο αναφέρεται ως «σχιστολιθικό αέριο», έχει κινήσει το ενδιαφέρον των δύο χωρών με τεράστιες ενεργειακές ανάγκες, τις Η.Π.Α και την Κίνα. Μέχρι πρόσφατα τα σχιστολιθικά πετρώματα αντιμετωπίζονταν μόνο ως δυνητικά μητρικά πετρώματα. Η εξάντληση των συμβατικών αποθεμάτων υδρογονανθράκων, καθώς και η αξιοποίηση των σχιστολιθικών σχηματισμών, έχουν οδηγήσει στη διαπίστωση ότι τα σχιστολιθικά πετρώματα μπορούν να δράσουν ως δυνητικοί μη συμβατικοί ταμιευτήρες υδρογονανθράκων. Ωστόσο η παραγωγή φυσικού αερίου από σχιστολιθικούς σχηματισμούς θεωρείτο μη οικονομικά εφικτή. Αυτό όμως άλλαξε με την εφαρμογή και τελειοποίηση των μεθόδων των οριζόντιων γεωτρήσεων και της υδραυλικής ρωγμάτωσης, καθώς ήταν αυτές που ανέδειξαν την οικονομική αξία και το δυναμικό παραγωγής του σχιστολιθικού αερίου. Οι Η.Π.Α και η Κίνα αναζητούν την ενεργειακή τους ανεξάρτηση. Στη συνέχεια θα εξετασθούν τα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου κάθε χώρας καθώς και οι οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί αυτή η νέα πηγή ενέργειας.

Η **μεθοδολογία** που αναπτύχθηκε για την εκπόνησης της παρούσης διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη ελληνικής και ξενόγλωσσης βιβλιογραφίας, επιστημονικών άρθρων καθώς και σχετικές μελέτες. Μελετώνται στατιστικά στοιχεία και μακροοικονομικά μεγέθη για την ανάλυση της αγοράς των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και της Κίνας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία **δομείται** ως ακολούθως :

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το απαραίτητο θεωρητικό πλαίσιο σχετικά με την εξόρυξη και τη χρήση του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις αγορές των Η.Π.Α. αναλύονται οι κύριοι σχηματισμοί του σχιστολιθικού φυσικού αερίου και τα χαρακτηριστικά του καθένα ξεχωριστά. Εν συνεχεία περιγράφεται η τεχνολογία εξόρυξης των μη συμβατικών πόρων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται η αποτύπωση των ανακτήσιμων αποθεμάτων της Κίνας, η περιγραφή των κυριότερων λεκανών καθώς και η παραγωγή της κάθε λεκάνης ξεχωριστά.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η οικονομική ανάπτυξη στις Η.Π.Α. και στην Κίνα σχετικά με αυτή τη νέα πηγή ενέργειας, βάση οικονομικών και στατιστικών δεδομένων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο διατυπώνονται όλες οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η εξόρυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις δύο χώρες με βάση μακροοικονομικά στοιχεία.

Στο τέλος γίνεται η σύνοψη των κύριων αποτελεσμάτων της μελέτης και διατυπώνονται τα τελικά συμπεράσματα.

Η παρούσα εργασία επιδιώκει να ερευνήσει τη σύγκριση της εξόρυξης και χρήσης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις αγορές των Η.Π.Α. και της Κίνας καθώς και τις περιβαλλοντικές και οικονομικές επιπτώσεις στην κάθε αγορά ξεχωριστά. Η προσέγγιση αυτή θα βοηθήσει ώστε να εμβαθύνουμε σε αυτή τη νέα μορφή ενέργειας καθώς και το πόσο επηρεάζει αυτές τις δύο χώρες όπου αναπτύσσεται.

## **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**

### **ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΒΡΑΧΥΓΡΑΦΙΩΝ**

AEA- American Economic Association

AGS- American Geriatrics Society

Bcf - Billion cubic feet (δισεκατομμύρια κυβικά πόδια)

Bcfd - Billion cubic feet per day (δισεκατομμύρια κυβικά πόδια ανά ημέρα)

Bcm - Billion cubic meters (δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)

Btu – British thermal Unit(s) (Βρετανικές θερμικές μονάδες)

EIA - Energy Information Administration

EPA - Environmental Protection Agency

IEA - International Energy Agency

IOCs - International Oil Companies

Mcf - Million cubic feet (εκατομμύρια κυβικά πόδια)

MMBtu – One Million British thermal Unit(s) (1 εκατομμύριο Βρετανικές Θερμικές Μονάδες)

Tcf - Trillion cubic feet (τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια)

Tcm - Trillion cubic meters (τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα)



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Το Σχιστολιθικό φυσικό αέριο (shale gas) στις ΗΠΑ

### 1.1. Εισαγωγή

Οι τεχνολογικές εξελίξεις στις Ηνωμένες Πολιτείες ενίσχυσαν την οικονομική βιωσιμότητα της παραγωγής σχιστολιθικού αερίου, το οποίο με τη σειρά του έφερε την επανάσταση στην εξαρτημένη από τις εισαγωγές αγορά των ΗΠΑ. Το παρόν κεφάλαιο ασχολείται με την ιστορία της ανάπτυξης του σχιστολιθικού αερίου στις Η.Π.Α. , τις προβλέψεις παραγωγής και την περιγραφή των κύριων σχηματισμών σχιστόλιθων. Επιπλέον, αναπτύσσονται και αναλύονται οι τεχνικές εντοπισμού και παραγωγής σχιστολιθικού φυσικού αερίου καθώς και η τεχνολογία στην εξόρυξη των μη συμβατικών πόρων φυσικού αερίου.

### 1.2. Η ιστορία της ανάπτυξης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής.

Λόγω της εξάντλησης των συμβατικών κοιτασμάτων φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι εταιρίες συνεχώς αναγκαζόντουσαν να πραγματοποιούν γεωτρήσεις σε λιγότερο παραγωγικούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Αρχικά, οι εξέδρες φρεάτων επεκτείνονταν κοντά σε συμβατικούς σχηματισμούς και παρήγαγαν αέριο από ελαφρώς λιγότερο διαπερατούς σχηματισμούς. Σταδιακά ο αριθμός των φρεάτων αυξήθηκε και η παραγωγή ανά φρέαρ μειώθηκε. Η έρευνα προχωρούσε σε σχηματισμούς όπου περιείχαν σχιστολιθικό αέριο, οι οποίοι είναι λιγότερο διαπερατοί από άλλες δομές που περιέχουν αέριο. Τα μειούμενα αποθέματα συμβατικού αερίου, τα τεράστια αποθέματα μη συμβατικού φυσικού αερίου και οι μεγάλες γεωγραφικές περιοχές που επέτρεπαν την γεώτρηση εκατοντάδων χιλιάδων φρεάτων αποτέλεσαν το σημαντικό πλεονέκτημα για την παραγωγή μη συμβατικού φυσικού αερίου. Η ταχεία πρόσβαση σε κοιτάσματα σχιστολιθικού αερίου ξεκίνησε περίπου το 2005 με την ανάπτυξη του σχιστολιθικού σχηματισμού του Barnett στο Τέξας. Τότε ο σχηματισμός αυτός έφτασε να παράγει σχεδόν 14 bcm φυσικό αέριο τον χρόνο. Σε διάστημα 5 χρόνων διανοίχτηκαν εκεί περίπου 15.000 φρέατα.

Αφορμή για την ανάπτυξη των σχιστολιθικών κοιτασμάτων ήταν η τεχνολογική πρόοδος στις οριζόντιες γεωτρήσεις και στην υδραυλική ρωγμάτωση, με τη χρήση πρόσθετων χημικών, σε κοιτάσματα μη συμβατικών ορυκτών καυσίμων (Wang, Krupnick 2013).

Εκτός από την τεχνολογική καινοτομία υπήρχαν και άλλοι παράγοντες που οδήγησαν στην εκμετάλλευση των σχιστολιθικών πετρωμάτων για την παραγωγή φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ένας σημαντικός παράγοντας που βοήθησε στην ανάπτυξη των αποθεμάτων μη συμβατικού αερίου ήταν οι γεωλογικές γνώσεις που αποκτήθηκαν με την πάροδο των ετών. Κατά τα τελευταία 150 χρόνια, οι Ηνωμένες Πολιτείες έχουν αποκτήσει μεγάλη εμπειρία από γεωτρήσεις για πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Αυτό έδωσε στις ΗΠΑ ένα προβάδισμα για τη διερεύνηση πιθανών κοιτασμάτων μη συμβατικού αερίου σε σχέση με άλλες χώρες. Σημαντικό κίνητρο παράλληλα αποτέλεσε η εφαρμογή του νόμου Crude Oil Windfall Profit Tax Act το 1980. Σύμφωνα με το άρθρο 29 του νόμου, εισήχθη μια φορολογική πίστωση των \$0,5 ανά mcf παραγωγής φυσικού αερίου. Αυτή η πίστωση ενθάρρυνε τις εξορυκτικές δραστηριότητες, όπου οικονομικά δεν ήταν συμφέρουσες, στο κοιτάσμα Antrim στη λεκάνη του Michigan, και μετά στο κοιτάσμα New Albany στην λεκάνη Fort Worth του βόρειου Τέξας. Αν κι η πίστωση έληξε το 1992, οι παραγωγοί συνέχισαν να επεκτείνουν τα προγράμματα σχιστολιθικού αερίου καθώς η βελτίωση της τεχνολογίας, η καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών που ωθούν την παραγωγή και η αύξηση της λειτουργικής απόδοσης που είχαν συντελεστεί στο διάστημα αυτό βοηθούσαν την εκμετάλλευση του σχιστολιθικού αερίου (Wang 2013). Συν τοις άλλοις σημαντικό ρόλο διαδραμάτισε η εξαίρεση των δραστηριοτήτων υδραυλικής ρωγμάτωσης της βιομηχανίας υδρογονανθράκων από τον Νόμο για το ασφαλές πόσιμο νερό (SDWA 1974), όπως επικυρώθηκε από τον Νόμο για την ενεργειακή πολιτική του 2005 (EPA 2005). Στο άρθρο 322 του Νόμου για την ενεργειακή πολιτική του 2005 η υδραυλική ρωγμάτωση εξαιρέθηκε από σημαντικούς κανονισμούς του Οργανισμού προστασίας του περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA, Downey 2010). Στα πλαίσια της ενεργειακής πολιτικής, μειώθηκαν οι περιορισμοί στην πρόσβαση σε εκτάσεις γης, δίνοντας στους παραγωγούς μεγαλύτερο κίνητρο για αγορά εκτάσεων για εκμετάλλευση των υπόγειων αποθεμάτων.

Με την πτώση λοιπόν των αποθεμάτων συμβατικού φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες, η ανάπτυξη των κοιτασμάτων μη συμβατικού αερίου τα τελευταία χρόνια βοήθησε στην κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης για ενέργεια.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες υπάρχουν μεγάλα αποθέματα μη συμβατικού αερίου. Βάσει στατιστικών του 2011, τα τεχνικά ανακτήσιμα αποθέματα αερίου ανέρχονται στα 74 Tcm (2613,28 Tcf), εκ των οποίων τα μισά προέρχονται από μη συμβατικές πηγές (Πίνακας 1), αυτή η ποσότητα, με βάση τις σημερινές ανάγκες, επαρκεί για να καλύψει τη ζήτηση για τα επόμενα 110 χρόνια (IEA 2012).

Τα κοιτάσματα σχιστολιθικού αερίου βρίσκονται σε διαφορετικές λεκάνες, και εκτείνονται σε μεγάλα τμήματα των Ηνωμένων Πολιτειών, ενώ κάποιες εξ αυτών είναι κοινές με τον Καναδά και το Μεξικό (Εικόνα 1). Επιπλέον, δυο εκ των μεγαλύτερων σχιστολιθικών σχηματισμών που έχουν εντοπιστεί μέχρι στιγμής, οι σχηματισμοί Marcellus και Haynesville, θεωρούνται ότι αποτελούν τα μεγαλύτερα κοιτάσματα φυσικού αερίου, παντός είδους, στον κόσμο. Στον Πίνακα 1 που ακολουθεί παρατηρούμε τα ανακτήσιμα αποθέματα και την παραγωγή συμβατικού και μη συμβατικού αερίου στις ΗΠΑ, τα έτη 2005 – 2010. Φαίνεται ξεκάθαρα ότι τη μεγαλύτερη αύξηση παραγωγής την έχει το σχιστολιθικό φυσικό αέριο.(IEA,2012).

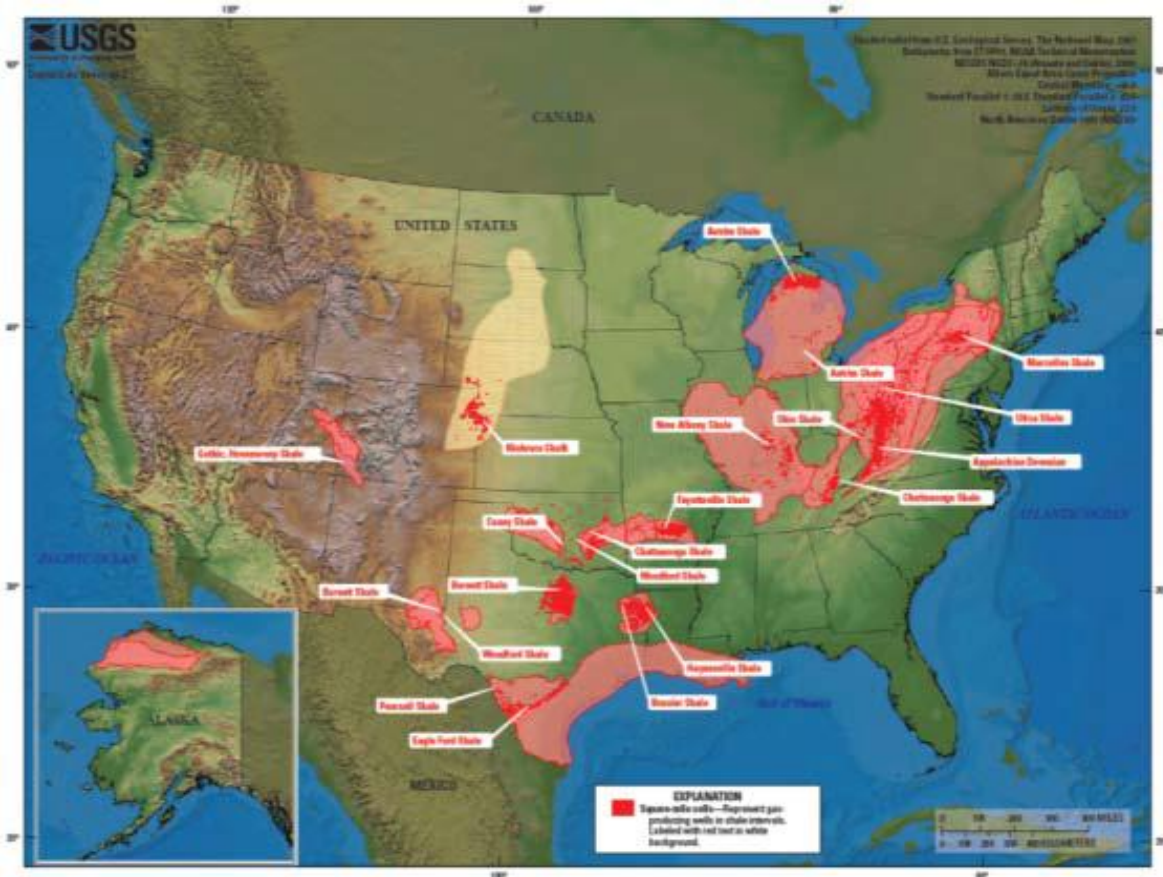
**Πίνακας 1 :** Ανακτήσιμα αποθέματα και παραγωγή

	Ανακτήσιμοι Πόροι (tcm)		Παραγωγή (bcm)		
	Τέλος- 2011	Συνολικό Μερίδιο	2005	2010	Συνολικό Μερίδιο (2010)
<b>Μη συμβατικό αέριο</b>	37	50%	224	358	59%
<b>Σχιστολιθικό αέριο</b>	24	32%	21	141	23%
<b>Έγκλειστο αέριο</b>	10	13%	154	161	26%
<b>Μεθάνιο από κοιτάσματα γαιανθράκων</b>	3	4%	49	56	9%
<b>Συμβατικό Αέριο</b>	37	50%	288	251	41%
<b>Σύνολο</b>	<b>74</b>	<b>100%</b>	<b>511</b>	<b>609</b>	<b>100%</b>

Πηγή : IEA 2012

Στην Εικόνα 1 διακρίνουμε τις κύριες εμφανίσεις σχιστολιθικού αερίου στην Βόρεια Αμερική (USGS).

**Εικόνα 1:** Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, εμφανίσεις σχιστολιθικού αερίου.



Πηγή : U.S. Geological Survey, 2012

### 1.3. Εμφανίσεις σχιστολιθικού φυσικού αερίου (shale gas) στις Η.Π.Α.

Στις ΗΠΑ, το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων σχιστολιθικού αερίου συναντάται στις 48 χαμηλότερες νοτιότερες πολιτείες. Ως κύριοι σχηματισμοί σχιστολιθικού αερίου θεωρούνται οι σχηματισμοί Barnett, Fayetteville, Haynesville, Marcellus, Woodford, και Eagle Ford. Η παραγωγή αερίου από τους πιο πάνω σχιστολιθικούς σχηματισμούς έφτασε τα 20 bcf/day για το 2011 με τα 5,9 bcf/day να προέρχονται από τον σχηματισμό Haynesville, τα 5,6 bcf/day από τον Barnett και τα 3 bcf/day από

τον Fayetteville, όντας τα τρία πιο αναπτυγμένα πεδία - περιοχές εκείνη την περίοδο (Oil& Gas Journal, 2012).

Στον Πίνακα 2 διακρίνουμε τους κυριότερους σχηματισμούς σχιστολιθικού αερίου και τα χαρακτηριστικά του καθένα, όπως την περιοχή της κάθε λεκάνης - τετραγωνικά μίλια, το βάθος, το καθαρό πάχος, τις αποστάσεις, τους ανακτήσιμους πόρους καθώς και το κόστος ισορροπίας. Με μια γρήγορη ματιά βλέπουμε ότι τη μεγαλύτερη περιοχή σε τετραγωνικά μίλια την καταλαμβάνει η λεκάνη Marcellus, καθώς επίσης και τους περισσότερους ανακτήσιμους πόρους.

**Πίνακας 2. :** Εμφανίσεις Σχιστολιθικού Αερίου

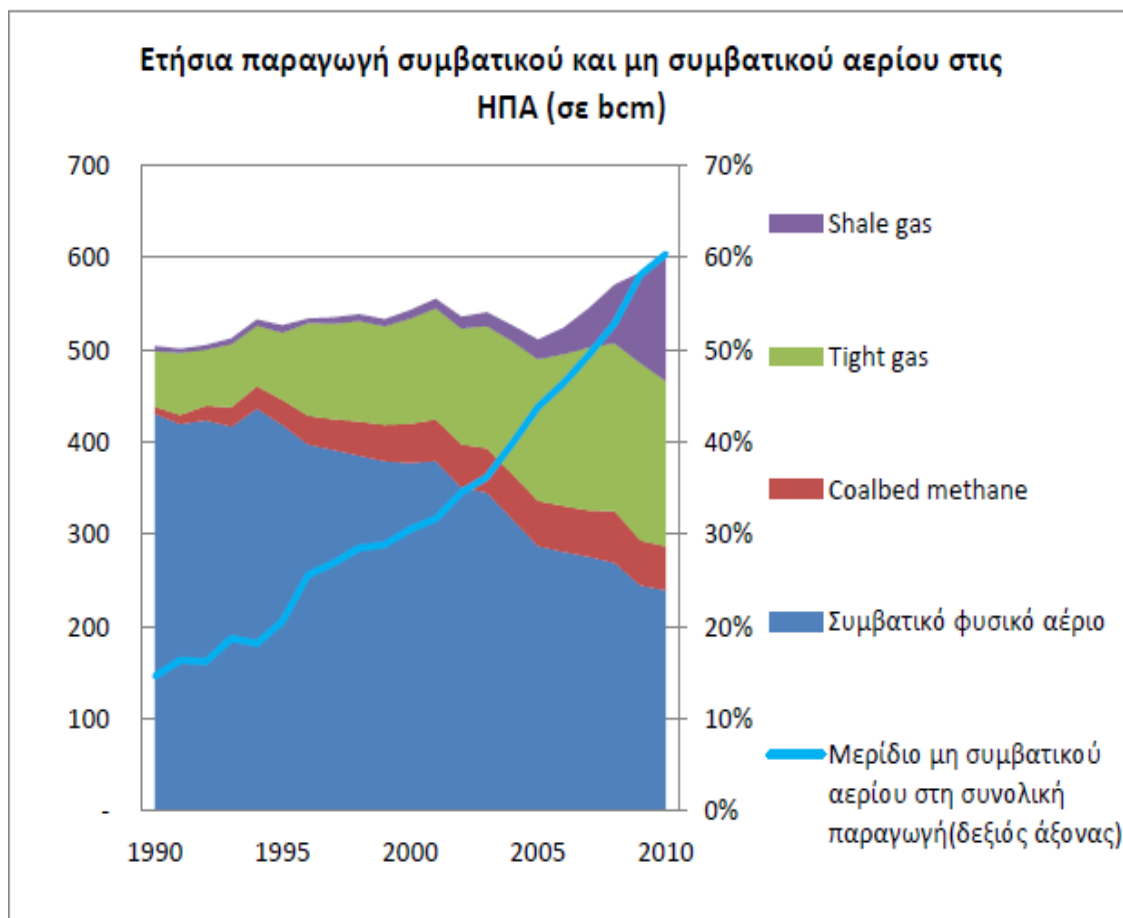
Λεκάνη σχιστολιθικού αερίου	Barnett	Fayetteville	Haynesville	Marcellus	Woodford	Eagle Ford
Εκτιμώμενη περιοχή της λεκάνης, τετραγωνικά μίλια	5,000	9,000	9,000	95,000	11,000	20,000 <sup>6</sup>
Βάθος, πόδια	6,500 – 8500	1,000 - 7,000	10,500 – 13,500	4,000 – 8500	6,000 – 11,000	4,000 – 12,000 <sup>7</sup>
Καθαρό Πάχος, Πόδια	100-600	20-200	200-300	50-200	120 – 220	500
Απόσταση, στρέμματα	60 – 160	80 – 160	40 – 560	40 – 160	640	NA
Αρχικό αέριο της περιοχής, Tcf	327	52	717	1,500	23	11 <sup>8</sup>
Τεχνικώς ανακτήσιμοι πόροι, Tcf	44	41.6	251	262	11.4	NA
Κόστος Ισορροπίας, US \$per mmbtu <sup>9</sup>	3.7	4.0	3.6	3.3	6.2	4.3

Πηγή : EIA, 2010

Στη συνέχεια ακολουθεί το Γράφημα 1 και μας δείχνει τη μείωση της παραγωγής συμβατικού φυσικού αερίου στις ΗΠΑ το διάστημα 1990-2010 και την ταυτόχρονη

αύξηση της παραγωγής μη συμβατικού αερίου το ίδιο διάστημα. Παρατηρείται ότι αυξάνεται η παραγωγή και στα τρία κύρια είδη μη συμβατικού αερίου. Επίσης παρουσιάζεται η εξέλιξη του μεριδίου της παραγωγής μη συμβατικού αερίου στην συνολική παραγωγή αερίου στις ΗΠΑ το διάστημα 1990-2010.

**Γράφημα 1:** Ετήσια παραγωγή συμβατικού και μη συμβατικού αερίου στις ΗΠΑ



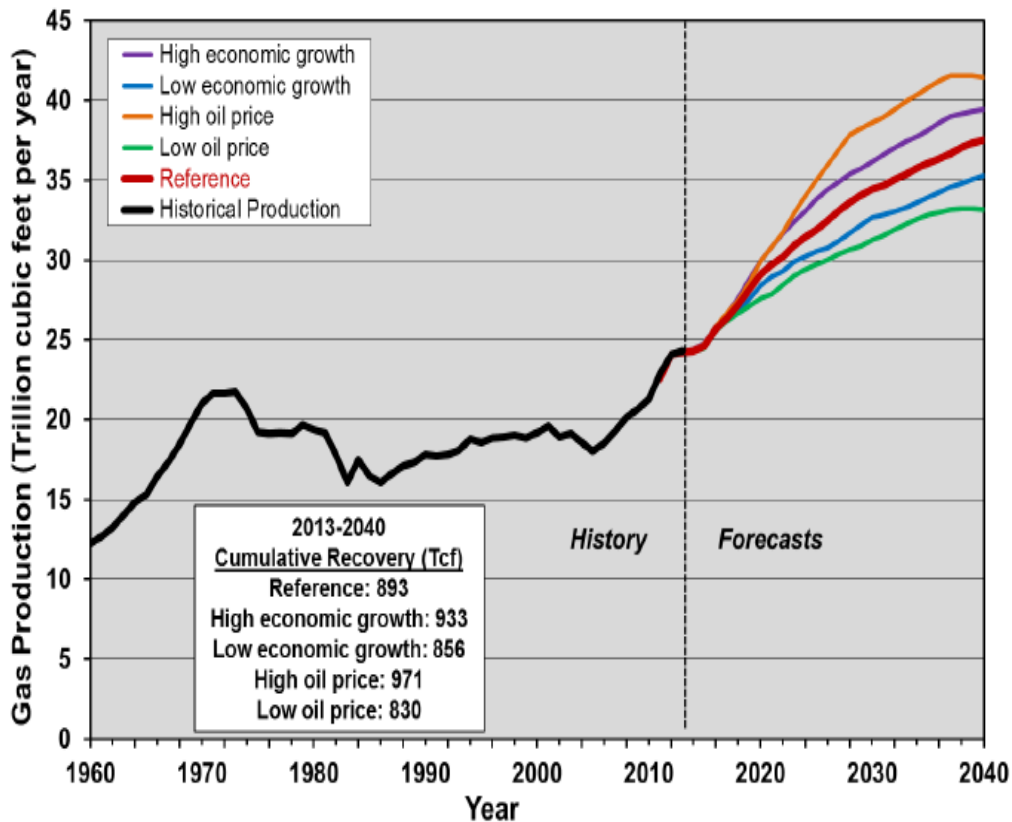
Πηγή : US Energy,2012

#### **1.4. Οι προβλέψεις της παραγωγής φυσικού αερίου των ΗΠΑ**

Η EIA's (Energy Information Administration) προβλέπει διάφορα σενάρια της μελλοντικής παραγωγής φυσικού αερίου των ΗΠΑ, καθώς επίσης κάνει και προβλέψεις για την τιμή και δηλώνει παραδοχές όσον αφορά τα διαθέσιμα τεχνικά ανακτήσιμα αποθέματα, τους πόρους καθώς και την παραγωγικότητα.

Το Γράφημα 2 απεικονίζει το φάσμα των προβλέψεων για την παραγωγή φυσικού αερίου της, από την EIA's , μέχρι το 2040 συγκριτικά με το ιστορικό της παραγωγής. Αυτά τα σενάρια μας δείχνουν ότι η παραγωγή φυσικού αερίου των Η.Π.Α. εκτοξεύεται από 37% σε 71% πάνω από τα επίπεδα του 2013 έως το 2040 και ανακτά περίπου 971 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια φυσικού αερίου κατά την περίοδο 2013-2040. Αυτό ισοδυναμεί με 2,5-2,9 φορές τα αποδεδειγμένα αποθέματα που υπήρχαν κατά το 2012 (EIA,2014), (αποδεδειγμένα αποθέματα θεωρούνται γενικά ότι οικονομικά αποδίδονται με την τρέχουσα τεχνολογία). Αβέβαιες εκτιμήσεις χωρίς περιορισμούς τιμών , μεταξύ 37% και 42% του υπόλοιπου ανακτήσιμου φυσικού αερίου στις ΗΠΑ θα πρέπει να καταναλώνεται μέσα στα επόμενα 26 χρόνια, σύμφωνα με τις προβλέψεις της EIA. Αυτό ισοδυναμεί με το 85% έως 99% του συνόλου των αερίων που παράγονται κατά τη διάρκεια των 54 χρόνων μεταξύ του 1960 και του 2013.

Γράφημα 2. : Σενάρια παραγωγής φυσικού αερίου.

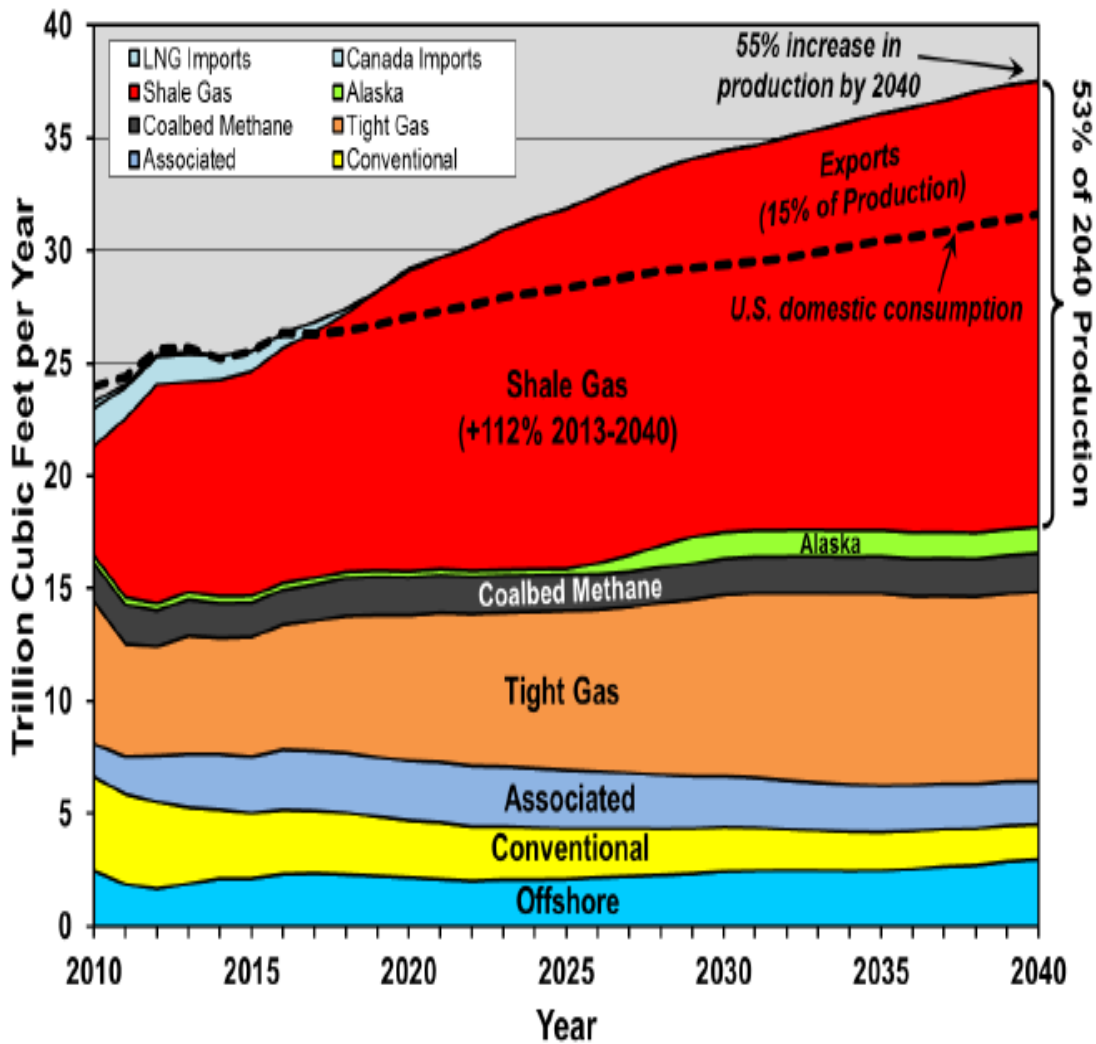


Πηγή : EIA's Annual Energy Outlook 2014

Παρά το γεγονός ότι η αύξηση της συμβατικής παραγωγής προβλέπεται πολύ μικρή, η παραγωγή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου (shale gas) φαίνεται να υπερδιπλασιάζεται μέχρι το 2040. Αυτό το διακρίνουμε στο Γράφημα 3 που ακολουθεί. Φαίνεται η συνολική αύξηση της παραγωγής κατά 55% την περίοδο 2013-2040, εκτιμώντας ότι το σχιστολιθικό φυσικό αέριο αυξάνει κατά 112% για την ίδια περίοδο.



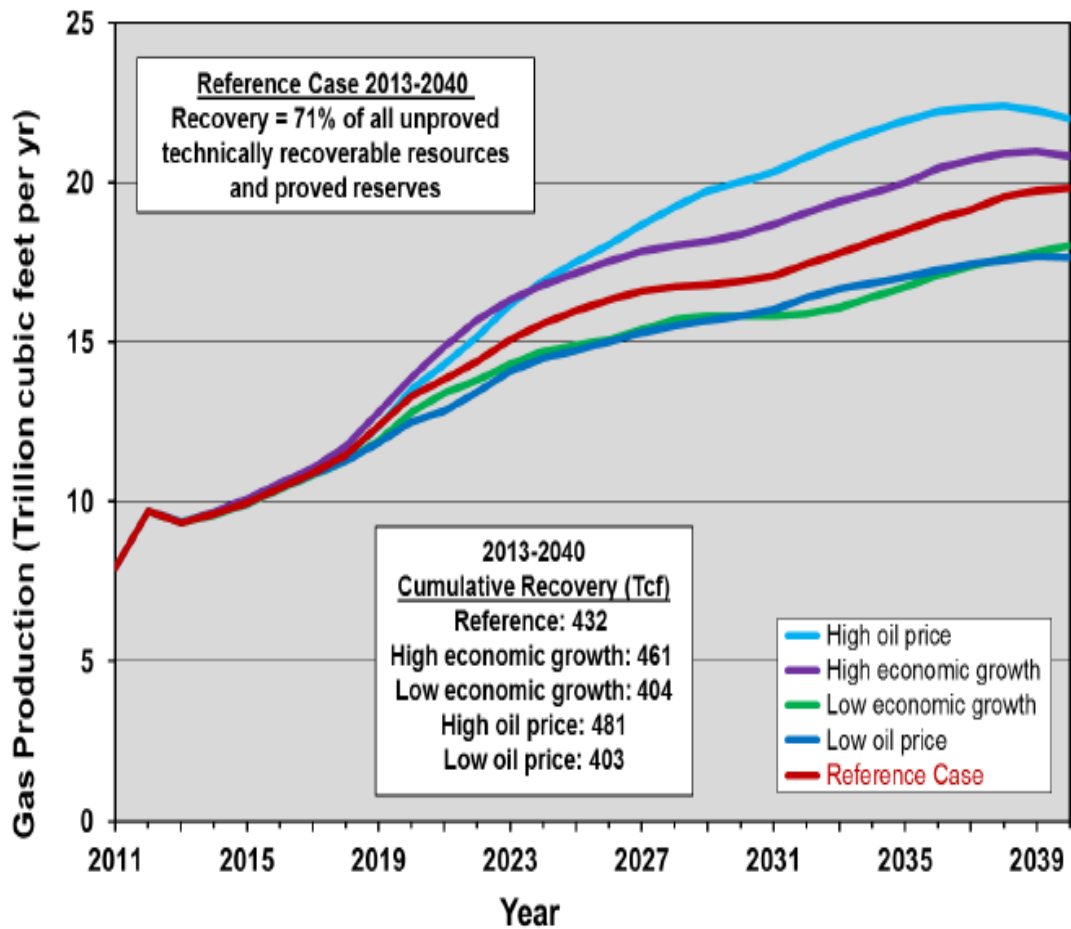
**Γράφημα 3.:** Πρόβλεψη παραγωγής φυσικού αερίου μέχρι το 2040.



Πηγή : EIA,2014

Το Γράφημα 4 απεικονίζει τις προβλέψεις για την παραγωγή του σχιστολιθικού αερίου σε αρκετές περιπτώσεις. Αυτά προϋποθέτουν την εξόρυξη μεταξύ του 66% έως 79% των εκτιμώμενων αποθεμάτων φυσικού αερίου από σχιστόλιθο, 611 τρις κυβικά πόδια, και αναπόδεικτοι πόροι από το 2040 (EIA,2014), (οι αναπόδεικτοι πόροι δεν έχουν κάποια τιμή διότι είναι αβέβαιοι σε σχέση με τα αποδεδειγμένα αποθέματα τα οποία αποδίδονται με την τρέχουσα τεχνολογία και τις τρέχουσες οικονομικές συνθήκες).

**Γράφημα 4.** : Σενάρια παραγωγής σχιστολιθικού φυσικού αερίου μέχρι το 2040.

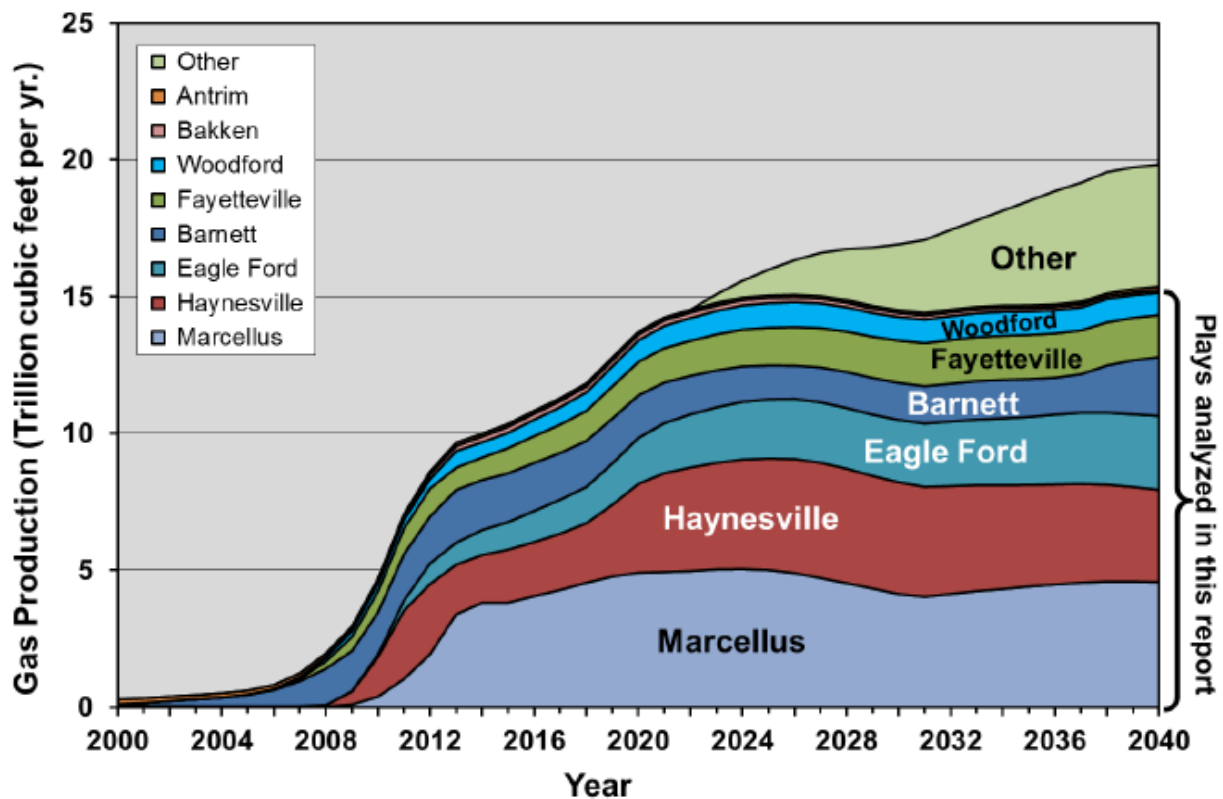


Πηγή : EIA,2014

Οι αναπόδεικτοι τεχνικώς ανακτήσιμοι πόροι εκτιμώνται σε 489 δις κυβικά πόδια και τα αποδεδειγμένα αποθέματα σε 122 τρις κυβικά πόδια (EIA,2014), έτσι ώστε αυτά τα σενάρια ισοδυναμούν με την ανάκτηση του 66% έως 79% του συνόλου των αποδεδειγμένων αποθεμάτων και αναπόδεικτων πόρων από το 2040.

Στο Γράφημα 5 διαφαίνεται η ανάλυση των επτά πιο παραγωγικών σχηματισμών οι οποίοι αντιπροσωπεύουν το 88% του σχιστολιθικού φυσικού αερίου, πρόβλεψη 2000-2040.

Γράφημα 5 : Παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου κάθε λεκάνης μέχρι το 2040.

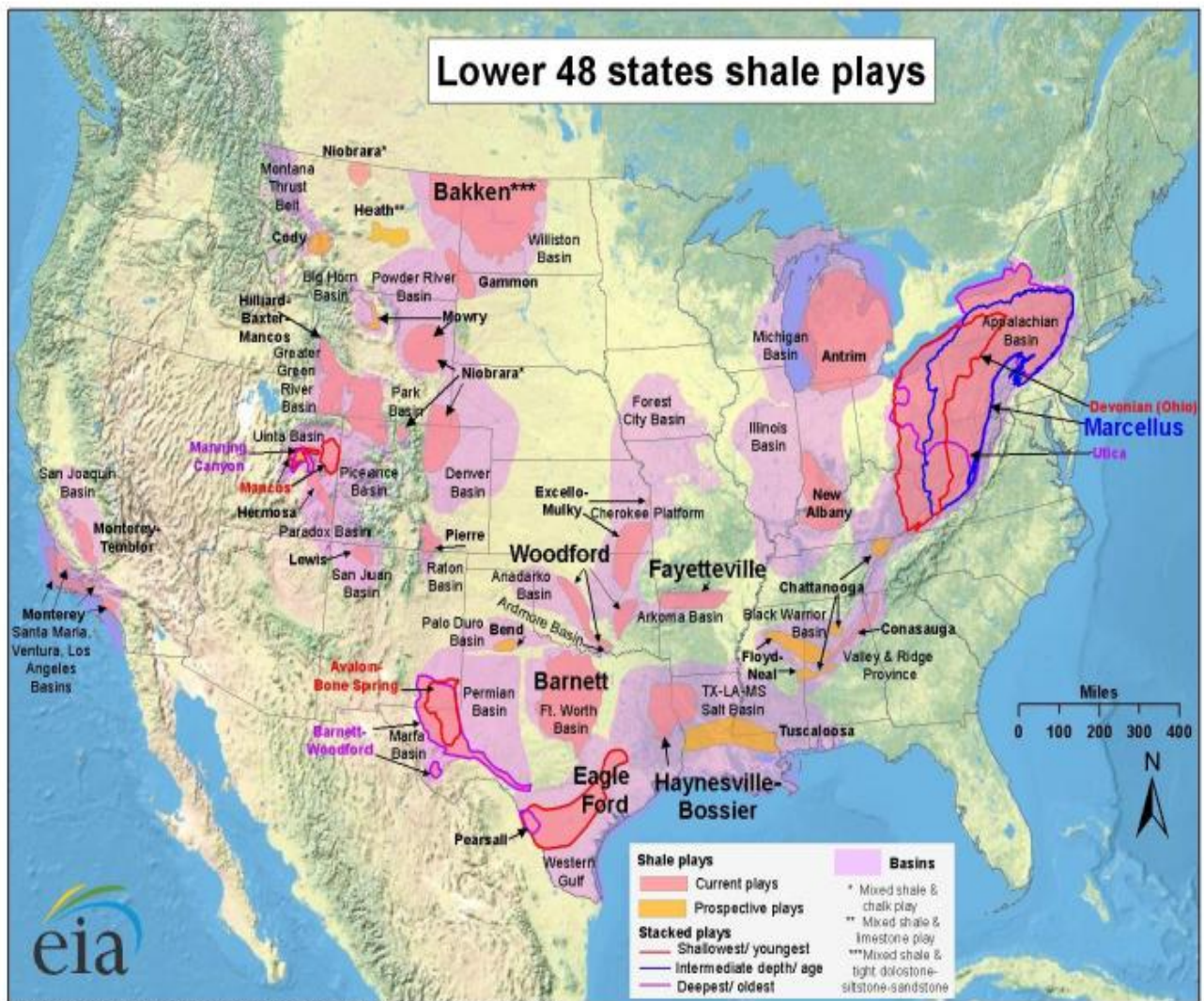


Πηγή : EIA, 2014

Η παραγωγή φυσικού αερίου από σχιστόλιθο ξεκίνησε με το σχηματισμό Barnett του ανατολικού Τέξας στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και στις αρχές της δεκαετίας του 2000. Με την ευρεία εφαρμογή των οριζόντιων γεωτρήσεων και την υδραυλική ρωγμάτωση (fracking) αρχής γενομένης από το 2003, η παραγωγή αυξήθηκε με ταχείς ρυθμούς. Ο σχηματισμός Haynesville της Λουιζιάνα και του ανατολικού Τέξας, ήταν άγνωστος ως το 2007, και έγινε το μεγαλύτερο παιχνίδι σχιστόλιθου στις ΗΠΑ με αποκορύφωμά τα τέλη του 2011 – παρόλο που στη συνέχεια η παραγωγή μειώθηκε κατά 46%.

Στην Εικόνα 2 μπορούμε να διακρίνουμε το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων σχιστολιθικού αερίου που συναντάται στις 48 χαμηλότερες νοτιότερες πολιτείες.

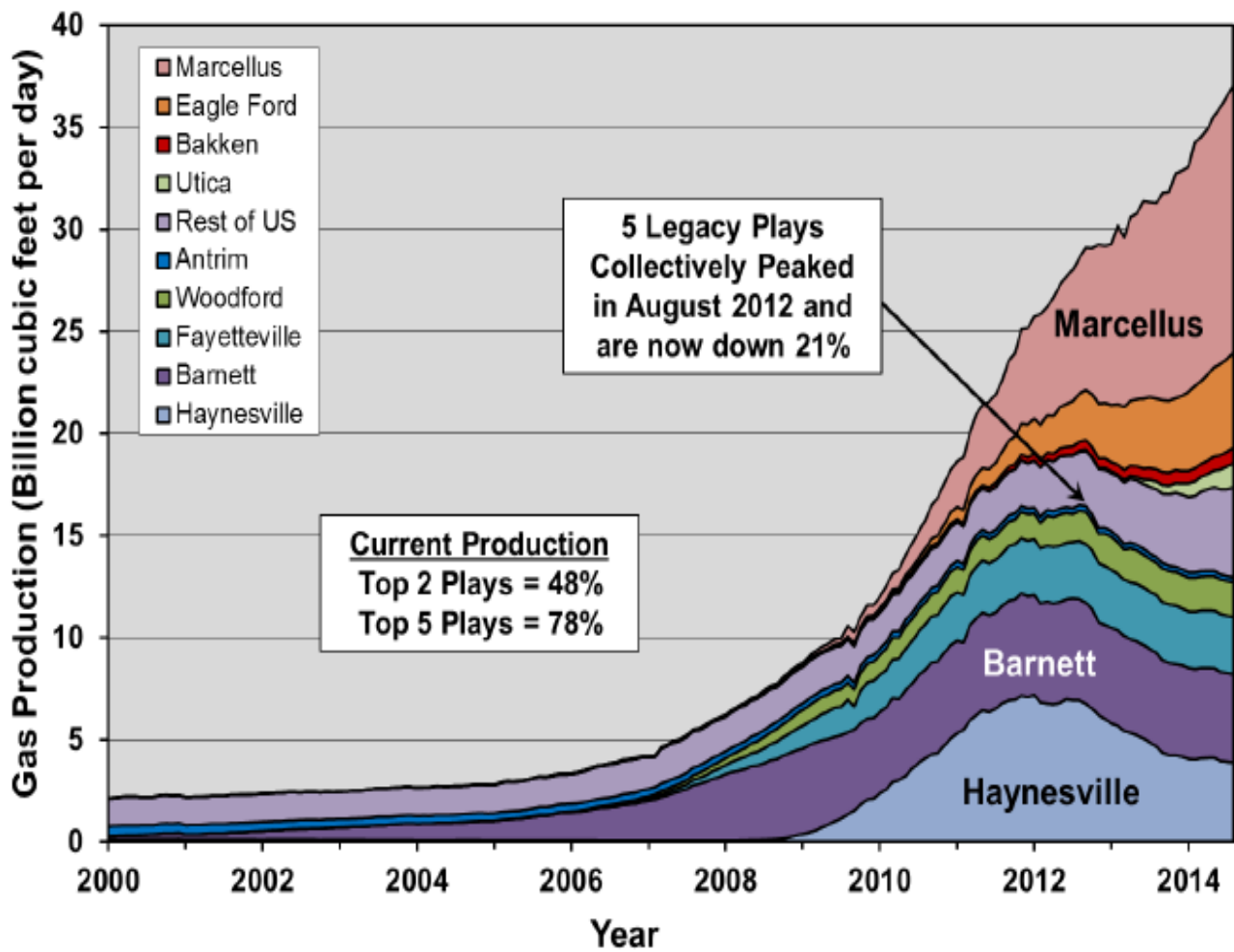
Εικόνα 2. : Κατανομή σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις 48 νοτιότερες πολιτείες της Αμερικής.



Πηγή : EIA,2011

Η παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου από τις ΗΠΑ υπολογίζεται από την EIA's (Energy Information Administration) σε 37 δις κυβικά πόδια ανά ημέρα. Στο Γράφημα 6 διακρίνουμε ότι σχεδόν το ήμισυ αυτής της παραγωγής προέρχεται από δύο σχηματισμούς, τον Barnett και τον Marcellus και το 78% προέρχεται από μόλις πέντε σχηματισμούς.

Γράφημα 6.: Παραγωγή σχιστολιθικού αερίου στις Η.Π.Α. 2000-2014.



Πηγή: EIA, 2014

## 1.5. Περιγραφή κυριότερων σχιστολιθικών σχηματισμών

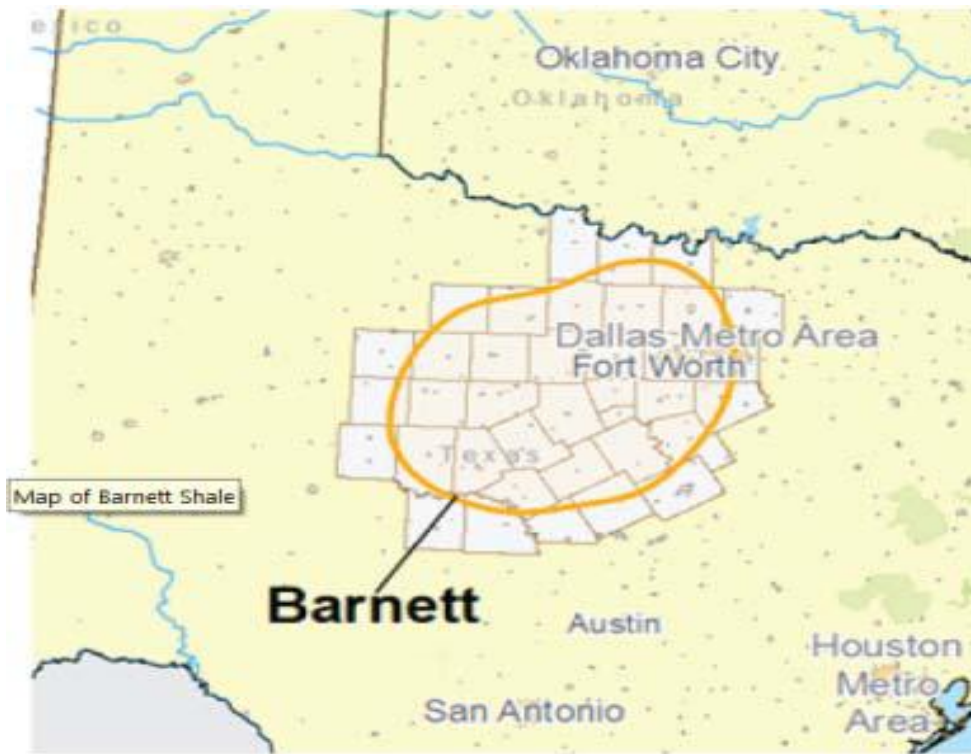
Στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, το μεγαλύτερο μέρος των αποθεμάτων σχιστολιθικού αερίου συναντάται στις 48 χαμηλότερες νοτιότερες πολιτείες. Ως κύριοι δυνητικοί σχηματισμοί σχιστολιθικού αερίου θεωρούνται οι σχηματισμοί Barnett, Fayetteville, Haynesville, Marcellus, Woodford, και Eagle Ford. Η παραγωγή αερίου (από τους παραπάνω σχιστολιθικούς σχηματισμούς) έφτασε τα 20 bcf/day για το 2011 με τα 5,9 bcf/day να προέρχονται από τον σχηματισμό Haynesville, τα 5,6 bcf/day από τον Barnett και τα 3 bcf/day από τον Fayetteville, όντας τα τρία πιο αναπτυγμένα πεδία- περιοχές εκείνη την περίοδο (Oil & Gas Journal, 2012).

### Σχηματισμός Barnett

Ο σχηματισμός Barnett βρίσκεται στο βορειοκεντρικό Τέξας εντός της λεκάνης Fort Worth. Ανακαλύφθηκε κατά τη δεκαετία του 1950, αλλά η εκμετάλλευση του δεν ήταν εμπορικά βιώσιμη μέχρι τη δεκαετία του 1980. Η παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου από το σχηματισμό Barnett ξεκίνησε τα τέλη της δεκαετίας του 1990 και αρχές της δεκαετίας του 2000. Με την ευρεία εφαρμογή των οριζόντιων γεωτρήσεων και της υδραυλικής ρωγμάτωσης (fracking) αρχής γενομένης από το 2003, η παραγωγή αυξήθηκε με ταχείς ρυθμούς. Πρόσφατα, σχεδόν τα 2/3 της παραγωγής σχιστολιθικού αερίου στην Αμερική προέρχονταν από το σχηματισμό Barnett. Ο σχηματισμός καλύπτει έκταση 5000 mi<sup>2</sup>, ενώ το πάχος του κυμαίνεται από 100 ft έως και πάνω από 600 ft (Εικόνα 3). Τα αρχικά αποθέματα φτάνουν τα 327 Tcf, με τα 44 Tcf να εκτιμώνται ως τεχνικά ανακτήσιμα.



**Εικόνα 3.:** Χάρτης του σχηματισμού Barnett



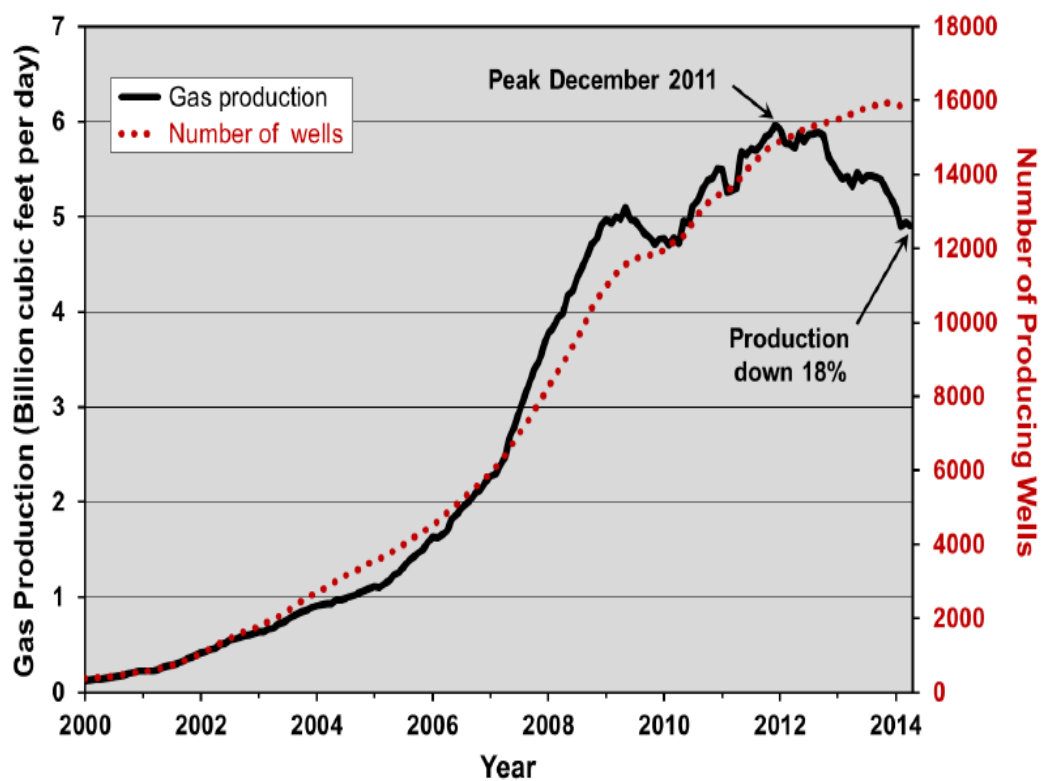
Πηγή : U.S. Department of Energy, 2009

Στο συγκεκριμένο σχηματισμό υπάρχουν 14.871 γεωτρήσεις με παραγωγή 5,85 bcf/day, κατατάσσοντας τον στη δεύτερη θέση (Μάρτιος 2012) μετά από τον σχηματισμό Haynesville ως προς το μέγεθος της ημερήσιας παραγωγής. Η παραγωγή φαίνεται να έχει σταθεροποιηθεί μετά τον Δεκέμβριο του 2011, παρά τον αυξανόμενο αριθμό των γεωτρήσεων .

Το Γράφημα 7 απεικονίζει την κατανομή των φρεατίων από τα αρχές του 2014. Υπάρχουν πάνω από 19.600 γεωτρήσεις.

Η παραγωγή του Barnett κορυφώθηκε σε περίπου 6 bcf/per day το Δεκέμβριο του 2011. Το ποσοστό των γεωτρήσεων αυξήθηκε περίπου 500 φρέατα ετησίως το 2002 σε 2.800 φρέατα το 2008.

Γράφημα 7 : Κατανομή φρεατίων

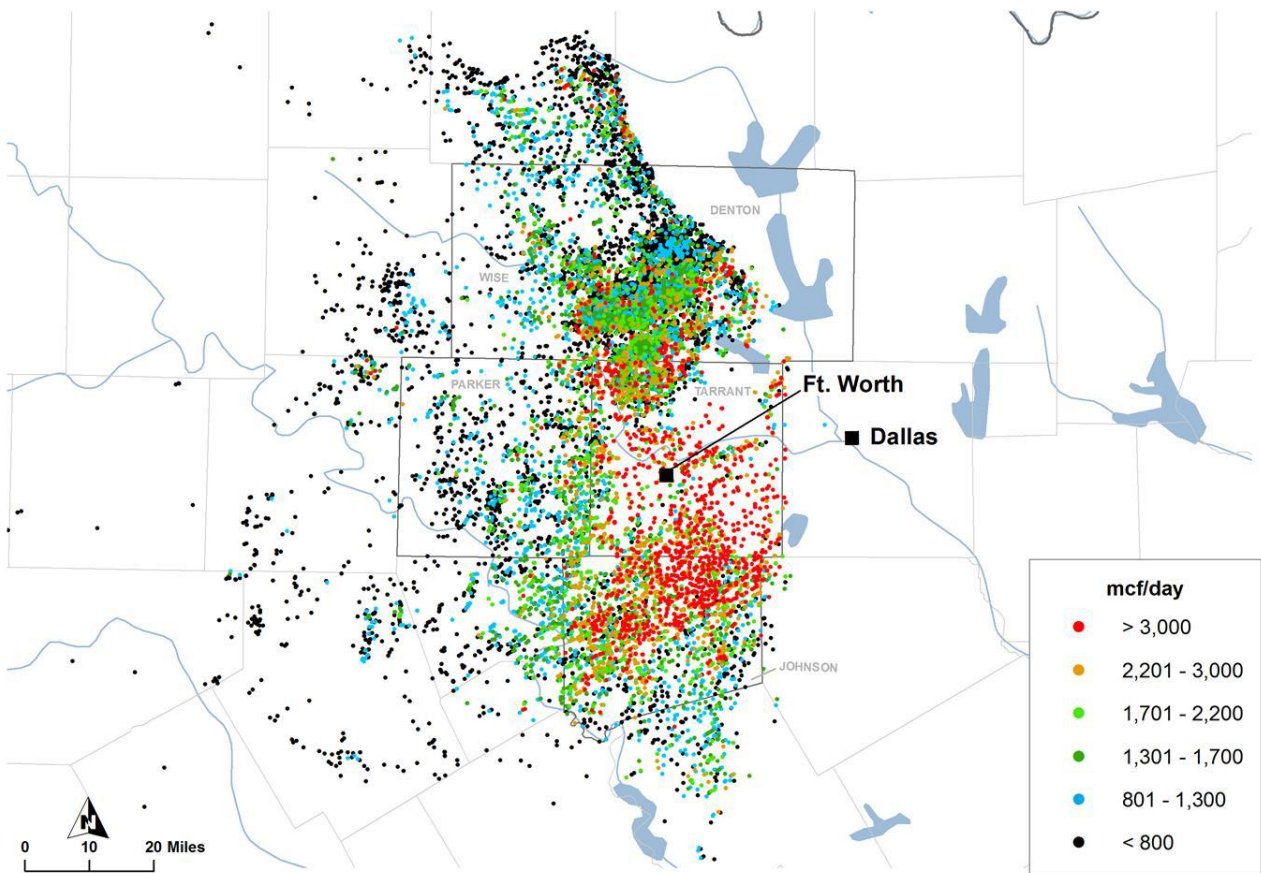


Πηγή : Data from Drilling info retrieved August 2014

Στην Εικόνα 4 απεικονίζεται η κατανομή των φρεατίων από τις αρχές του 2014. Πάνω από 19.600 πηγάδια διανοίχθηκαν (μέχρι την περίοδο 2014) κατά την οποία τα 15.906 παρήγαγαν αέριο. Το έργο καλύπτει τμήματα των 24 χωρών, αν και το μεγαλύτερο μέρος της γεώτρησης είναι συγκεντρωμένη σε πέντε κομητείες στο ανατολική Τέξας γύρω από την πόλη του Dallas / Fort Worth.



**Εικόνα 4.** : Κατανομή φρεατίων στον σχηματισμό Barnett από τις αρχές του 2014.



Πηγή : Data from Drilling info retrieved August 2014

## Σχηματισμός Fayetteville

Ο σχηματισμός Fayetteville βρίσκεται στην πλευρά του Arkansas της λεκάνης Arkoma και εκτείνεται σε όλο το βόρειο Arkansas, σε πάχος κυμαίνεται από 50 ft έως 550 ft και σε βάθος 1500 έως 6500 ft.

Η αξιοποίηση του σχηματισμού ξεκίνησε στις αρχές τις προηγούμενης δεκαετίας και εκτιμάται ότι από τα 52 Tcf που είναι τα επιτόπου αρχικά αποθέματα τα 41,6 Tcf

είναι τεχνικά ανακτήσιμα. Η έκταση που καταλαμβάνει ο σχηματισμός Fayetteville με 9000 mi<sup>2</sup> είναι σχεδόν η διπλάσια από αυτήν του σχηματισμού Barnett (Εικόνα5).

**Εικόνα 5.** : Χάρτης του σχηματισμού Fayetteville



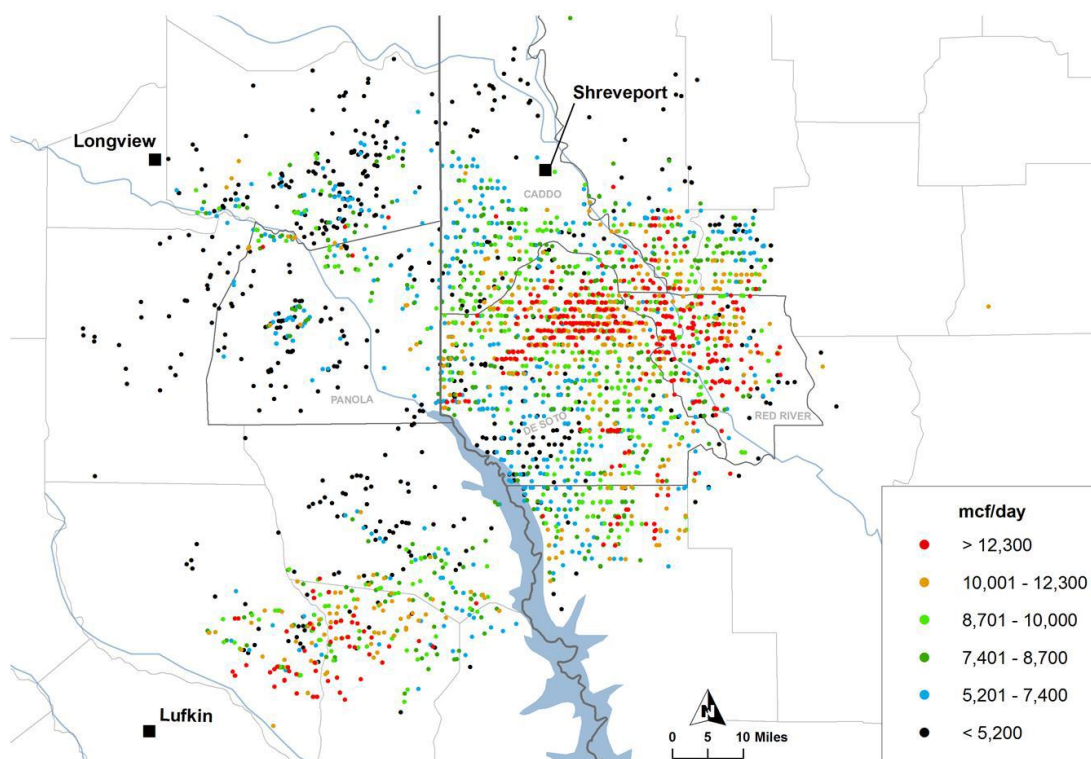
Πηγή :US. Department of Energy, 2009

### **Σχηματισμός Haynesville**

Ο σχηματισμός Haynesville ανακαλύφθηκε το 2007 και η παραγωγή αυξήθηκε γρήγορα μέχρι που έγινε ο μεγαλύτερος σχηματισμός του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις ΗΠΑ, με αποκορύφωμά τις αρχές του 2012.

Η Εικόνα 6, απεικονίζει την κατανομή των φρεατίων από τις αρχές του 2014. Σε πάνω από 3.500 φρέατα έχει γίνει διάτρηση , εκ των οποίων 3.274 είχαν παραγωγή μέχρι το 2014. Το μεγαλύτερο μέρος της γεώτρησης είναι συγκεντρωμένο στη βόρεια Louisiana στο ανατολικό Texas, με το βάθος του να κυμαίνεται από 10.500 ft έως 13.500 ft.

**Εικόνα 6.** : Κατανομή των φρεατίων του σχηματισμού Haynesville, αρχές του 2014.



Πηγή : Data from Drilling info retrieved April,2014

Ο σχιστόλιθος Bossier (ή αλλιώς άνω Haynesville) βρίσκεται στο ανατολικό Texas και Louisiana, πάνω από το σχιστόλιθο Haynesville. Κάποιοι γεωλόγοι ωστόσο, εξακολουθούν να θεωρούν ότι οι σχιστόλιθοι Haynesville και Bossier είναι ίδιοι σχηματισμοί. Η συνολική έκταση του σχηματισμού φτάνει τα 9000 mi<sup>2</sup> με το μέσο πάχος του να κυμαίνεται από 200 ft μέχρι 300ft (Εικόνα 7.). Τα εκτιμώμενα αρχικά επιτόπου αποθέματα καθώς και τα τεχνικά ανακτήσιμα φτάνουν τα 717 Tcf και 251 Tcf αντίστοιχα.

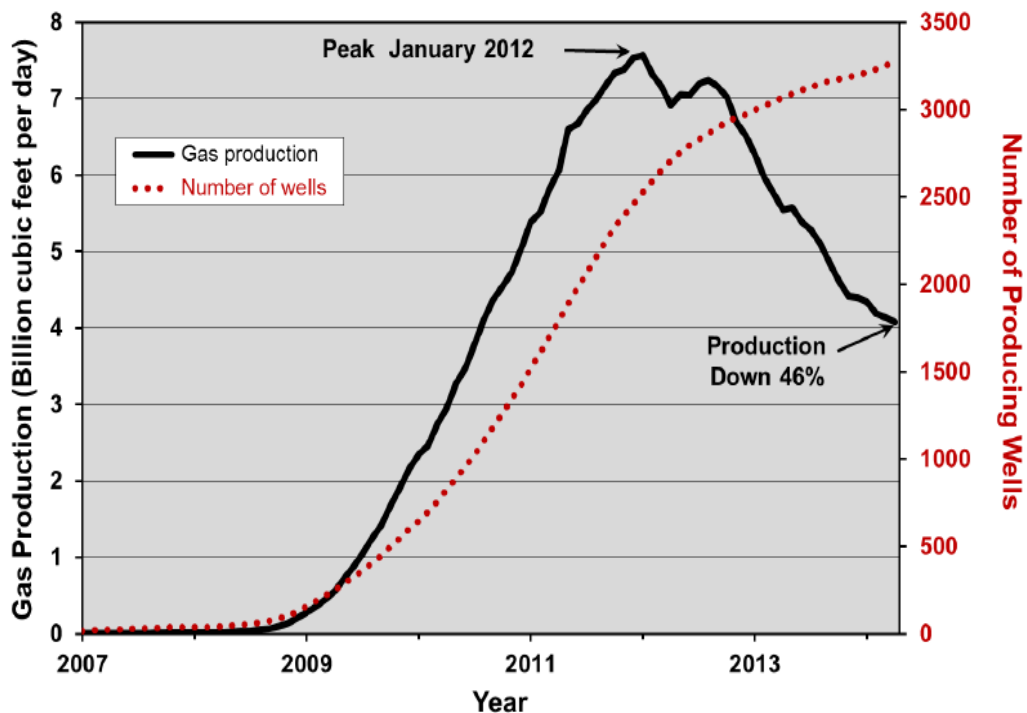
**Εικόνα 7.** : Χάρτης του σχηματισμού Haynesville



Πηγή : U.S. Department of Energy, 2009

Ο σχηματισμός Haynesville κατέλαβε την πρωτιά ως ο σχηματισμός με τη μεγαλύτερη ημερήσια παραγωγή ξεπερνώντας τον σχηματισμό Barnett, για πρώτη φορά, στα μέσα του Φεβρουαρίου του 2011 (EIA, 2014), διατηρώντας την μέχρι το Μάρτιο του 2013. Επίσης είναι ο σχηματισμός με τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα ανά γεώτρηση. Στο Γράφημα 8 βλέπουμε ότι η παραγωγή κορυφώθηκε το 2012 σε παραγωγή μεγαλύτερη των 7bcf per day. Από το 2008 μέχρι το 2011 η αύξηση των πηγαδιών εκτοξεύθηκε σε 1050 πηγάδια.

**Γράφημα 8 :** Παραγωγή σχηματισμού Haynesville και αριθμός φρεατίων , 2007 – 2014.



Πηγή : Data from Drilling info retrieved August,2014

## Σχηματισμός Marcellus

Ο σχηματισμός Marcellus είναι το μεγαλύτερο σε έκταση πεδίο στις ΗΠΑ, καθώς εκτείνεται σε έξι πολιτείες στα βορειοανατολικά της χώρας. Καλύπτει έκταση 95000 mi<sup>2</sup> με το μέσο πάχος του να κυμαίνεται από 50 – 200 ft. Το βάθος του φτάνει από τα 4000ft έως 8500ft (Εικόνα 8). Παρά τη σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα του σε αέριο (60 scf/ton – 100 scf/ton), λόγω της μεγάλης του έκτασης καταφέρει να έχει το μεγαλύτερο όγκο αρχικών επιτόπου αποθεμάτων φτάνοντας τα 1500 Tcf. Τα τεχνικά ανακτήσιμα αποθέματα εκτιμώνται στα 262 Tcf, αλλά λόγω του ότι το πεδίο βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, τα δεδομένα αναθεωρούνται συχνά. Η παραγωγή τον Δεκέμβριο του 2011 έφτασε τα 4,96 Bcf/day από 3848 γεωτρήσεις, ενώ τον Μάρτιο του 2013, με παραγωγή πέραν των 7 Bcf/day ανήλθε στην κορυφή, αφήνοντας στη δεύτερη θέση τον σχηματισμό Haynesville (Oil & Gas Journal 2014).



Εκτιμάται ότι ο σχηματισμός Marcellus θα ξεπεράσει το φράγμα των 10 Bcf/day εντός της επόμενης πενταετίας.

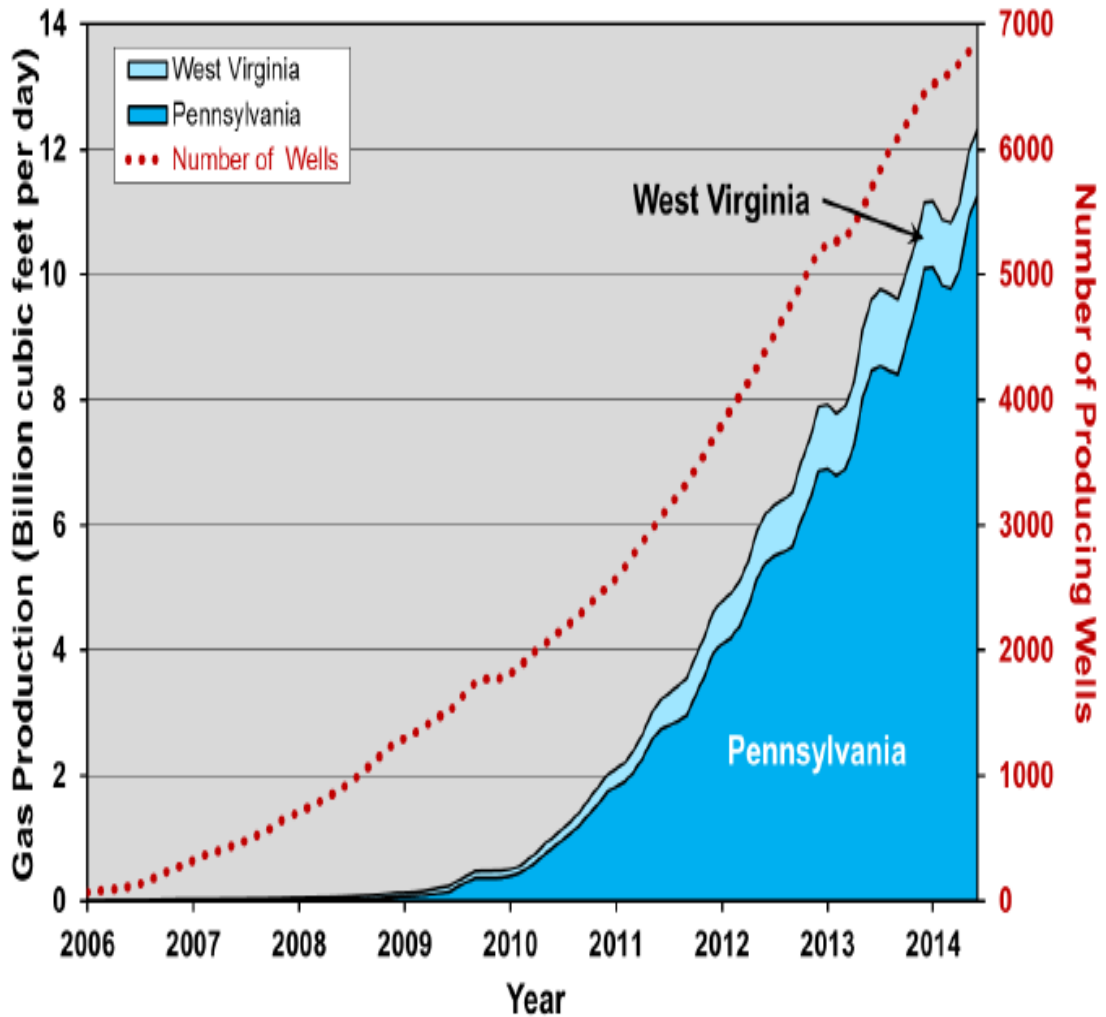
**Εικόνα 8.** : Χάρτης του σχηματισμού Marcellus



*Πηγή: U.S. Department of Energy, 2009*

Αυτή τη στιγμή ο Marcellus είναι ο μεγαλύτερος και αναπτυσσόμενος σχηματισμός σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Επιπλέον είναι το μεγαλύτερο έργο από άποψη τοπικής έκτασης, όπου εκτείνεται από την Πολιτεία της Νέας Υόρκης στη Νότια Δυτική Βιρτζίνια και από το Οχάιο μέχρι την Δύση, ωστόσο το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από την Πενσυλβάνια (Γράφημα 9).

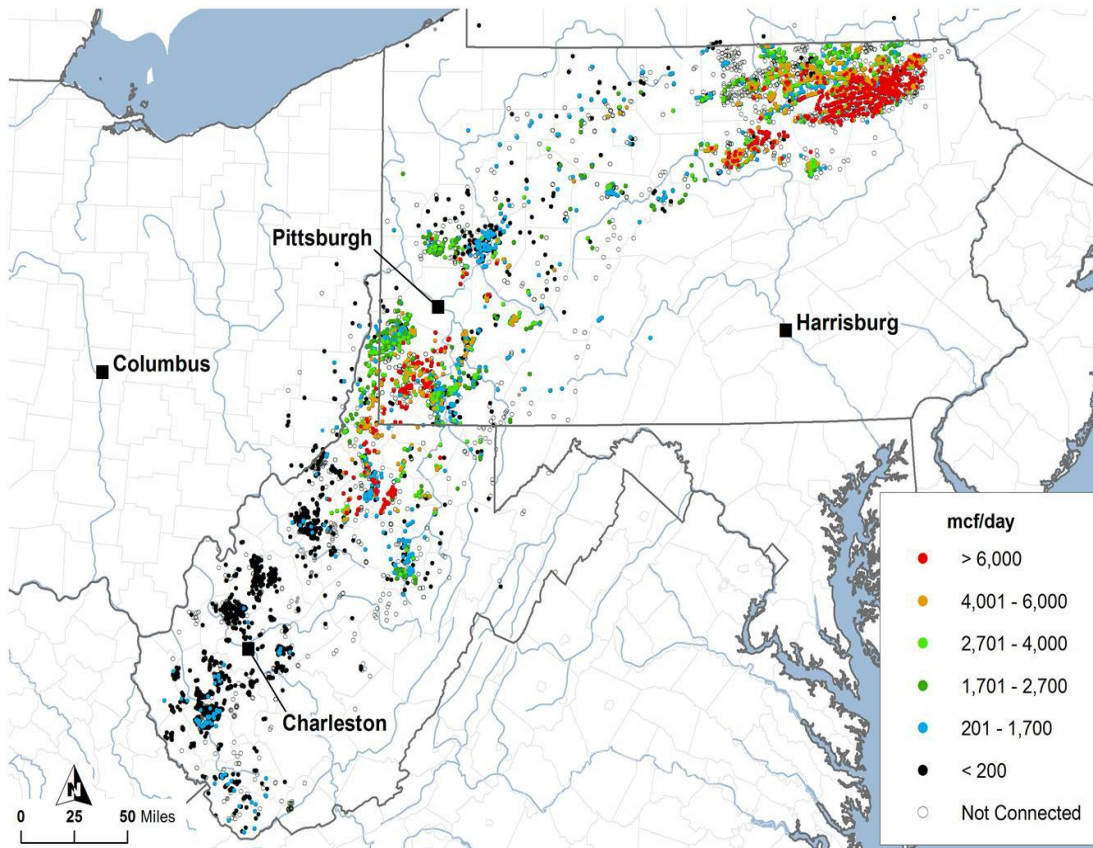
**Γράφημα 9 :** Παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου σχηματισμού Marcellus.



Πηγή : Data from Drilling info retrieve 2014

Στον χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 9) απεικονίζεται η κατανομή των πηγαδιών από τα μέσα του 2014. Πάνω από 10.700 πηγάδια έχουν διανοιχθεί (το 2014) όπου τα 7.006 είχαν παραγωγή. Από αυτά, περισσότερα από 7.900 είναι στην Πενσυλβάνια, 5.302 εκ των οποίων παρήγαγαν στα μέσα του 2014.

Εικόνα 9. : Κατανομή φρεατίων σχηματισμού Marcellus, μέσα 2014.



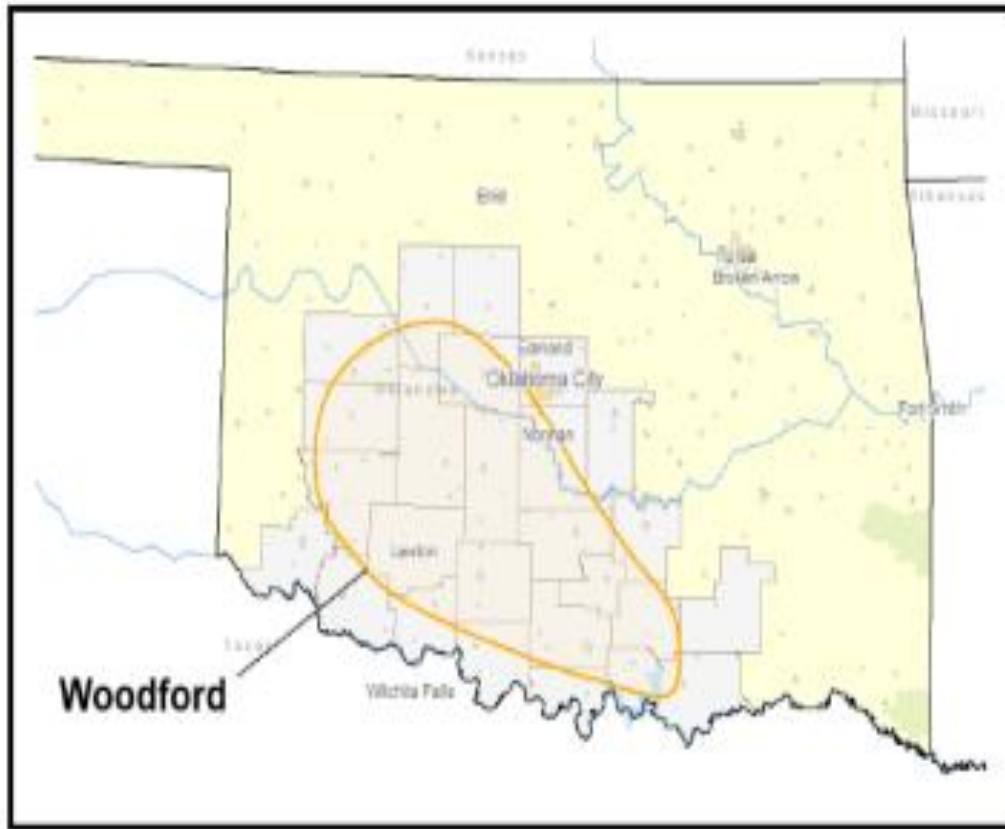
Πηγή : Data from Drillinginfo retrieve September 2014

### Σχηματισμός Woodford

Ο σχηματισμός Woodford βρίσκεται στη νότιο-κεντρική Oklahoma και συναντάται σε βάθη από 6000 ft – 11000 ft. Η έκταση του φτάνει τα 11000 mi<sup>2</sup> ενώ το μέσο του πάχος ποικίλει από 120ft έως 220ft. Τα αρχικά επιτόπου αποθέματα στο σχηματισμό προσεγγίζουν τα 23 Tcf και τα τεχνικά ανακτήσιμα τα 11,4 Tcf (Εικόνα 10).



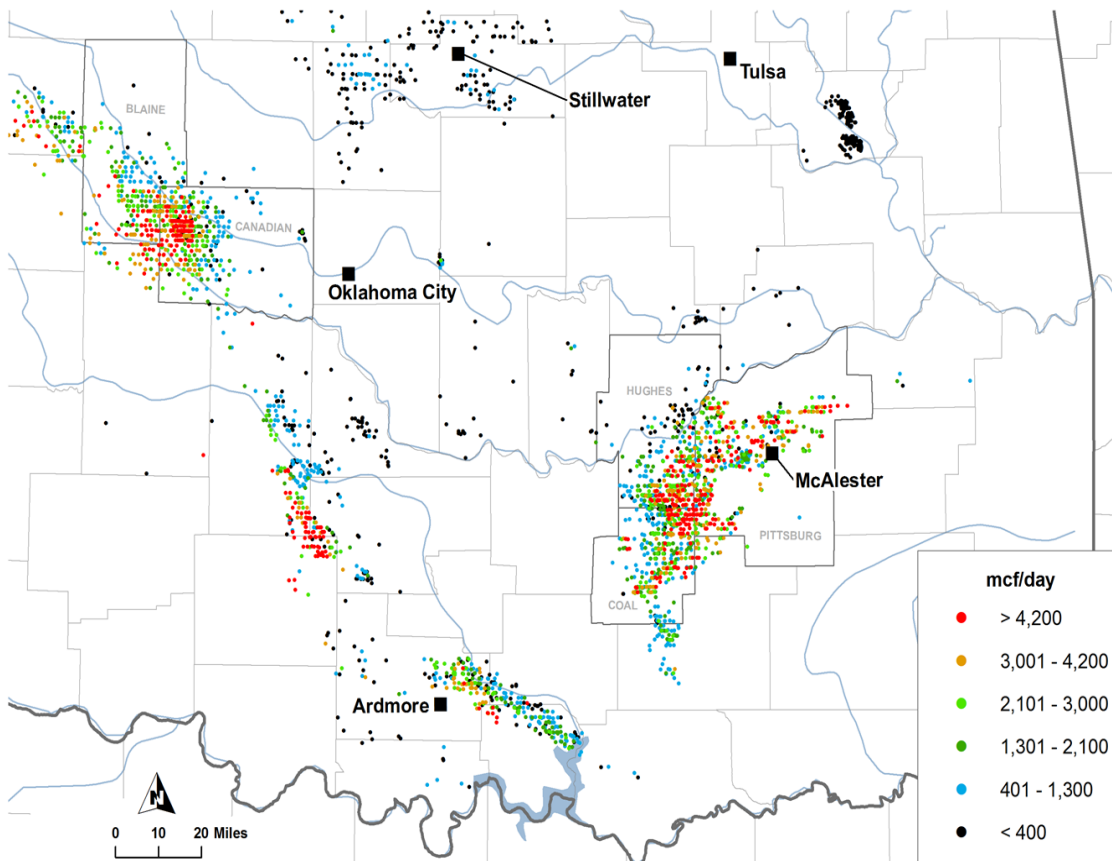
**Εικόνα 10.** : Χάρτης του σχηματισμού Woodford



Πηγή :U.S. Department of Energy, 2009

Ο χάρτης που ακολουθεί (Εικόνα 11) απεικονίζει την κατανομή των φρεατίων από τις αρχές του 2014. Από το 2005, πάνω από 3.600 πηγάδια έχουν διανοιχθεί , εκ των οποίων 3.062 έχουν ακόμα παραγωγή (2014) . Το έργο καλύπτει τμήματα από 31 νομούς, αν και το 70% της παραγωγής συγκεντρώνεται στους πέντε νομούς όπως φαίνεται παρακάτω.

**Εικόνα 11:** Κατανομή φρεατίων του σχηματισμού Woodford στις αρχές 2014

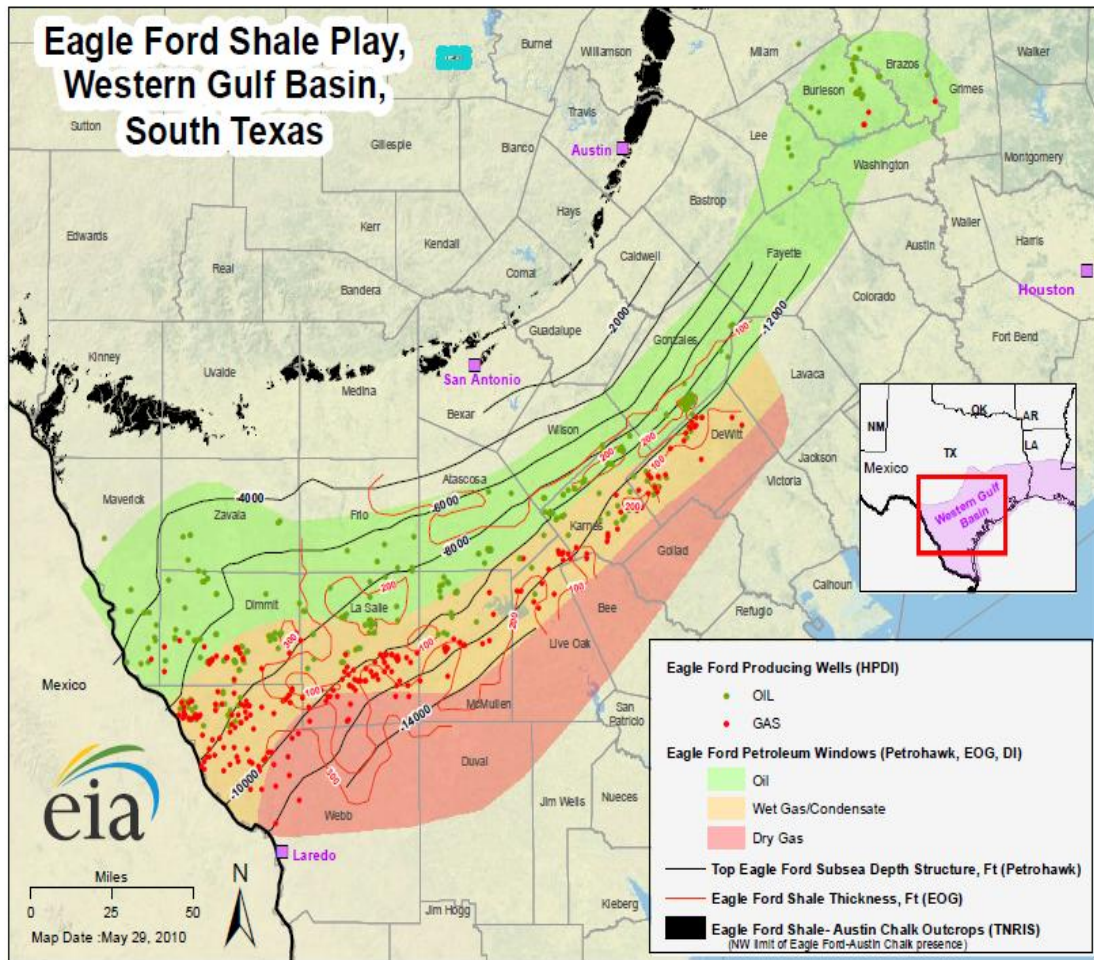


Πηγή : Data from Drillinginfo retrieve September 2014

## Σχηματισμός Eagle Ford

Ο σχηματισμός Eagle Ford συναντάται κάτω από το Austin Chalk στο Νότιο Τέξας και εκτείνεται από το Houston μέχρι το Laredo (Εικόνα 12). Το βάθος του ξεκινά από τα 4000 ft και φτάνει μέχρι τα 12000 ft, με μέσο πάχος γύρω στα 500 ft. Στον συγκεκριμένο σχηματισμό υπάρχει παραγωγή πετρελαίου και συμπυκνωμάτων φυσικού αερίου (gas condensate).

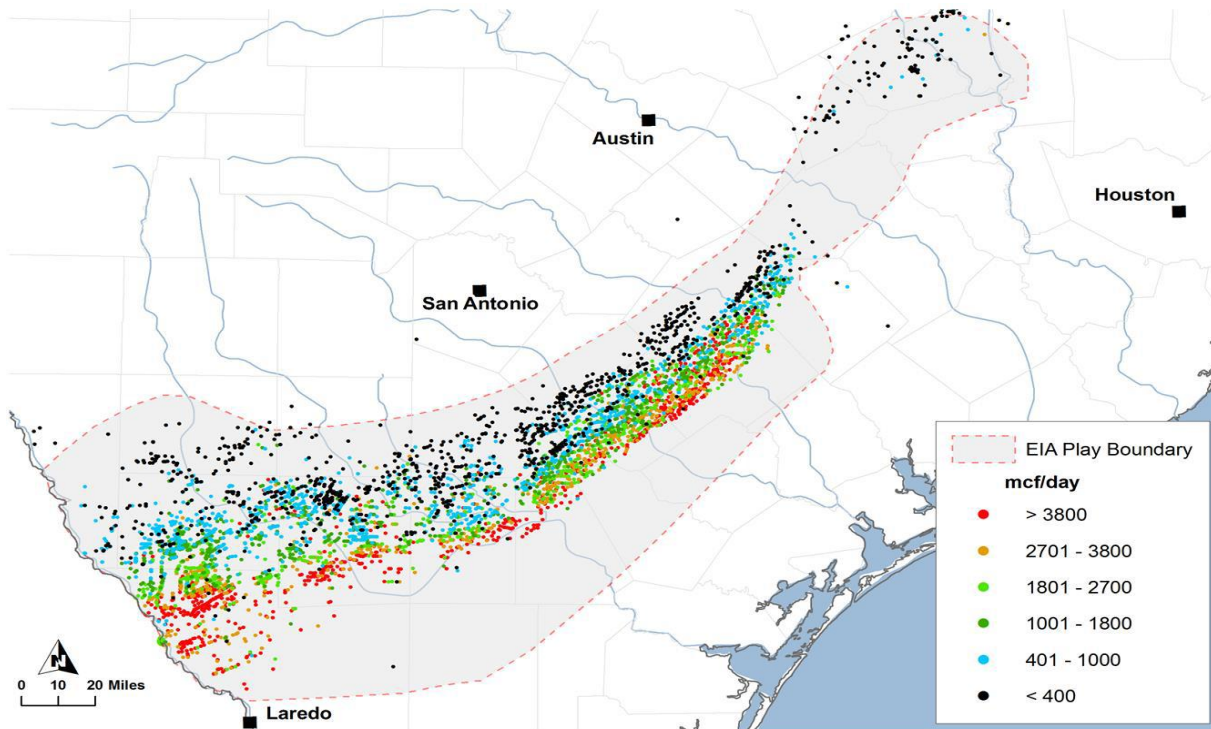
Εικόνα 12. : Χάρτης του σχηματισμού Eagleford



Πηγή : EIA, 2010

Ο χάρτης που ακολουθεί (Εικόνα 13), απεικονίζει την κατανομή της καλύτερης ποιότητας για την παραγωγή αερίου.

**Εικόνα 13.** :Κατανομή φρεατίων σχηματισμού Eagle Ford, μέσα 2014.



Πηγή : Data from Drillinginfo retrieve August 2014

Ακολουθεί ο Πίνακας (3) όπου συνοψίζει τους κυριότερους σχηματισμούς με την ιστορική παραγωγή και τις εκτιμήσεις των «αναπόδεικτων τεχνικώς ανακτήσιμων πόρων» και «αποδεδειγμένων αποθεμάτων» (EIA 2014). Μπορούμε εύκολα να δούμε ότι από το σχηματισμό Marcellus θα ανακτηθεί η μεγαλύτερη ποσότητα σχιστολιθικού φυσικού αερίου, συγκριτικά με τους άλλους σχηματισμούς. Επιπλέον διακρίνουμε ότι έχει και τα περισσότερα μη αποδεδειγμένα και αποδεδειγμένα αποθέματα καθώς και τη μεγαλύτερη παραγωγή μέχρι το 2040.

Πίνακας 3. : Κυριότεροι σχηματισμοί.

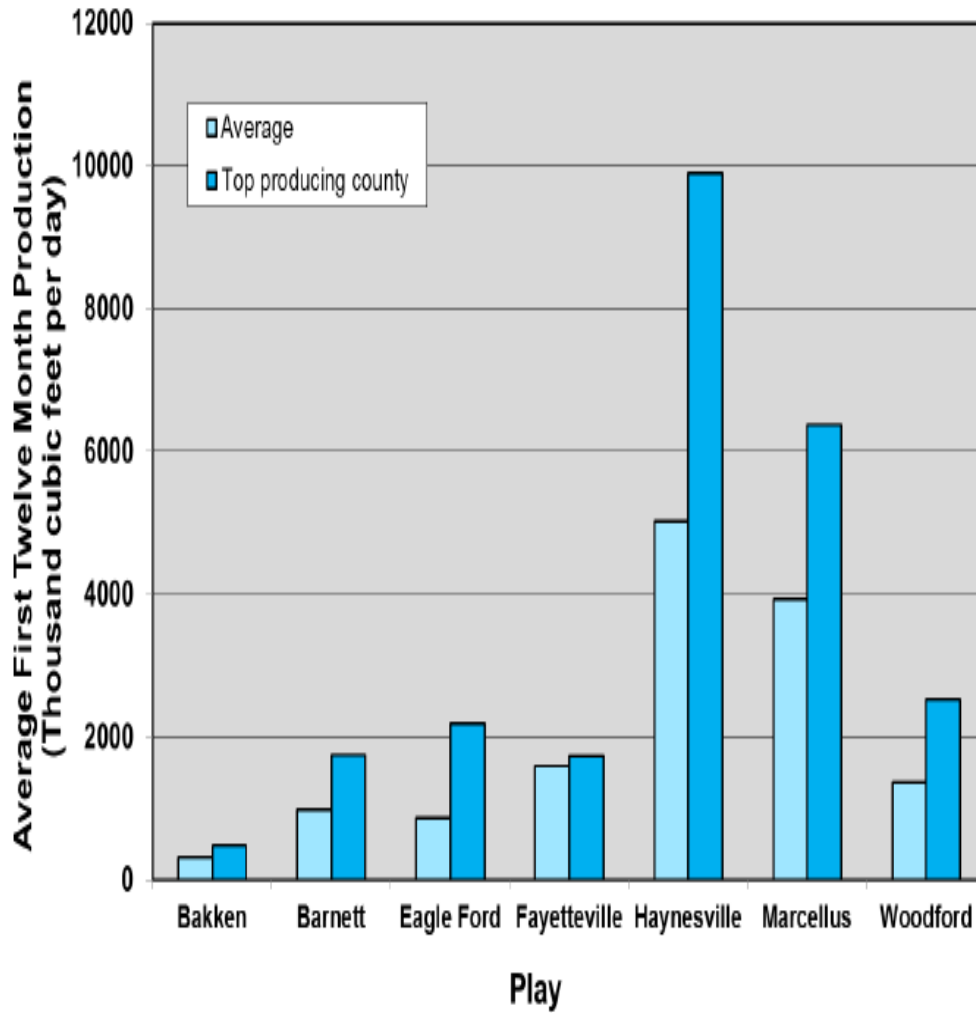
Σχηματισμός	Ανάκτηση 2012-2040 (Tcf)	Ημερήσια Παραγωγή (Tcf)	Μη Αποδεδειγμένα, Ιανουάριος 2012 (Tcf)	Αποδεδειγμένα αποθέματα 2012 (Tcf)	Σύνολο αποδεδειγμένων και μη και τεχνικώς ανακτήσιμων (Tcf)	Ποσοστό αποδεδειγμένων πόρων και αναπόδεικτων αποθεμάτων το 2040.	Ποσοστό αποκατάστασης	Παραγωγή το 2040 (Tcf/year)
<b>Barnett</b>	44.4	15.60	20.3	23.7	44.0	101.0	10.1	2.15
<b>Haynesville</b>	97.2	9.41	70.9	17.7	88.6	109.8	22.0	3.37
<b>Fayetteville</b>	38.9	5.08	29.8	9.7	39.5	98.4	8.8	1.53
<b>Woodford</b>	22.8	3.14	16.8	11.1	27.9	81.6	5.2	0.82
<b>Marcellus</b>	127.3	9.70	118.9	42.8	161.7	78.7	28.8	4.57
<b>Bakken</b>	4.8	1.10	6.4	N/A	6.3	75.9	1.1	0.10
<b>Eagle Ford</b>	56.7	3.90	60.3	16.2	76.5	74.2	12.8	2.70
<b>Other</b>	49.6	11.66	165.8	8.2	174.0	28.5	11.2	4.58
<b>Total</b>	441.6	59.59	489.0	129.4	618.4	71.4	100.0	19.82

Πηγή : EIA 2014

Μια σύγκριση των σχηματισμών του σχιστολιθικού φυσικού αερίου αποκαλύπτει ότι υπάρχουν εξαιρετικές μεταβολές από άποψη ποιότητας , επιπλέον ότι οι σχηματισμοί Marcellus και Haynesville ξεχωρίζουν ως ανώτεροι σχηματισμοί, από άποψη ποιότητας.

Το Γράφημα 10 απεικονίζει τη μέση παραγωγή από επτά σχηματισμούς. Αν και τη μεγαλύτερη παραγωγή σαφώς την έχει ο σχηματισμός Haynesville, παρόλα αυτά διακρίνουμε ότι ο Marcellus τον πλησιάζει με την πάροδο του χρόνου (EIA,2014).

Γράφημα 10: Μέσος όρος παραγωγής ανά σχηματισμό.



Πηγή : Data from Drillinginfo retrieve August 2014

## **1.6. Τεχνικές εντοπισμού και παραγωγής Σχιστολιθικού φυσικού αερίου**

### **Τεχνολογία στην εξόρυξη των μη συμβατικών πόρων φυσικού αερίου**

Ο σχιστόλιθος εξαιτίας της πολύ χαμηλής του διαπερατότητας περιορίζει τη ροή ρευστού διαμέσου του και έτσι το φυσικό αέριο βρίσκεται εγκλωβισμένο μέσα σε πόρους ή σε φυσικά συστήματα ρωγμών. Προκειμένου να υπερνικηθούν αυτά τα εμπόδια και να διευκολυνθεί η ροή του αερίου προς τη γεώτρηση και ακολούθως στην επιφάνεια, γίνεται χρήση των τεχνολογιών όπου αναδιαμόρφωσαν το οικονομικό προφίλ της ανάπτυξης του μη συμβατικού αερίου: (1) η οριζόντια γεώτρηση (horizontal drilling) και (2) η υδραυλική ρωγμάτωση (hydraulic fracturing).

#### **Η υδραυλική ρωγμάτωση (hydraulic facturing)**

Η υδραυλική ρωγμάτωση, η οποία αναπτύχθηκε αρχικά το 1940, αποτελεί μια αποτελεσματική και ευρύτατα διαδεδομένη τεχνολογία για ταμειυτήρες αποθήκευσης χαμηλής διαπερατότητας. Όταν η διαπερατότητα των πετρωμάτων είναι εξαιρετικά χαμηλή, όπως στην περίπτωση του σχιστολιθικού φυσικού αερίου ή του έγκλειστου αερίου, συχνά απαιτείται ο συνδυασμός οριζόντιων φρεάτων και υδραυλικής ρωγμάτωσης, ούτως ώστε να επιτευχθούν εμπορικά προσοδοφόρα επίπεδα παραγωγής.

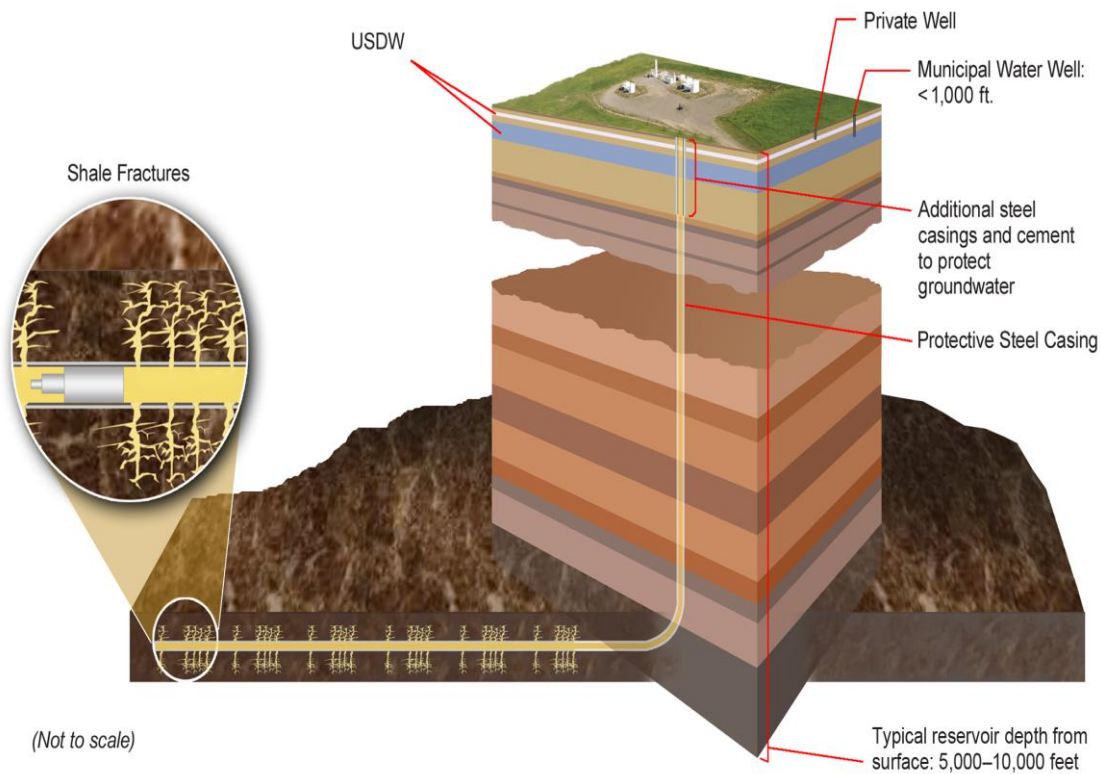
Στη διεργασία εξόρυξης φυσικού αερίου από σχιστολιθικά πετρώματα, πρώτο στάδιο αποτελεί η κάθετη γεώτρηση μέχρι το σχιστολιθικό στρώμα, το οποίο, κατά κανόνα, βρίσκεται 2-3 χιλιόμετρα ή και περισσότερο κάτω από την επιφάνεια. Στη συνέχεια, η γεώτρηση συνεχίζεται στον οριζόντιο άξονα, ο οποίος εκτείνεται στο ένα χιλιόμετρο ή και παραπάνω από τον κάθετο άξονα, ενώ τα κάθετα και τα οριζόντια τμήματα της γεώτρησης επενδύονται κατόπιν με χαλύβδινο περίβλημα, το οποίο τσιμεντώνεται επί τόπου. Έπειτα, η οριζόντια επέκταση του περιβλήματος διατρύπατε με τη χρήση εκρηκτικών υλών και στη συνέχεια ακολουθεί η έγχυση νερού, που περιέχει άμμο και πρόσθετες χημικές ουσίες, με πολύ υψηλή πίεση μέσα στο φρέαρ. Το νερό έρχεται σε



επαφή με το σχιστολιθικό στρώμα μέσω των σχισμών, δημιουργώντας μια σειρά μικρών ρωγμών στο πέτρωμα (ρωγμάτωση), οι κόκκοι άμμου που περιέχονται στο νερό συγκρατούν ανοικτές τις ρωγμές, ενώ οι χημικές ουσίες διευκολύνουν την εξόρυξη φυσικού αερίου από τον σχιστόλιθο. Το υπερπρεσμένο νερό επιστρέφει στην επιφάνεια όταν, μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ρωγμάτωσης, ελευθερωθεί η πίεση εντός του φρέατος. Τότε, το φρέαρ ξεκινά την έκλυση φυσικού αερίου.

Στις εικόνες που ακολουθούν (14, 15) βλέπουμε ότι μπορούν να παραχθούν τμήματα των σχηματισμών σχιστολιθικού φυσικού αερίου που βρίσκονται πολλές χιλιάδες πόδια κάτω από την επιφάνεια, ακόμα πολύ κάτω από υπόγειους υδροφορείς.

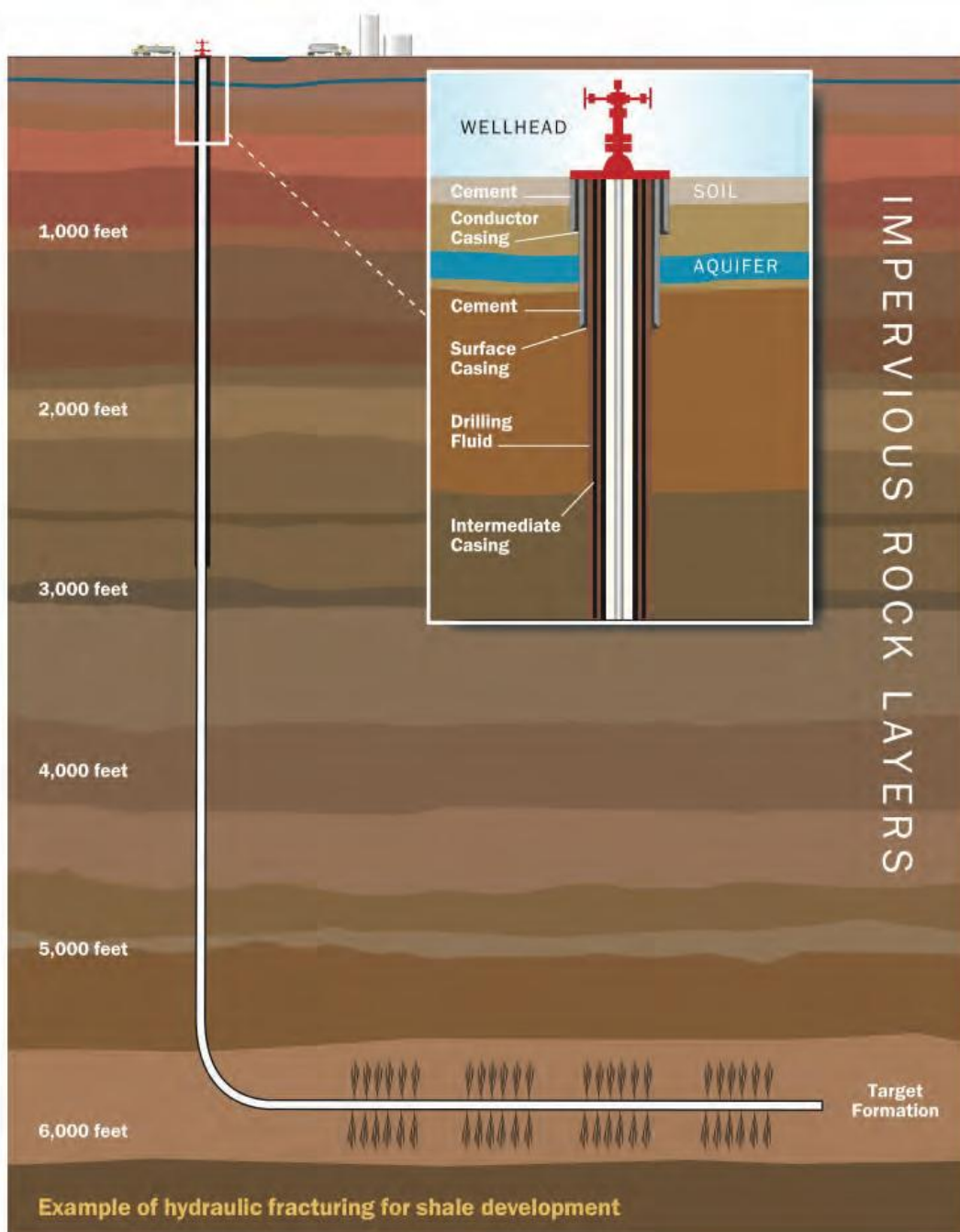
**Εικόνα 14 :** Υδραυλική Ρωγμάτωση



Πηγή : U.S. Geological Survey,2012

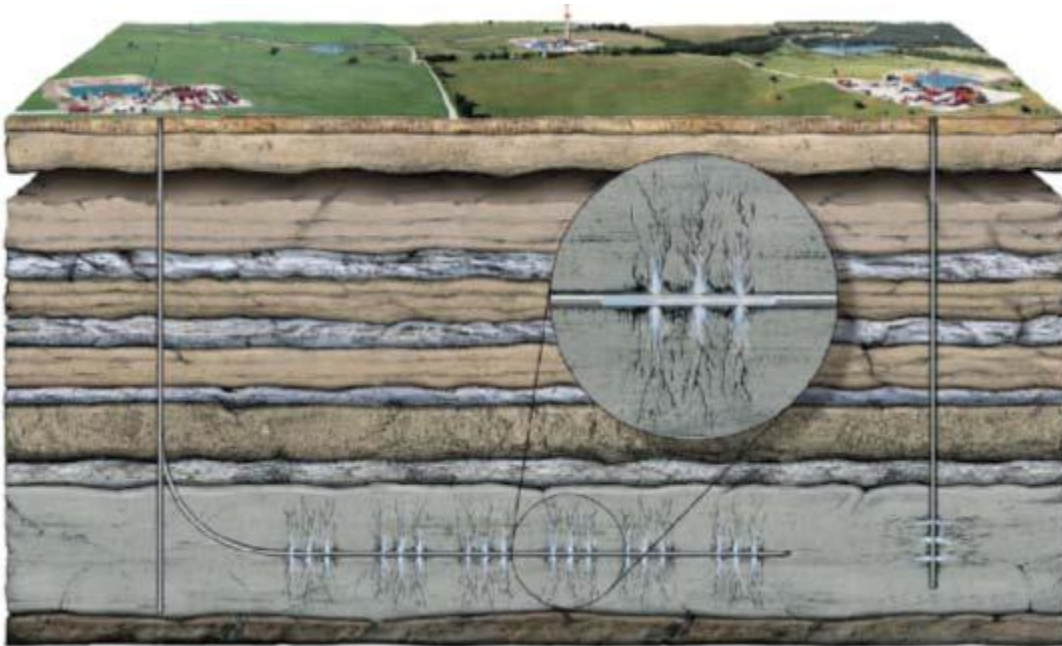


**Εικόνα 15:** Παράδειγμα της Υδραυλικής Ρωγμάτωσης για την ανάπτυξη σχιστολίθου.



Πηγή : U.S. Geological Survey, 2012

**Εικόνα 16:** Δημιουργία ρωγματώσεων κατά τα στάδια της υδραυλικής ρωγμάτωσης



Πηγή :Brownell, 2008

### **Η οριζόντια Γεώτρηση (horizontal drilling)**

Η οριζόντια γεώτρηση συμβάλλει στην αύξηση του όγκου παραγωγής του φυσικού αερίου. Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει μια κατακόρυφη γεώτρηση στο επιθυμητό βάθος και στη συνέχεια πλευρικές γεωτρήσεις για πρόσβαση σε μεγαλύτερο τμήμα του κοιτάσματος. Η οριζόντια γεώτρηση μεγιστοποιεί την επαφή του φρέατος με την επιφάνεια του πετρώματος, και έτσι μεγιστοποιείται η παραγωγή και ως προς την ροή και ως προς τον όγκο του αερίου που μπορεί να συλλεχθεί από το πηγάδι.

## Ανακεφαλαίωση

Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο διαπιστώνουμε τα παρακάτω. Το πετρέλαιο και το συμβατικό αέριο υπήρξαν οι κυριότερες πηγές ενέργειας της παγκόσμιας οικονομίας. Τα τελευταία έτη, μία νέα μορφή ενέργειας αναπτύσσεται ταχύτατα και φιλοδοξεί να αλλάξει τον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη με οικονομικές και πολιτικές προεκτάσεις. Η νέα αυτή μορφή ενέργειας ονομάζεται σχιστολιθικό φυσικό αέριο. Υπολογίζεται ότι μέχρι το 2035 οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής θα καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα των ενεργειακών τους αναγκών. Λόγω της εξάντλησης των συμβατικών κοιτασμάτων φυσικού αερίου, οι εταιρείες αναγκάστηκαν να πραγματοποιήσουν γεωτρήσεις σε λιγότερο παραγωγικούς σχηματισμούς. Και έτσι η έρευνα προχώρησε σε σχηματισμούς που περιείχαν σχιστολιθικό αέριο. Ο σχιστόλιθος εξαιτίας της πολύ χαμηλής διαπερατότητας του περιορίζει τη ροή ρευστού διαμέσου του και έτσι το φυσικό αέριο είναι εγκλωβισμένο μέσα σε πόρους ή σε φυσικά συστήματα ρωγμών. Όλο αυτό καθιστούσε πολύ ακριβή και ασύμφορη την εξόρυξη του. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας αναδιαμόρφωσε το οικονομικό προφίλ της ανάπτυξης του μη συμβατικού αερίου, η οριζόντια γεώτρηση και η υδραυλική ρωγμάτωση. Οι κυριότερες λεκάνες του αερίου είναι οι Woodford, Barnett, Fayetteville, Haynesville, Marcellus και Eagle Ford. Η λεκάνη Barnett στο Τέξας αντιπροσωπεύει σχεδόν το 11% του συνολικού φυσικού αερίου που παράγεται στις Η.Π.Α. Το σχιστολιθικό φυσικό αέριο από 1% το 2000 αυξήθηκε πάνω από 20% μέχρι το 2010 και μέχρι το 2035 θα αντιπροσωπεύει το 46% του ενεργειακού εφοδιασμού.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **Η Κίνα και το σχιστολιθικό φυσικό αέριο**

#### **2.1. Εισαγωγή**

Το προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε στην ανάπτυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής. Αναλύθηκαν λεπτομερώς οι κύριες λεκάνες του σχιστολιθικού φυσικού αερίου καθώς επίσης και η τεχνολογία στην εξόρυξη του. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία προσπάθεια αποτύπωσης των ανακτήσιμων αποθεμάτων της Κίνας, καθώς γνωρίζουμε ότι είναι η πολυπληθέστερη χώρα του κόσμου (1,3 δισεκατομμύρια ανθρώπους το 2013) και έχει μία ταχέως αναπτυσσόμενη οικονομία, η οποία έχει οδηγήσει σε υψηλή ζήτηση ενέργειας για την εξασφάλιση των ενεργειακών πόρων. Σύμφωνα με τις διεθνείς εκτιμήσεις η Κίνα έχει τα μεγαλύτερα αποθέματα σχιστολιθικού αερίου στον πλανήτη (U.S.Energy 2013). Οι δυνατότητες αξιοποίησης είναι τεράστιες, όμως η πρόοδος είναι μικρή καθώς υπάρχουν γεωλογικές ιδιομορφίες και έλλειψη επαρκών υδάτινων πόρων στις περιοχές των κοιτασμάτων. Η αλματώδης οικονομική ανάπτυξη της Κίνας την έχει φέρει στη δεύτερη θέση παγκοσμίως (μετά τις ΗΠΑ) στην κατανάλωση ενέργειας. Παρά τη σχετική επιβράδυνση της οικονομίας οι ενεργειακές ανάγκες της παραμένουν τεράστιες και δεν μπορούν να καλυφθούν από την όποια εγχώρια παραγωγή. Αν και έχει τα μεγαλύτερα ανακλήσιμα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου κάποια από αυτά βρίσκονται σε περιοχές με προβλήματα λειψυδρίας και με σύνθετη γεωλογία.

#### **2.2. Ανακλήσιμα αποθέματα της Κίνας**

Όπως προαναφέρθηκε η Κίνα διαθέτει τα μεγαλύτερα ανακλήσιμα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου στον κόσμο. Σύμφωνα με τη διοίκηση Πληροφοριών Ενέργειας των ΗΠΑ, από τον Ιανουάριο του 2014 η Κίνα έχει κατ'εκτίμηση 1.115 τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια (TCF), το υψηλότερο στον κόσμο, όπου βρίσκεται σε επτά λεκάνες: Sichuan, Tarim, Junggar, Songliao, Yangtze Platform, Jiangnan, και

Subei (EIA, Shale Assessment, 2015). Από αυτά τα «τεχνικώς ανακτήσιμα» αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου, τουλάχιστον 155 TCF είναι γνωστά, και αποδίδονται στις λεκάνες Sichuan και Tarim, το μεγαλύτερο στην περιοχή Ασίας-Ειρηνικού. Λαμβάνοντας υπόψη τις δυνατότητες των αποθεματικών αυτών, πολλές εταιρείες των ΗΠΑ είναι ενθουσιασμένες για να επαναλάβουν την επιτυχία της επανάστασης του σχιστόλιθου των ΗΠΑ στην Κίνα (U.S. Shale Energy Revolution for China, 2013).

Στον χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 17) διακρίνουμε τις λεκάνες με το σχιστολιθικό φυσικό αέριο.

**Εικόνα 17.** :Χάρτης της Κίνας με τις επτά λεκάνες σχιστολιθικού αερίου.



Source: ARI, 2013.

Πηγή : ARI, 2013

Το σχιστολιθικό φυσικό αέριο είναι από τις μεγαλύτερες προοπτικές ενέργειας της ξηράς (onshore) στην Κίνα, και αντιμετωπίζεται ως τέτοια στο Πεκίνο και από τους τοπικούς αξιωματούχους της Κεντρικής και Βορειοδυτικής Κίνας.

Στον Πίνακα 4 βλέπουμε τις λεκάνες σχιστολιθικού αερίου, τα γεωλογικά αποθέματα και τα τεχνικώς ανακτήσιμα αποθέματα της κάθε λεκάνης. Εύκολα διακρίνουμε ότι η λεκάνη με τα μεγαλύτερα αποθέματα είναι η Sichuan.

**Πίνακας 4. :** Τεχνικώς ανακτήσιμοι πόροι.

Λεκάνες	Γεωλογικά αποθέματα (tcm)	Τεχνικώς ανακτήσιμα (tcm)
Sichuan Basin	<b>66.8</b>	<b>17.7</b>
Tarim Basin	<b>27.7</b>	<b>6.1</b>
Yangtze Platform	<b>16.9</b>	<b>4.2</b>
Greater Subei	<b>5.1</b>	<b>1.3</b>
Junggar Basin	<b>10.2</b>	<b>1</b>
Jiangnan Basin	<b>3.2</b>	<b>0.8</b>
Songliao Basin	<b>4.4</b>	<b>0.5</b>

Πηγή : EIA 2013

### **2.3. Λεκάνες – κοιτάσματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου**

Η ξηρά (onshore) της Κίνας έχει μία σειρά από μεγάλες ιζηματογενείς λεκάνες όπου περιέχουν πετρώματα πετρελαιοπηγών με κατάλληλο πάχος, βάθος, οργανικές ουσίες και θερμική ωριμότητα για την εξερεύνηση του σχιστολιθικού φυσικού αερίου.

Το μέγεθος των εκτιμώμενων αποθεμάτων αερίου, προερχόμενου από μη συμβατικές πηγές καυσίμων στην Κίνα, κάνουν λόγο για 1765 Tcf εκ των οποίων τα 1275 Tcf προέρχονται από σχιστολιθικούς σχηματισμούς. Τα παραπάνω εκτιμώμενα αποθέματα είναι έως και δεκατρείς φορές περισσότερα από τα εναπομείναντα ανακτήσιμα αποθέματα φυσικού αερίου από συμβατικές πηγές. Τα εν λόγω αποθέματα σχιστολιθικού αερίου απαντώνται σε διάφορες λεκάνες ανά τη χώρα, με σημαντικότερες τις λεκάνες Sichuan και Tarim που παρουσιάζουν και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

## **Νότια Κίνα “Shale Corridor”: the Sichuan, Jianghan, and Subei Basins and the Yangtze Platform.**

Αυτές οι περιοχές στη Νότια και Ανατολική Κίνα είναι πλούσιες σε χαλαζία, μαύρο σχιστόλιθο της Cambrian και Silurian Εποχής όπου είναι συγκρίσιμο λιθολογικά με της Βόρειας Αμερικής και εμπορικά με τον Marcellus. Η λεκάνη Sichuan (είναι η πιο ενεργή περιοχή σχιστολιθικού φυσικού αερίου) έχει αγωγούς φυσικού αερίου, άφθονα αποθέματα επιφανειακών υδάτων και βρίσκεται κοντά σε μεγάλες πόλεις. Η εξερεύνηση επικεντρώνεται στο νοτιοδυτικό τεταρτημόριο της λεκάνης, η οποία έχει σχετικά λιγότερη πολύπλοκη δομή και χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρόθειο (H<sub>2</sub>S). Οι λεκάνες Yangtze Platform Jianghan και Subei βρίσκονται ακόμα πιο ανατολικά και δομικά είναι πιο περίπλοκες με λιγότερο έλεγχο των δεδομένων, αλλά βρίσκονται κοντά στις μεγάλες πόλεις και εξακολουθούν να θεωρούνται υποψήφιες.

Πολλά από τα αρχικά πηγάδια του σχιστόλιθου έχουν συναντήσει προβλήματα, υψηλή τεκτονική καταπόνηση, αργούς ρυθμούς διείδυσης σε σκληρά πετρώματα, αστάθεια οπής, απόκλιση εκτός ζώνης ενώ η γεώτρηση γίνεται οριζόντια.

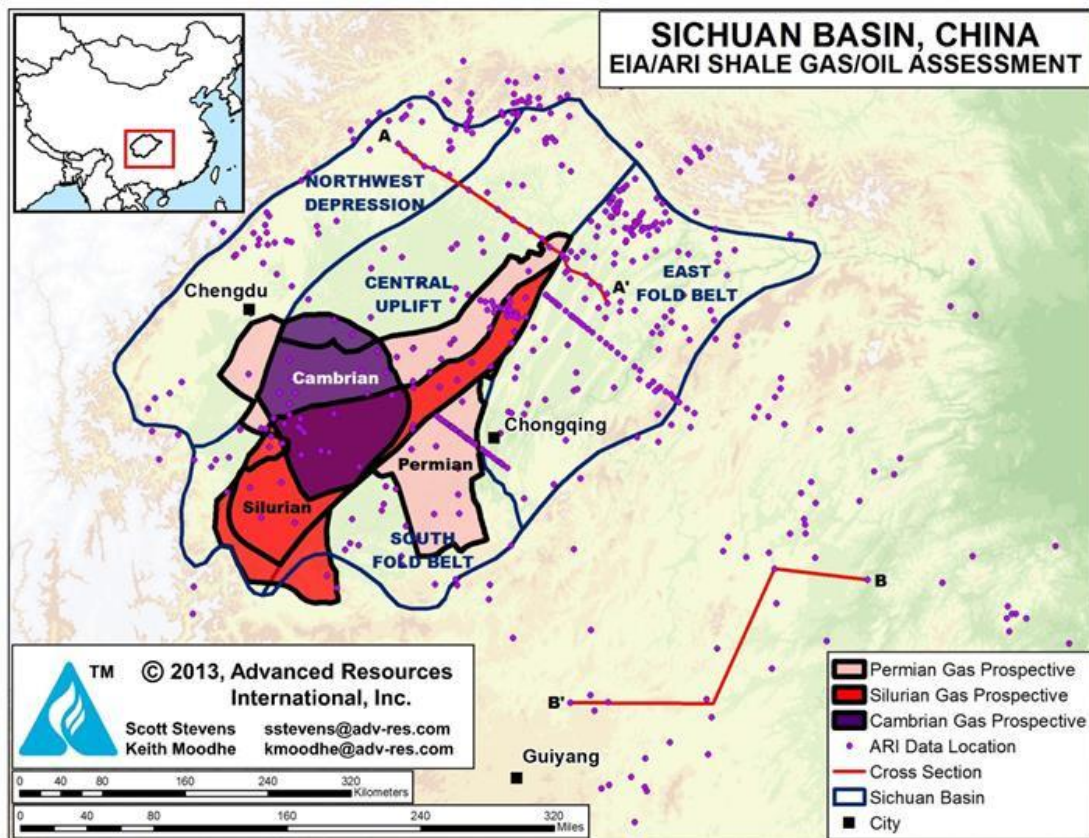
Εάν μπορέσουν να επιλυθούν αυτά τα σημαντικά γεωλογικά και λειτουργικά ζητήματα η λεκάνη Sichuan θα μπορεί να παράγει μεγάλες ποσότητες σχιστολιθικού φυσικού αερίου σε 10 – 20 χρόνια.

### **Λεκάνη Sichuan**

Η λεκάνη Sichuan καλύπτει μία μεγάλη περιοχή στην Νότιο – Κεντρική Κίνα, έκτασης 74.500-Mi<sup>2</sup>, ενώ είναι δομικά πιο περίπλοκη και αραιά διατρημένη η Yangtze Platform καλύπτει μια ευρύτερη περιοχή, αλλά ασυνεχή προς τα νότια και ανατολικά. Η λεκάνη Sichuan παράγει σήμερα περίπου 1,5 Bcfd (Billion cubic feet per day) του φυσικού αερίου από συμβατικούς και χαμηλής διαπερατότητας ψαμμίτες και ανθρακικά άλατα. Οι αποθήκες αυτές εμφανίζονται κυρίως στους Triassic Xujiahe και Feixianguan σχηματισμούς, αποθηκεύονται στο συγκρότημα των διαρθρωτικών στρωματογραφικών παγίδων που διανέμονται σε όλη τη λεκάνη. Τα συμβατικά κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου κρύβονται κάτω και προέρχονται από βαθύτερα και οργανικά πλούσιο θαλάσσιο Παλαιοζωικά σχιστόλιθο. Στον χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 18) διακρίνουμε τη λεκάνη Sichuan.



Εικόνα 18. : Τοποθεσίες σχιστολίθου στη λεκάνη Sichuan.



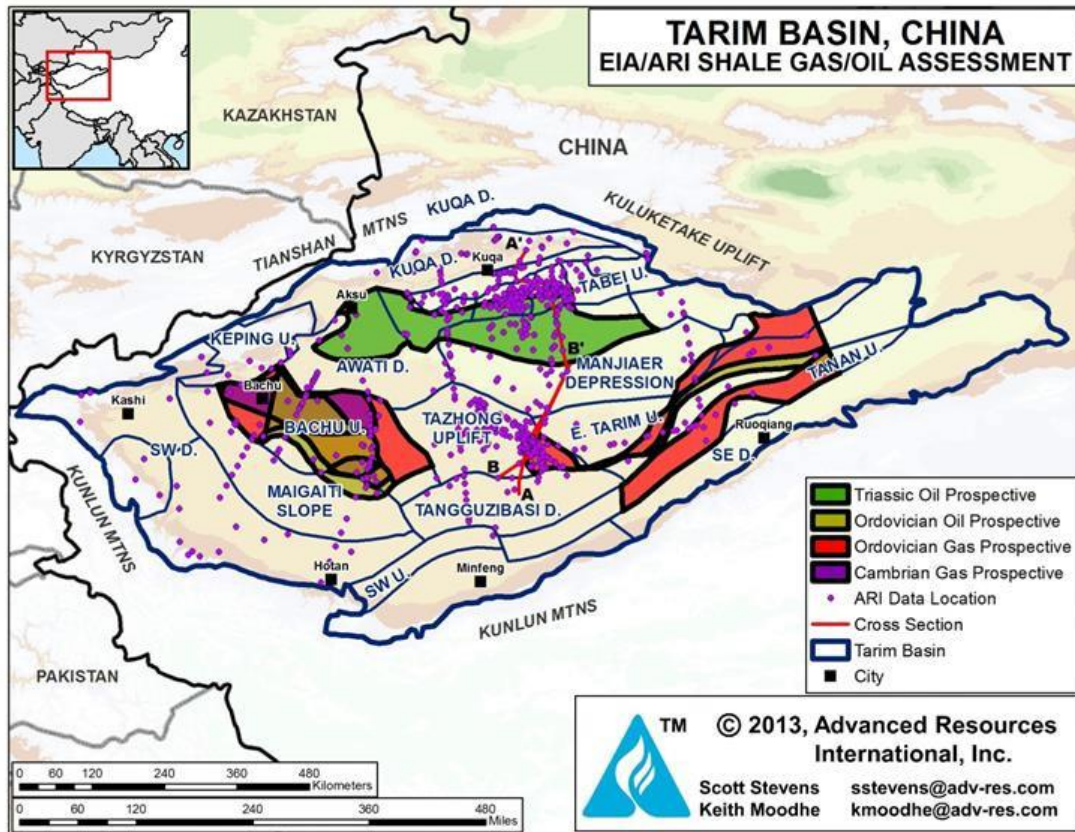
Πηγή : ARI, 2013

### Λεκάνη Tarim Basin

Αυτή η λεκάνη διαθέτει σχιστολιθικό φυσικό αέριο (μαύρο σχιστόλιθο) σε μεγάλο βάθος και για αυτό τον λόγο είναι δύσκολη η γεώτρηση και με μεγάλο κόστος. Αν και είναι απομακρυσμένη η λεκάνη Tarim παράγει 1,6 Bfc φυσικό αέριο όπου προέρχεται από πλούσιο οργανικά σχιστόλιθο. Βρίσκεται στην αυτόνομη περιφέρεια της Κίνας, Xinjiang. Είναι η μεγαλύτερη χερσαία ιζηματογενής λεκάνη στην Κίνα (234,000 mi<sup>2</sup>). Η επιφάνεια από τη λεκάνη είναι σχετικά επίπεδη, περίπου 1000 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το κλίμα είναι ξηρό αλλά υπάρχουν υδροφόροι ορίζοντες. Στον χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 19), διακρίνουμε τα στοιχεία της λεκάνης καθώς και τις τοποθεσίες εμφάνισης του σχιστολιθικού φυσικού αερίου.



Εικόνα 19. : Χάρτης της λεκάνης Tarim

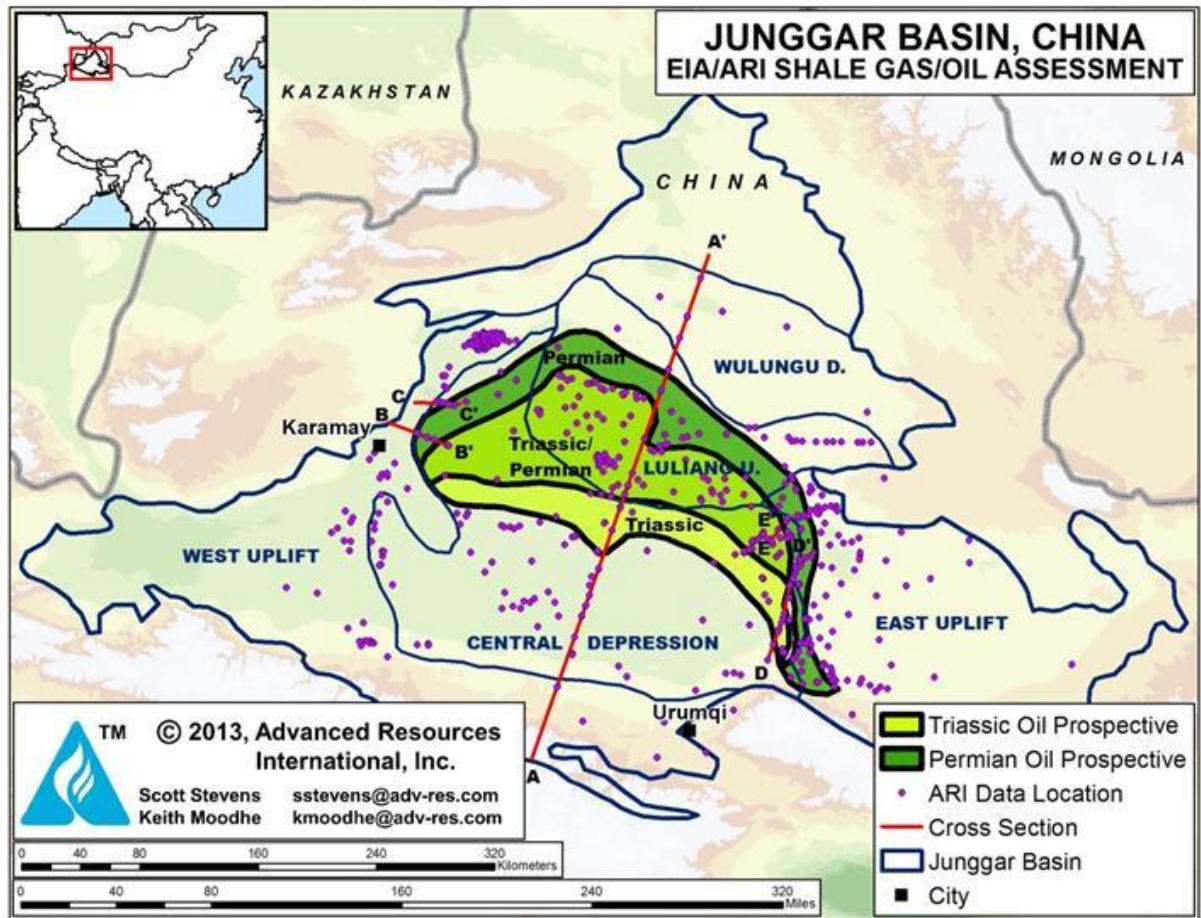


Πηγή : ARI,2013

### Junggar Basin

Η συγκεκριμένη λεκάνη μπορεί να μην είναι η μεγαλύτερη της Κίνας και όχι και τόσο εξερευνημένη αλλά στην πραγματικότητα φαίνεται να έχει την καλύτερη γεωλογία σχιστόλιθου στη χώρα. Κατά τη διάρκεια του 2011 η λεκάνη παρήγαγε κατά μέσο όρο 0,5 Bcfd φυσικό αέριο. Η παραγωγή αναμένεται να ανέλθει στο 1,0 Bcfd από το 2015. Η λεκάνη Junggar χαρακτηρίζεται κυρίως από απλές δομές, σε αντίθεση με τις τεκτονικά πιο πολύπλοκες λεκάνες του σχιστόλιθου στη νότια Κίνα. Στη συνέχεια βλέπουμε το χάρτη (Εικόνα 20) της συγκεκριμένης λεκάνης και τα σημεία όπου βρίσκεται το σχιστολιθικό αέριο.

Εικόνα 20. : Χάρτης λεκάνης Junggar

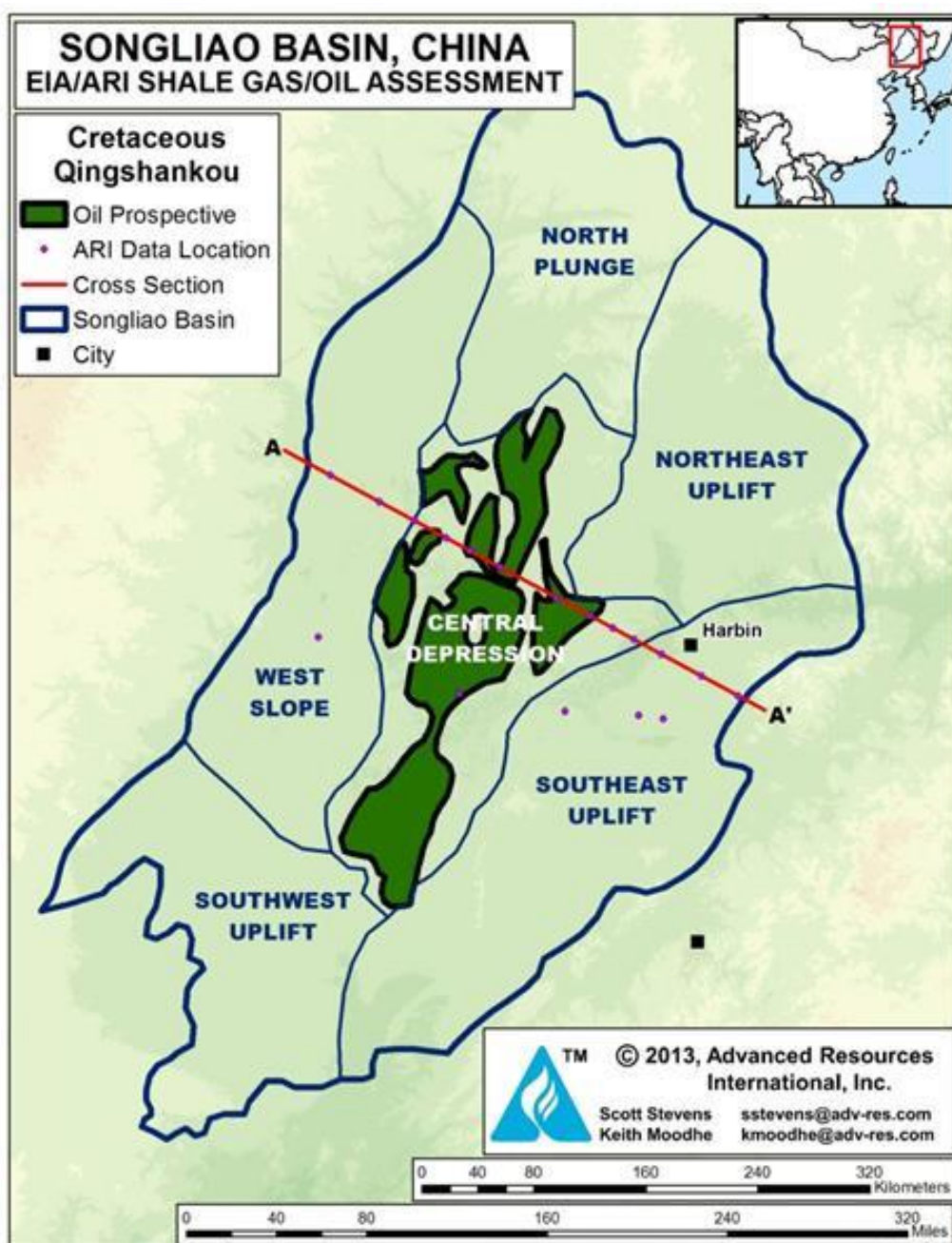


Πηγή : ARI,2013

### Songliao Basin

Η λεκάνη Songliao είναι η μεγαλύτερη λεκάνη συμβατικού πετρελαίου στην Κίνα (275000km<sup>2</sup>) και φιλοξενεί το μεγαλύτερο κοίτασμα ενώ τα τελευταία χρόνια έγιναν ανακαλύψεις φυσικού αερίου και βρέθηκε οργανικά πλούσια σε σχιστόλιθο. Στον χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 21) διακρίνουμε τη λεκάνη Songliao , καθώς και τις τοποθεσίες με τα μεγαλύτερα ποσοστά σχιστολιθικού φυσικού αερίου.

Εικόνα 21. : Χάρτης λεκάνης Songliao



Πηγή : ARI,2013

Οι Πίνακες που ακολουθούν παρακάτω (5.A, 5.B, 5.Γ) απεικονίζουν τους εκτιμώμενους πόρους του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις συγκεκριμένες λεκάνες καθώς και κάποιες ιδιότητες τους.

**Πίνακας 5.A : Γεωλογικοί πόροι και ιδιότητες**

Λεκάνη	Sichuan (74,500 mi <sup>2</sup> )	Yangtze Platform (611,000 mi <sup>2</sup> )
Περιοχή (mi <sup>2</sup> )	37,470	8,285
Βάθος	3,280- 16,400	9,000-16,400
Πίεση	Υπερπίεση	Νορμάλ
Θερμική Ωριμότητα (%Ro)	6,95%	4,65%
Φάση Αερίου	Ξηρό αέριο	Ξηρό αέριο

Πηγή: EIA,2013

**Πίνακας 5.B : Γεωλογικοί πόροι και ιδιότητες**

Λεκάνη	Jiangnan (14,440 mi <sup>2</sup> )	Subei (55,000 mi <sup>2</sup> )
Περιοχή (mi <sup>2</sup> )	1325,69	308,68
Βάθος	7,000- 16,400	5,800-14,700
Πίεση	Υπερπίεση	Νορμάλ
Θερμική Ωριμότητα (%Ro)	1,53%	1,25%
Φάση Αερίου	Ξηρό αέριο	Ξηρό αέριο

Πηγή: EIA,2013

**Πίνακας 5.Γ : Γεωλογικοί πόροι και ιδιότητες**

Λεκάνη	Tarim (234,200 mi <sup>2</sup> )	Junggar (62,100 mi <sup>2</sup> )	Songliao (108,000 mi <sup>2</sup> )
Περιοχή (mi <sup>2</sup> )	53,240	16,000	6,900
Βάθος	8,610-16,400	5,000-16,400	3,300-8,200
Πίεση	Νορμάλ	Υψηλή	Υπερπίεση
Θερμική Ωριμότητα (%Ro)	1,52%	0,85%	0,90%
Φάση Αερίου	Ξηρό αέριο	Ξηρό αέριο	Ξηρό αέριο

Πηγή: EIA,2013



## Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία αποτύπωση του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στην Κίνα. Καθώς ο πληθυσμός της Κίνας και η οικονομία της συνεχίζουν να αυξάνονται με ταχύς ρυθμούς οι ενεργειακές ανάγκες έχουν αυξηθεί σημαντικά. Ο πληθυσμός της που είναι ύψους 1,4 δις ανθρώπων εξαρτάται από τον άνθρακα ώστε να ικανοποιήσει το 69% της συνολικής κατανάλωσης της ενέργειας. Η καθαρή καύση του φυσικού αερίου αντιπροσώπευε μόνο το 4% του ενεργειακού της μείγματος το 2011. Αυτή η τόσο βαριά εξάρτηση της από τον άνθρακα σε συνδυασμό με την κακή εφαρμογή των ελέγχων προστασίας του περιβάλλοντος έχει προκαλέσει ακραία ατμοσφαιρική ρύπανση στις πόλεις της Κίνας, εντείνοντας την ώθηση της κυβέρνησης να μεταβεί στο φυσικό αέριο. Η κυβέρνηση της Κίνας έχει ως στόχο να μειώσει τη χρήση άνθρακα τα επόμενα χρόνια και να αυξήσει αρκετά τη χρήση του φυσικού αερίου μέχρι το 2020. Η ανάπτυξη των εγχώριων αποθεμάτων σχιστολιθικού φυσικού αερίου είναι μια νέα πηγή ενεργειακών πόρων πολλά υποσχόμενη διότι διαθέτει τα μεγαλύτερα τεχνικώς ανακτήσιμα αποθέματα στον κόσμο, κατ' εκτίμηση 1.115 Tcf όπου βρίσκεται στις λεκάνες Sichuan, Tarim, Junggar, Songliao, Yangtze Platform, Jiangnan, και Subei. Από τους τεχνικώς ανακτήσιμους πόρους τουλάχιστον 155 Tcf αποδίδονται στις λεκάνες Sichuan και Tarim, τις μεγαλύτερες στην περιοχή της Ασίας. Η ανάπτυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου θα συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών ρύπανσης του αέρα αλλά παρέχει και μια ευκαιρία για την επέκταση και την ανάπτυξη και μειώνει την εξάρτηση από τις εισαγωγές ενέργειας.

## **Κεφάλαιο 3**

### **Οι Οικονομικές Επιπτώσεις στις αγορές των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής και της Κίνας.**

#### **3.1. Εισαγωγή**

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η Κίνα διαθέτει τα μεγαλύτερα ανακτήσιμα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Ο εντοπισμός και η παραγωγή φυσικού αερίου από σχιστολιθικούς σχηματισμούς έχει εξελιχθεί σε μια διεθνή επιχειρηματική αναζήτηση για πολλές πετρελαϊκές εταιρείες. Καθώς το μεγαλύτερο ενδιαφέρον και οι μεγαλύτερες οικονομικές επενδύσεις έχουν κατευθυνθεί σε λεκάνες στη Βόρεια Αμερικής, οι εταιρείες επιδιώκουν να επαναλάβουν την επιτυχία αυτή και σε άλλα μέρη του κόσμου, όπως και στην Κίνα. Οι έρευνες για σχιστολιθικό αέριο αποκτούν μεγάλη σημασία. Ωστόσο, σε αυτό το κεφάλαιο μελετούνται οι μακροοικονομικές συνθήκες της οικονομίας της Κίνας και των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, αναλύεται η οικονομική ανάπτυξη αλλά και οι οικονομικές επιπτώσεις τόσο στις δύο χώρες όσο και στην παγκόσμια αγορά.

#### **3.2. Οικονομική ανάπτυξη των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής**

##### **Τιμές Πετρελαίου**

Οι Η.Π.Α. είναι η δεύτερη μεγαλύτερη οικονομία του κόσμου σύμφωνα με την ισοτιμία της αγοραστικής δύναμης που αντιπροσωπεύει το 22% του παγκόσμιου Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος, έχουν άφθονους φυσικούς πόρους, μια καλά αναπτυγμένη υποδομή, καθώς και υψηλή παραγωγικότητα. Επιπλέον έχουν μικτή οικονομία και έχουν διατηρήσει ένα σταθερό ρυθμό αύξησης του ΑΕΠ. (World Economic Outlook, 2015).

Ο Πίνακας 6 που ακολουθεί, δείχνει τον ετήσιο ρυθμό αύξησης του πραγματικού ΑΕΠ των Η.Π.Α. , το κατά κεφαλήν ΑΕΠ καθώς και την ετήσια αύξηση του ΑΕΠ από το 2000 έως το 2015. Το ΑΕΠ εμφανίζει θετική πορεία, πριν από την εκδήλωση

της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης τα έτη 2008 – 2009 όπου διακρίνουμε και μία μικρή πτώση του.

**Πίνακας 6.:** Θεμελιώδη Μακροοικονομικά Μεγέθη Η.Π.Α. 2000-2015

ΕΤΟΣ	ΑΕΠ (σε τρις US \$)	ΑΥΞΗΣΗ ΑΕΠ (ΕΤΗΣΙΑ %)	ΚΑΤΑ ΚΕΦΑΛΗΝ ΑΕΠ (σε US \$)
2000	10.285	4.1	36,449.9
2001	10.622	1	-
2002	10.987	1.8	-
2003	11.511	2.8	-
2004	12.275	3.8	-
2005	13.094	3.3	-
2006	13.856	2.7	46,437.1
2007	14.478	1.8	48,061.5
2008	14.719	-0.3	48,401.4
2009	14.419	-2.8	47,001.6
2010	14.964	2.5	48,374.1
2011	15.518	1.6	49,781.8
2012	16.155	2.2	51,433.0
2013	16.663	1.5	52,660.3
2014	17.348	2.4	54,398.5
2015	17.947	2.4	55,836.8

Πηγή : World Bank Group 2015

Στον Πίνακα 7, διακρίνουμε τις εισαγωγές, τις εξαγωγές και την τιμή του αργού πετρελαίου κατά τα έτη 2000 – 2015 και πως εξελίσσονται κατά τη διάρκεια των ετών. Από το 2000 και μετά υπάρχει σταθερή μείωση στις εισαγωγές του αργού πετρελαίου, όπου το 2014 κάνει τις λιγότερες εισαγωγές. Ενώ αντίθετα οι εξαγωγές του πετρελαίου ξεκίνησαν από υψηλά επίπεδα σταδιακά υπήρξε μείωση όπου στη συνέχεια, από το 2011 και μετά εκτοξεύτηκαν και η πορεία που ακολούθησαν μέχρι το 2015 ήταν ανοδική. Εν συνεχεία η τιμή αγοράς του αργού πετρελαίου ξεκίνησε σε χαμηλή τιμή (έτος 2000) με 26,72\$/βαρέλι με σταδιακή αύξηση μέχρι το 2013, από το 2014 παρατηρήθηκε μείωση στην τιμή όπου το 2015 η χαμηλή τιμή του έφτασε 44,89\$/βαρέλι.

**Πίνακας 7.:** Εισαγωγές- εξαγωγές, αρχική τιμή αγοράς αργού πετρελαίου στις Η.Π.Α.,2000 – 2015

Έτος	Εισαγωγές (εκατ.Βαρέλια)	Εξαγωγές (χιλ. βαρέλια)	Τιμή Αγοράς (δολάριο/βαρέλι)
2000	3.319	18.352	26.72
2001	3.404	7.386	21.84
2002	3.336	3.296	22.51
2003	3.527	4.538	27.56
2004	3.692	9.783	36.77
2005	3.696	11.619	50.28
2006	3.693	8.999	59.69
2007	3.661	10.006	66.52
2008	3.580	10.464	94.04
2009	3.289	15.985	56.35
2010	3.362	15.198	74.71
2011	3.261	17.158	95.73
2012	3.120	24.693	94.52
2013	2.821	48.968	95.99
2014	2.680	128.233	87.39
2015	-	167.258	44.39

Πηγή: EIA 2016, Siatista 2016

### Τιμές φυσικού αερίου

Οι τιμές φυσικού αερίου ποικίλουν ανάλογα με τις παραδοχές σχετικά με τη διαθεσιμότητα των εγχωρίως παραγομένων πόρων φυσικού αερίου, της ζήτησης από το εξωτερικό για τις Η.Π.Α. καθώς και τις τάσεις στην εγχώρια κατανάλωση. Οι τιμές του επηρεάζονται από μια σειρά παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των τιμών του πετρελαίου, τη διαθεσιμότητα πόρων και τη ζήτηση για φυσικό αέριο.

Σύμφωνα με την Annual Energy Outlook 2015, η τιμή του φυσικού αερίου από \$3.69 million Btu το 2015 αυξάνεται σε \$4.88 million Btu το 2020 και σε \$7.85 million Btu το 2040. Η αυξημένη ζήτηση στην εγχώρια και διεθνή αγορά οδηγεί στην παραγωγή όλο και πιο ακριβών πόρων. Σε περίπτωση υψηλών πόρων πετρελαίου και φυσικού αερίου η τιμή πέφτει από \$3.14 million Btu το 2015, σε \$3.12 million Btu το 2020 (36% κάτω από την τιμή αναφοράς) πριν αυξηθεί σε \$4.38 Btu το 2040 (44% κάτω από την τιμή αναφοράς). Η παραγωγή φυσικού αερίου το 2015 – 2040 είναι 26% υψηλότερη σε σχέση με το σενάριο αναφοράς (Annual Energy Outlook 2015) και



είναι αρκετή για να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη εγχώρια κατανάλωση και για τις εξαγωγές. Η βιομηχανική κατανάλωση ενέργειας αυξάνεται με ετήσιο ρυθμό 0,7% τα έτη 2013 – 2040. Ο ρυθμός αύξησης είναι πολύ υψηλότερος τα έτη 2013 – 2015 (1,3%) απ’ ότι το 2025-2040 (0,2%), ο αυξημένος διεθνής ανταγωνισμός επιβραδύνει την αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής και της ενεργειακής απόδοσης.

Στον Πίνακα 8 που ακολουθεί στις τιμές των εισαγωγών, όσο και των εξαγωγών διακρίνουμε μικρές αυξομειώσεις με την πάροδο των ετών. Όσον αφορά τις τιμές των εισαγωγών, η χαμηλότερη τιμή όλων των ετών ήταν το 2012, τα επόμενα έτη υπήρξε μια μικρή αύξηση και το 2015 είχε πάλι τη χαμηλότερη τιμή συγκριτικά με τα προηγούμενα έτη. Όπως αναφέρθηκε οι τιμές των εξαγωγών του φυσικού αερίου δεν είναι πολύ διαφορετικές, με παρόμοιες αυξομειώσεις όλα τα έτη, παρόλα αυτά είναι λίγο καλύτερα τα πράγματα από τις τιμές των εισαγωγών. Το ίδιο συμβαίνει με την τιμή του φυσικού αερίου, με το 2015 να αγγίζει τη χαμηλότερη όλων των ετών 2.62\$/Btu. Συμπεραίνουμε ότι είτε πρόκειται για την τιμή εισαγωγών, είτε για την τιμή εξαγωγών του φυσικού αερίου, οι τιμές παραμένουν πολύ πιο χαμηλά από τις τιμές του αργού πετρελαίου.

**Πίνακας 8.:** Εισαγωγές, εξαγωγές και τιμή αγοράς του φυσικού αερίου.

Έτος	Τιμή φ.α. εισαγωγές (δολάρια/χίλια κυβικά πόδια)	Εξαγωγές (δολάρια/χίλια κυβικά πόδια)	Τιμή φ.α. δολάρια/εκατ. βρετανικές θερμικές μονάδες (Btu)
2000	3.95	4.10	4.31
2001	4.43	4.19	3.96
2002	3.15	3.41	3.38
2003	5.17	5.54	5.47
2004	5.81	6.09	5.89
2005	8.12	7.59	8.69
2006	6.88	6.83	6.73
2007	6.87	6.92	6.97
2008	8.70	8.58	8.86
2009	4.19	4.47	3.94
2010	4.52	5.02	4.37
2011	4.24	4.64	4.00
2012	2.88	3.25	2.75
2013	3.83	4.08	3.73
2014	5.30	5.51	4.37
2015	2.99	3.07	2.62

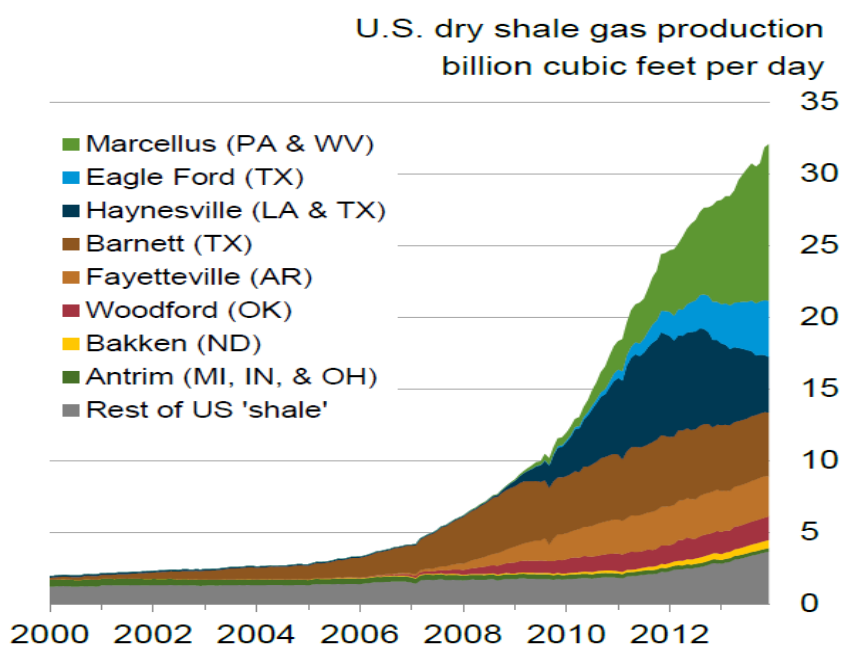
Πηγή : EIA, 2015,2016

## Σχιστολιθικό φυσικό αέριο

Η παραγωγή του ξηρού και υγρού φυσικού αερίου στις Η.Π.Α. έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και η ανοδική τάση της παραγωγής συνεχίζεται. Η αυξημένη προμήθεια σχιστολιθικού φυσικού αερίου μπαίνουν στο «παιχνίδι» με χαμηλότερες τιμές. Οι τιμές αυτές είναι πολύ ελκυστικές για τη βιομηχανία και συμβάλλουν στην ανάπτυξη της. Η χρήση ενέργειας στη βιομηχανία εκτοξεύεται με την αύξηση παροχής σχιστολιθικού αερίου.

Η εξόρυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου δεν είναι ιδιαίτερα νέα στις Η.Π.Α. (έχει συμβεί από το 1821). Ωστόσο η τεχνολογική εξέλιξη οδήγησε στην αύξηση της ποσότητας και στην οικονομικά προσιτή κλίμακα την τελευταία δεκαετία. Την τελευταία δεκαετία η παραγωγή έχει αυξηθεί κατά 12 φορές και η τάση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί τουλάχιστον μέχρι το 2035. Αυξάνεται από 5 Tcf/y το 2010 σε 13,6 Tcf/y το 2035. Στο Γράφημα 11, διακρίνουμε την παραγωγή του σχιστολίθου μέχρι το 2012.

**Γράφημα 11** : Παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου 2000 – 2012.



Πηγή: (EIA 2013)

Στον Πίνακα 9 διακρίνουμε ότι η συνολική εκτίμηση του τεχνικά ανακτήσιμου σχιστολιθικού φυσικού αερίου είναι 1.161 Tcf .

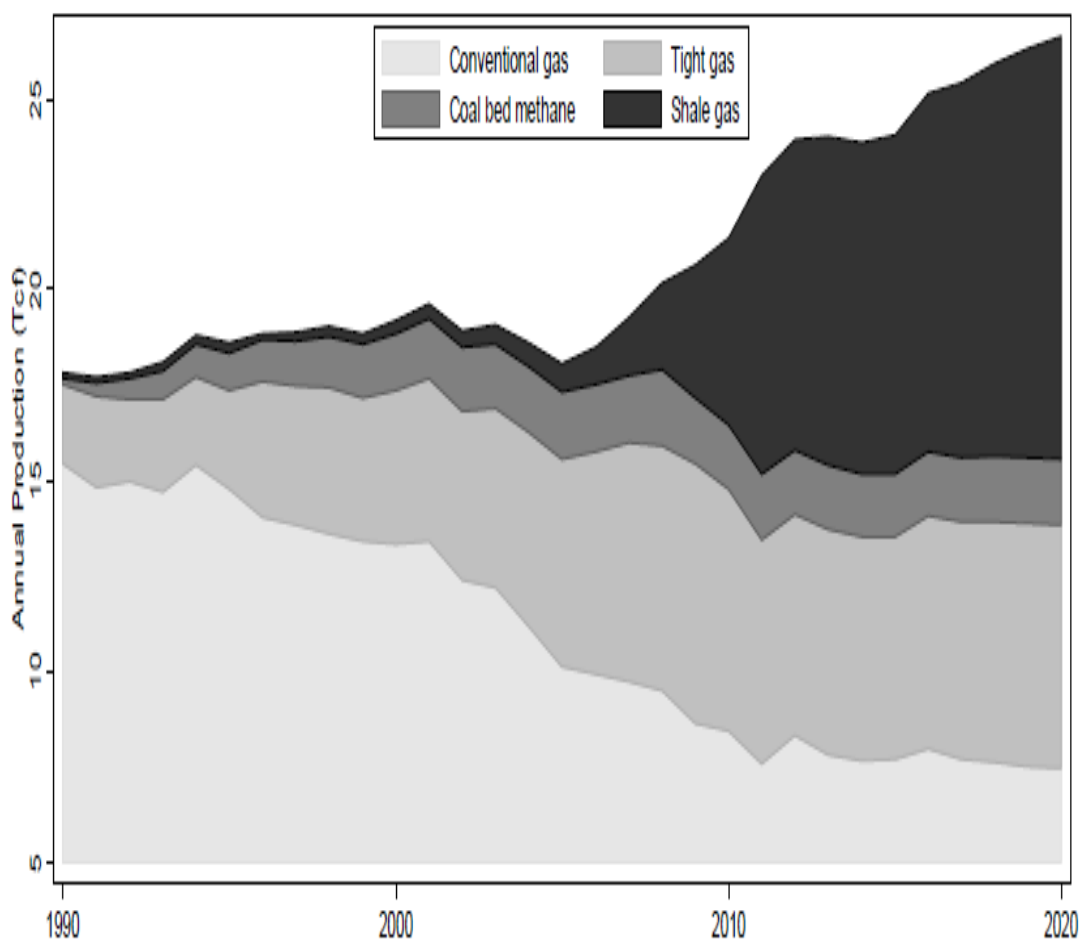
**Πίνακας 9. :** Σχιστολιθικοί ανακτήσιμοι πόροι φυσικού αερίου.

	Ξεχωριστή Λεκάνη	Υπόλοιπα Αποθέματα και ανεκμετάλλευτοι Πόροι (Tcf)
<b>1. Βορειοανατολικά</b>		
Marcellus	8	369
Utica	3	111
Other	3	29
<b>2. Νοτιοανατολικά</b>		
Haynesville	4	161
Bosssier	2	57
Fayetteville	4	48
<b>3. Μέσο-Ηπειρωτικά</b>		
Woodford	9	77
Antrim	1	5
New Albany	1	2
<b>4. Texas</b>		
Eagle Ford	6	119
Barnett	5	72
Permian	9	34
<b>5. Βραχώδη όροι – Μεγάλες Εκτάσεις</b>		
Niobrara	8	57
Lewis	1	1
Bakken/ Three Forks	6	19
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>1161</b>

Πηγή :EIA,2013

Στο Γράφημα 12 μπορούμε να διακρίνουμε την προβλεπόμενη παραγωγή από σχιστολιθικό φυσικό αέριο. Λίγο πριν το 2010 είναι αρκετά εμφανής η εκτόξευση της παραγωγής του σχιστολιθικού φυσικού αερίου και συνεχίζει μέχρι το 2020.

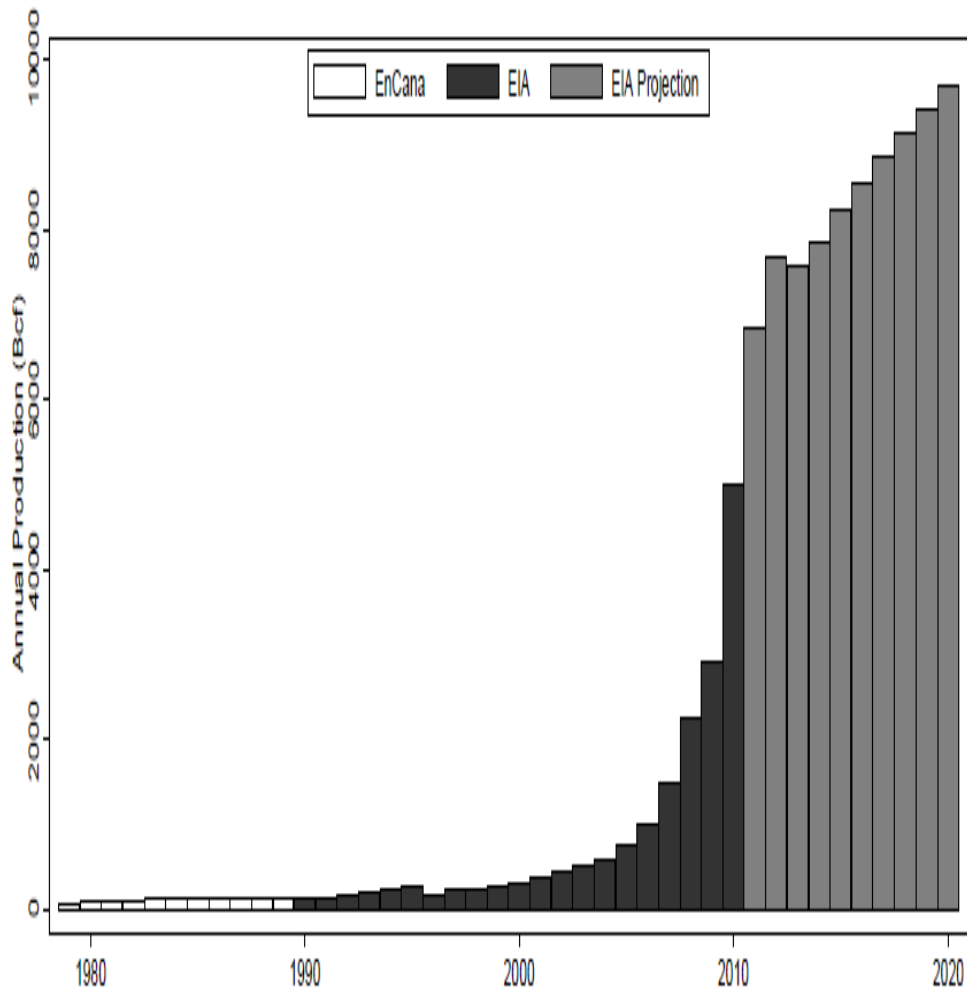
**Γράφημα 12.:** Προβλεπόμενη παραγωγή



Πηγή: EIA , 2013

Ακολουθεί η ετήσια παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου και η προβλεπόμενη παραγωγή, 1979-2020 (Γράφημα 13).

**Γράφημα 13 :** Προβλεπόμενη Παραγωγή Σχιστολιθικού φυσικού αερίου

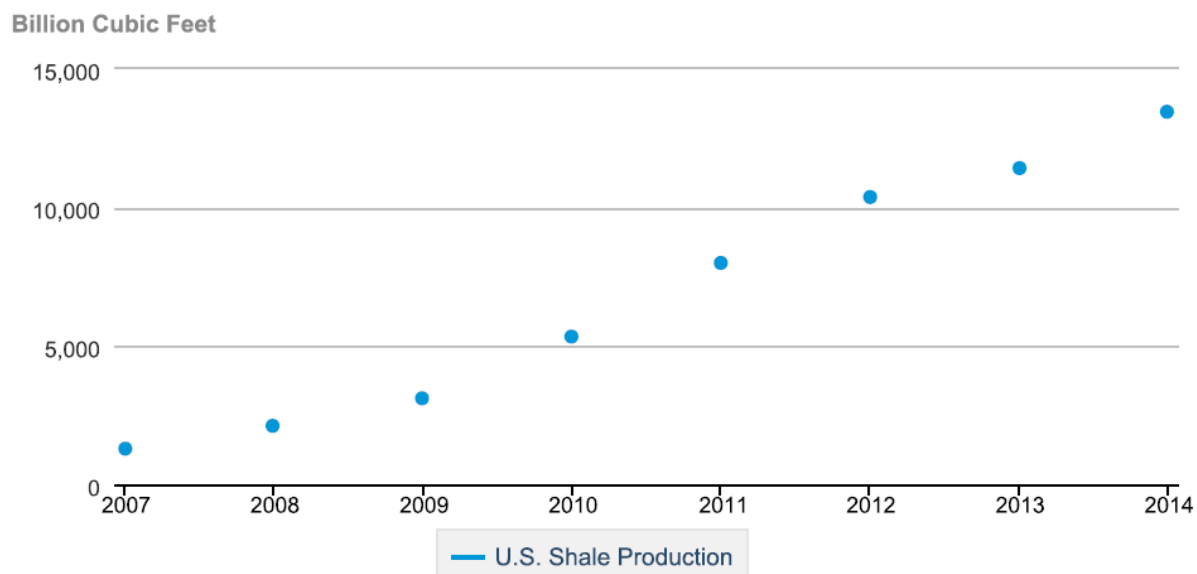


Πηγή : EIA,2013

Όπως είναι φανερό η παραγωγή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου αυξάνεται σταθερά κάθε χρόνο (Γράφημα 14 και Πίνακας 10).

**Γράφημα 14 :** Παραγωγή Shale gas 2007 – 2014.

### U.S. Shale Production



 Source: U.S. Energy Information Administration

**Πίνακας 10 :** Παραγωγή Σχιστολιθικού Φυσικού Αερίου (Δις κυβικά Πόδια)

Έτος	Παραγωγή
2000	-
2001	-
2002	-
2003	-
2004	-
2005	-
2006	-

<b>2007</b>	1.293
<b>2008</b>	2.116
<b>2009</b>	3.110
<b>2010</b>	5.336
<b>2011</b>	7.994
<b>2012</b>	10.371
<b>2013</b>	11.415
<b>2014</b>	13.447

Πηγή : ΕΙΑ, 2015

### 3.3. Οικονομική Ανάπτυξη Κίνας

Το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (ΑΕΠ) στην Κίνα, ήταν αξίας 10.354,80 δισεκατομμύρια δολάρια το 2014. Η αξία του ΑΕΠ της Κίνας αντιπροσωπεύει το 16,70% της παγκόσμιας οικονομίας. Το ΑΕΠ της Κίνας κατά μέσο όρο ήταν 1.437,04 δισεκατομμύρια δολάρια από το 1960 μέχρι το 2014, φτάνοντας στο υψηλότερο όλων των εποχών των 10.354,80 δισεκατομμύρια δολάρια το 2014 και το χαμηλότερο ρεκόρ των 46,88 δισεκατομμυρίων δολαρίων το 1962.

**Πίνακας 11 :** Θεμελιώδη Μακροοικονομικά Μεγέθη Κίνα (2000 -2014)

<b>ΕΤΟΣ</b>	<b>ΑΕΠ (σε δις US \$)</b>	<b>ΑΥΞΗΣΗ ΑΕΠ (ΕΤΗΣΙΑ %)</b>	<b>ΚΑΤΑ ΚΕΦΑΛΗΝ ΑΕΠ (σε US \$)</b>
<b>2000</b>	1,205	8,4	955
<b>2001</b>	1,332	8,3	1,047
<b>2002</b>	1,461	9,1	1,142
<b>2003</b>	1,649	10,0	1,281
<b>2004</b>	1,941	10,1	1,498
<b>2005</b>	2,269	11,3	1,741
<b>2006</b>	2,730	12,7	2,083
<b>2007</b>	3,524	14,2	2,675
<b>2008</b>	4,560	9,6	3,443
<b>2009</b>	5,059	9,2	3,801
<b>2010</b>	6,040	10,6	4,515

<b>2011</b>	7,495	9,5	5,577
<b>2012</b>	8,461	7,7	6,264
<b>2013</b>	9,494	7,7	6,995
<b>2014</b>	10,361	7,4	7,595

Πηγή : World Bank Group, National Bureau of Statistics of China,2015

## **Φυσικό Αέριο**

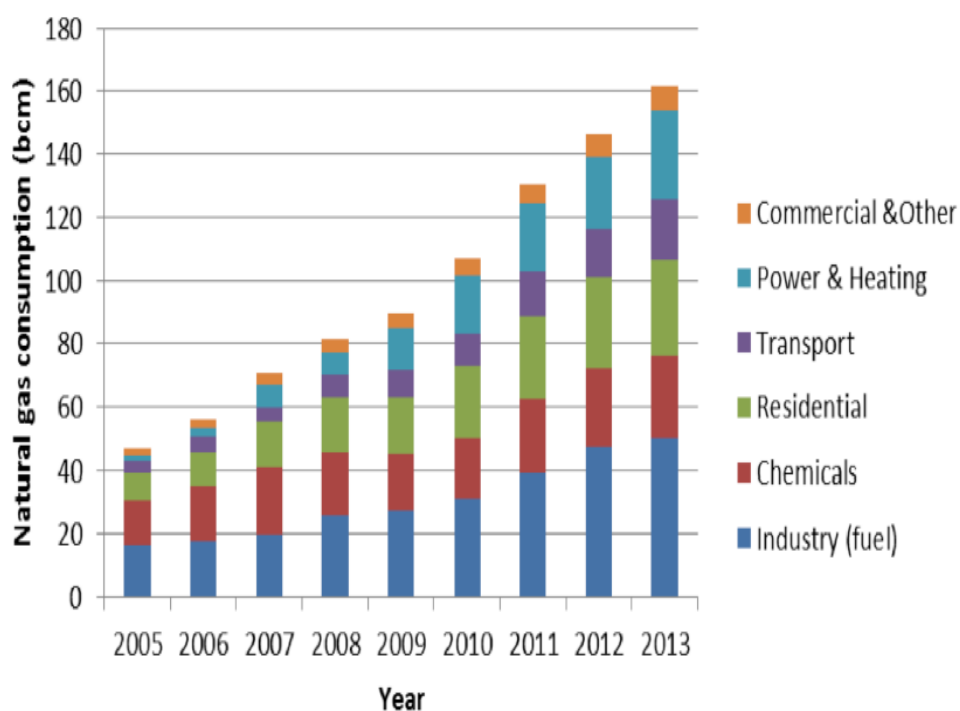
Η Κινεζική κυβέρνηση αναμένει ενίσχυση του φυσικού αερίου ως μέρος της συνολικής κατανάλωσης της ενέργειας σε ποσοστό τουλάχιστον 10% έως το 2020 ώστε να ανακουφιστεί από τα υψηλά επίπεδα ρύπανσης που προκύπτουν από τη χρήση άνθρακα. Η Κίνα ήταν καθαρός εξαγωγέας φυσικού αερίου μέχρι το 2007 όταν έγινε καθαρός εισαγωγέας για πρώτη φορά.

Σε αντίθεση με την αγορά του φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες, οι τιμές στις Ασιατικές αγορές αντανακλούν συνήθως συμβάσεις που συνδέονται με το δείκτη πετρελαϊκών τιμών. Οι μειώσεις των τιμών του αργού πετρελαίου τον Αύγουστο του 2014 και τον Ιανουάριου του 2015 είχε σημαντική επίδραση στις ασιατικές τιμές του φυσικού αερίου και των αγορών. Η αγορά της Ασίας αντιπροσωπεύει το 1/3 του παγκόσμιου εμπορίου φυσικού αερίου.

Η κατανάλωση του τομέα του φυσικού αερίου παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα (Γράφημα 15). Το μεγαλύτερο μέρος της κατανάλωσης σημειώθηκε σε τρεις τομείς : ως καύσιμο της βιομηχανίας (36%) ως πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών προϊόντων (30%) και για οικιακή χρήση (17%). Από το 2013 η βιομηχανία εξακολουθεί να είναι ο μεγαλύτερος χρήστης του φυσικού αερίου στην Κίνα, καταναλώνοντας περίπου 50cm (31% της συνολικής κατανάλωσης). Ως εκ τούτου, το μεγαλύτερο μέρος της αυξημένης κατανάλωσης φυσικού αερίου έχει χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο με υποκατάσταση για τον άνθρακα (Paltsev 2015).

### **Γράφημα 15: Κατανάλωση φυσικού αερίου**





Πηγή: Gas demand by sector 2005–2013. Data Source: 2005–2012 data (NBS 2014b); 2013 data (personal communication with industry experts).page.6

Οι λιανικές τιμές διαφέρουν ανάλογα με την επαρχία. Για το 2014, το μέσο επίπεδο των τιμών για οικιακή χρήση ήταν 11,13 \$ / MMBtu. Η λιανική τιμή για τον τομέα της βιομηχανίας κατά μέσο όρο 15,30 \$ / MMBtu και το μέσο επίπεδο των τιμών για τη χρήση μεταφοράς ήταν 19,71 \$ / MMBtu, (Πίνακας 12).

**Πίνακας 12:** Τιμές φυσικού αερίου 2014

Χρήση	Μονάδα μέτρησης (MMBtu)
Οικιακή	11,13
Βιομηχανική	15,30
Μεταφορές	19,71

Πηγή: city gate prices after first adjustment (NDRC, 2013); city gate prices after second adjustment (NDRC, 2014); city gate price after third adjustment (NDRC, 2015).page 11

### Κίνα και σχιστολιθικό φυσικό αέριο

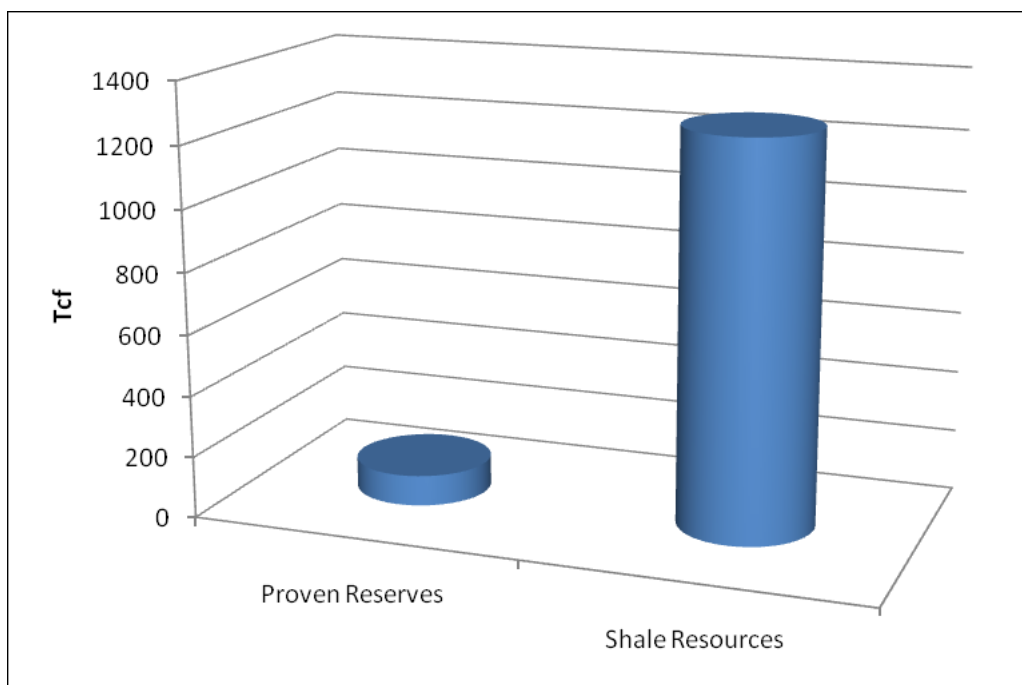
Η Κίνα βλέπει την ανάπτυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου ως μακροπρόθεσμη στρατηγική της για να ξεπεράσει την υψηλή εξάρτηση της από το εισαγόμενο φυσικό αέριο. Αν και η παραγωγή και χρήση του φυσικού αερίου αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς το καύσιμο αποτελούσε μόνο το 5% της συνολικής κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας της χώρας το 2012.

Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι η Κίνα θα μπορούσε να είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός σχιστολιθικού φυσικού αερίου στον κόσμο - με δυναμικό 1.115 Tcf. Θεωρητικά είναι αδύνατο να αναφερθεί το μέγεθος των αποθεμάτων σχιστολιθικού αερίου, το οποίο μπορεί στην πραγματικότητα να παραχθεί εμπορικά.

Από το 2003 - 2013 η παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου υπερτριπλασιάστηκε έως 4,1 Tcf. Συνεχίστηκε η αύξηση το 2014 σε πάνω από 4,4 Tcf (IEA, 2015).

Το Γράφημα 16 μας δείχνει τα αποδεδειγμένα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου.

**Γράφημα 16 :** Αποδεδειγμένα αποθέματα



Πηγή : EIA, 2011

Στη λεκάνη Sichuan η παραγωγή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου από το έτος 2013 έως το 2014 η παραγωγή αυξήθηκε κατά 46 Bcf, το 2015 ήταν 204 Bcf/y. Στη λεκάνη Tarim το 2013 η παραγωγή ήταν 475 Bcf, και το 2014 584 Bcf. Παρατηρούμε σε όλες τις λεκάνες μία αύξηση της παραγωγής με το πέρασμα του χρόνου. Η τιμή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου θα εξαρτηθεί από τις τιμές αγοράς του φυσικού αερίου από ξένες πηγές.

Ακολουθεί ο συγκριτικός Πίνακας 13 των οικονομικών Δεικτών Η.Π.Α. – Κίνας

**Πίνακας 13 :** Σύγκριση Οικονομικών Δεικτών για το έτος 2016

	<b>Η.Π.Α.</b>	<b>ΚΙΝΑ</b>
<b>Ρυθμός Ανάπτυξης ΑΕΠ</b>	1.2%	1.8%
<b>Ποσοστό Ανεργίας</b>	4.9%	4.05%
<b>Πληθωρισμός</b>	1%	1.9%
<b>Επιτόκιο</b>	0.5%	4.35%
<b>Δημόσιο Χρέος προς ΑΕΠ</b>	104%	43.9%

Πηγή : Trading Economics,2016

### **3.4 Παγκόσμια Αγορά**

Η παραγωγή στη Βόρεια Αμερική συνεχίζει να αυξάνεται και με το σχιστόλιθο να αλλάζει το ευρύτερο τοπίο, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία πια ότι η χώρα θα γίνει ένας φυσικός εξαγωγέας αερίου στο όχι και τόσο μακρινό μέλλον. Οι συνολικές εισαγωγές πετρελαίου έχουν μειωθεί σχεδόν κατά το ήμισυ. Δεν είναι μόνο η ενεργειακή ασφάλεια που επωφελείται από όλες τις χώρες του κόσμου, οι ΗΠΑ το περασμένο έτος είχε τη μεγαλύτερη αύξηση σε πετρέλαιο, καθώς και της παραγωγής φυσικού αερίου - είχε επίσης μακράν τη μεγαλύτερη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Εκτός από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και την Κίνα υπάρχουν και άλλες χώρες με ανακτήσιμα αποθέματα σχιστολιθικού αερίου. Παρακάτω μπορούμε να διακρίνουμε τις 10 χώρες με τα μεγαλύτερα τεχνικώς ανακτήσιμα αποθέματα αερίου, στον κόσμο. Στην πρώτη θέση, μετά τις Η.Π.Α και την Κίνα διακρίνονται η Αργεντινή και η Αλγερία. Τα ανακτήσιμα αποθέματα από μη συμβατικούς πόρους φυσικού αερίου βρίσκονται σε χώρες που είναι καθαροί εισαγωγείς φυσικού αερίου και αντιμετωπίζουν αυξανόμενη εξάρτηση από τις εισαγωγές, ελλείψει νέας

παραγωγής. Ο Πίνακας (14) δείχνει την κορυφή των δέκα χωρών με τα ανακτάσιμα αποθέματα σχιστολιθικού αερίου.

**Πίνακας 14 :** Κορυφαίες 10 χώρες με τεχνικά ανακτάσιμα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου

<b>Χώρες</b>	<b>Τεχνικά Ανακτάσιμα Αποθέματα (Tcf)</b>
Η.Π.Α	1.161
Κίνα	1.115
Αργεντινή	802
Αλγερία	707
Καναδάς	573
Μεξικό	545
Αυστραλία	437
Νότια Αφρική	390
Ρωσία	285
Βραζιλία	245

Πηγή : EIA,2013

Η παραγωγή φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση αναμένεται να φθάσει τα 165 bcm το 2035, καθώς η ζήτηση φυσικού αερίου (εντός ΕΕ) προβλέπεται να ανέλθει στα 644 bcm, με την εξάρτηση από τις εισαγωγές να αυξάνεται στο 74% (IEA, 2012).

Στον Πίνακα (15) που ακολουθεί διακρίνουμε τους πόρους του σχιστολιθικού φυσικού αερίου στην Ευρώπη

**Πίνακας 15 :** Αξιολόγηση πόρων σχιστολιθικού φυσικού αερίου

<b>Κράτος</b>	<b>Ελάχιστη Εκτίμηση (Bcm)</b>	<b>Καλύτερη Εκτίμηση (Bcm)</b>	<b>Μέγιστη Εκτίμηση (Bcm)</b>
<b>Αυστρία</b>	159	200	241
<b>Βουλγαρία</b>	300	650	1.000
<b>Δανία</b>	227	907	1.360
<b>Εσθονία</b>	3	11	17
<b>Γαλλία</b>	970	3.881	5.822
<b>Γερμανία</b>	680	1.275	2.266
<b>Ουγγαρία</b>	399	700	1.000

<b>Ιρλανδία</b>	42	76	109
<b>Λετονία</b>	4	17	25
<b>Λιθουανία</b>	0	0	113
<b>Ολλανδία</b>	184	737	1.105
<b>Πολωνία</b>	346	558	4.193
<b>Ρουμανία</b>	232	929	1.445
<b>Ισπανία</b>	227	1.997	2.966
<b>Σουηδία</b>	71	283	425
<b>Ηνωμένο Βασίλειο</b>	38	150	737
<b>Σύνολο</b>	<b>3.881</b>	<b>12.351</b>	<b>22.823</b>

Πηγή: European Commission, 2014.DG ENV-REF:ENV.F.1./SER/2012/0046r,2014.σελ.14

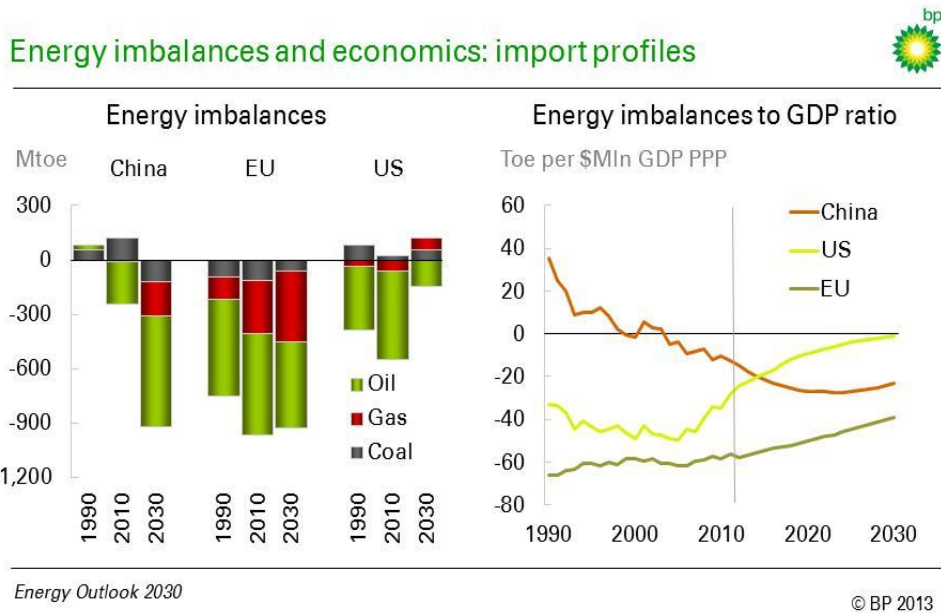
Στην Αυστραλία η παραγωγή μη συμβατικού αερίου θα μπορούσε να φθάσει περίπου τα 60 bcm το 2020 και κοντά στα 110 bcm το 2035. Οι εξαγωγές αναμένεται να φτάσουν τα 120 bcm, από 20 bcm που ήταν το 2010, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 19% της προβλεπόμενης ζήτησης φυσικού αερίου για την ΕΕ το 2035.

Παρά το γεγονός ότι τα ανακτώσιμα αποθέματα του σχιστολιθικού φυσικού αερίου αυξάνονται παγκοσμίως και αυτό είναι πολύ θετικό για την κάθε χώρα ξεχωριστά, παράλληλα υπάρχουν πολλές εκτιμήσεις για τις παγκόσμιες επιπτώσεις όπως την ενεργειακή ασφάλεια, τη γεωπολιτική την παγκόσμια οικονομία αλλά και το περιβάλλον.

Θα υπάρξει πίεση στη διαμόρφωση των αγορών, δηλαδή, η σχιστολιθική επανάσταση επέβαλε το ερώτημα σχετικά με τον αντίκτυπο της ανόδου του πετρελαίου από σχιστόλιθο (και φυσικού αερίου), την παραγωγή στις αγορές και τις τιμές. Σε μια κανονική αγορά οι τιμές πρέπει να πέσουν αλλά η αγορά του πετρελαίου διαθέτει καρτέλ παραγωγών με μακρά ιστορία και προσπαθεί να διαχειριστεί τιμές αλλά και παραγωγή. Το πιθανότερο είναι να υπάρξει αντίδραση από τον ΟΠΕΚ, διότι θα υπάρξουν υψηλότερες προμήθειες από σχιστολιθικό φυσικό αέριο, και η πιο πιθανή αντίδραση τους θα είναι η μείωση της παραγωγής. Η μείωση της παραγωγής θα οδηγήσει σε συσσώρευση της πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας (σε χώρες του ΟΠΕΚ). Λαμβάνοντας υπόψη συντηρητικό προφίλ παραγωγής, για να φιλοξενήσει

τις νέες προμήθειες θα πρέπει να υπερβαίνει τα 6 εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα (Mb/d) μέσα σε αυτή τη δεκαετία - τα υψηλότερα επίπεδα από τα τέλη της δεκαετίας του 1980. Αυτό δεν θα είναι εύκολο για τον ΟΠΕΚ. Η συνοχή της οργάνωσης είναι το κλειδί της αβεβαιότητας, ιδιαίτερα κατά την τρέχουσα δεκαετία. Θα είναι ένας κόσμος στον οποίο η Ρωσία, οι ΗΠΑ και η Σαουδική Αραβία αντιπροσωπεύουν το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής. Από αυτές τις τρεις το μόνο μέλος του ΟΠΕΚ είναι η Σαουδική Αραβία, είναι πιθανό να επιβαρύνεται με το κόστος της διατήρησης μεγάλων ποσοτήτων. Επιπλέον η Σαουδική Αραβία βρίσκεται μεταξύ του Ιράκ, ένα μέλος του ΟΠΕΚ με σταθερά αυξανόμενη παραγωγή, αλλά χωρίς μια συμφωνία ποσοστώσεων, και το Ιράν, για το οποίο κανείς δεν μπορεί να προβλέψει πόσο καιρό οι τρέχουσες κυρώσεις θα περιορίσουν την παραγωγή. Από την άλλη πλευρά είναι απίθανο να υπάρξουν πολύ χαμηλές τιμές πετρελαίου (όπως τις δεκαετίες του 1980 και 1990). Το πιθανότερο είναι να ασκηθεί πίεση στις τιμές για τη διαμόρφωση των αγορών. Ένα ακόμα ζήτημα είναι η γεωπολιτική της ενέργειας. Οι σχέσεις μεταξύ του μεγαλύτερου καταναλωτή του κόσμου και του κέντρου εφοδιασμού πάντα είχε τεράστιες πολιτικές συνέπειες, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι έχει αναπτυχθεί μια αμφίδρομη σχέση, με την πάροδο του χρόνου μεταξύ των Η.Π.Α. και της Μέσης Ανατολής που τυγχάνει να είναι και μεγάλος παραγωγός πετρελαίου. Αυτές οι σχέσεις μπορεί να είναι έτοιμες να αλλάξουν και μάλλον με απρόβλεπτους τρόπους. Πριν από 20 χρόνια η Κίνα ήταν καθαρός εξαγωγέας ενέργειας. Έως το 2030 θα γίνει ο μεγαλύτερος εισαγωγέας πετρελαίου και αερίου. Η Ευρώπη την ίδια περίοδο είναι πιθανό να παραμείνει μεγάλος εισαγωγέας ορυκτών καυσίμων. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω Γράφημα (17).

## Γράφημα 17 : Προφίλ Εισαγωγής



Πηγή : BP, 2013

Η ποσότητα του άνθρακα αυξήθηκε καθώς λόγω των οικονομικών προβλημάτων η Ευρώπη αντικατέστησε το αέριο στην ηλεκτροπαραγωγή με φθηνότερο άνθρακα, που εισάγει από τις Η.Π.Α.

Εκτός από τις θέσεις εργασίας, την οικονομική αξία και τα δημόσια έσοδα που δημιουργούνται από την παραγωγή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου, θα παρουσιαστούν επίσης και ευρύτερες μακροοικονομικές επιπτώσεις, τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για τις επιχειρήσεις. Για παράδειγμα, σε περίπτωση απουσίας των σχηματισμών σχιστόλιθου, η τιμή του φυσικού αερίου σχεδόν θα τριπλασιαστεί (\$10-\$12 ανά MMBtu) αυτό που είναι σήμερα (4\$ ανά MMBtu). Με τη σειρά τους, οι χαμηλότερες τιμές σήμερα παρέχουν μια σημαντική βραχυπρόθεσμη ώθηση στην οικονομική παραγωγή και την απασχόληση και αποτελούν ένα σημαντικό θεμέλιο για την αύξηση της εγχώριας παραγωγής. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για εκείνες τις βιομηχανίες που είναι εντατικοί χρήστες του φυσικού αερίου ως πρώτη ύλη, όπως η χημική βιομηχανία και οι βιομηχανίες που επωφελούνται σημαντικά από το χαμηλότερο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας.

## Ανακεφαλαίωση

Στον παρόν κεφάλαιο διαπιστώσαμε ότι η άνοδος των τιμών του πετρελαίου έδωσε κίνητρα στο να ακολουθήσει μετέπειτα η έκρηξη στην παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου από μέχρι πρότινος ανεκμετάλλευτους σχηματισμούς. Επιπλέον η τεχνολογική εξέλιξη οδήγησε στην αύξηση της ποσότητας και στην οικονομικά προσιτή κλίμακα σχετικά με την εξόρυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Η παραγωγή του καθημερινά αυξάνεται όντας μια φθηνή εγχώρια πηγή ενέργειας και αποτέλεσε σημαντική κινητήρια δύναμη οικονομικής ανάπτυξης για τις Η.Π.Α. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι η χώρα θα γίνει ένας φυσικός εξαγωγέας του αερίου στο όχι και τόσο μακρινό μέλλον. Οι συνολικές εισαγωγές πετρελαίου έχουν μειωθεί κατά το ήμισυ. Η Κινεζική κυβέρνηση προσπαθεί να αναπτύξει και αυτή το σχιστολιθικό φυσικό αέριο εφόσον βρίσκεται ακριβώς μετά τις Η.Π.Α. στην παγκόσμια κατάταξη με τα μεγαλύτερα ανακτήσιμα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου, δεν είναι μόνο αυτός ο λόγος και να ανακουφιστεί από τα υψηλά επίπεδα ρύπανσης που προκύπτουν από τη χρήση άνθρακα. Όλη αυτή η εξέλιξη φέρνει πίεση στη διαμόρφωση των αγορών σχετικά με τον αντίκτυπο της ανόδου του σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Το πιο πιθανό είναι να ασκηθεί πίεση στις τιμές ,τονίζοντας τη διαμόρφωση των αγορών. Σχετικά με τις γεωπολιτικές συνέπειες, οι σχέσεις μεταξύ του μεγαλύτερου καταναλωτή του κόσμου και του κέντρου εφοδιασμού πάντα είχε τεράστιες πολιτικές συνέπειες, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι έχει αναπτυχθεί μια αμφίδρομη σχέση , με την πάροδο του χρόνου μεταξύ των Η.Π.Α. και της Μέσης Ανατολής που τυγχάνει να είναι και μεγάλος παραγωγός πετρελαίου. Αυτές οι σχέσεις μπορεί να είναι έτοιμες να αλλάξουν και μάλλον με απρόβλεπτους τρόπους.

Σχετικά με την παγκόσμια οικονομία οι συζητήσεις κυριαρχούνται από το ερώτημα αν οι φθηνότερες τιμές δώσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, οι οικονομολόγοι λένε ότι πιο επίμονες απειλές για την παγκόσμια οικονομική σταθερότητα έγκειται στο ότι έχει γίνει γνωστό ως παγκόσμια ανισοροπία.

Παρόλα αυτά θα δημιουργηθούν πολλές νέες θέσεις εργασίας, οικονομική αξία και δημόσια έσοδα όμως παράλληλα θα παρουσιαστούν επίσης και ευρύτερες μακροοικονομικές επιπτώσεις, τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για τις επιχειρήσεις.



Δηλαδή σε περίπτωση απουσίας των σχηματισμών σχιστόλιθου, η τιμή του φυσικού αερίου σχεδόν θα τριπλασιαστεί σχετικά με αυτό που είναι σήμερα. Με τη σειρά τους, οι χαμηλότερες τιμές σήμερα παρέχουν μια σημαντική βραχυπρόθεσμη ώθηση στην οικονομική παραγωγή και την απασχόληση και αποτελούν ένα σημαντικό θεμέλιο για την αύξηση της εγχώριας παραγωγής.

## **Κεφάλαιο 4**

### **Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις**

#### **4.1. Εισαγωγή**

Στο προηγούμενο κεφάλαιο διαπιστώσαμε ότι η έκρηξη σχιστολιθικού φυσικού αερίου αποτελεί σημαντική κινητήριο δύναμη οικονομικής ανάπτυξης. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη του έχει συνδεθεί με μια σειρά περιβαλλοντικών προβλημάτων δημιουργώντας μια δημόσια αντίδραση όπου απειλεί να φέρει διακοπή της παραγωγής σε αρκετές περιοχές. Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η εξόρυξη και η χρήση τους σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και την Κίνα.

#### **4.2. Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις**

Η ανάπτυξη των κοιτασμάτων μη συμβατικού αερίου και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην διαδικασία παραγωγής τους εμφανίζουν κοινά σημεία με ότι εφαρμόζεται στην βιομηχανία φυσικού αερίου, ωστόσο η εκμετάλλευση αυτών των κοιτασμάτων συνδέεται με υψηλού κινδύνου περιβαλλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Αυτός είναι και ο λόγος που το θέμα της παραγωγής μη συμβατικού αερίου έχει εγείρει μεγάλη διαμάχη σε αρκετές χώρες .

Γενικά θεωρείται ότι οι κύριες αιτίες που προκαλούν κινδύνους και τις αναπόφευκτες επιπτώσεις στο περιβάλλον περιλαμβάνουν :

- Καταστροφή φυσικού τοπίου, γιατί οι εξέδρες των γεωτρήσεων χρειάζονται χώρο για τεχνικό εξοπλισμό, αποθήκευση υγρού και οδική πρόσβαση για τον εφοδιασμό.
- Ατμοσφαιρική ρύπανση και ηχορύπανση, γιατί τα μηχανήματα λειτουργούν με κινητήρες καύσης, τα υγρά (καθώς και τα λύματα) μπορεί να επιτρέπουν την εξάτμιση επιβλαβών ουσιών στον αέρα, τα φορτηγά με τη

συχνή δραστηριότητα μεταφορών μπορεί να εκπέμπουν πτητικές οργανικές ενώσεις και άλλους ατμοσφαιρικούς ρύπους, και να προκαλούν θόρυβο.

- Το νερό μπορεί να μολυνθεί με χημικές ουσίες από τη διαδικασία ρωγμάτωσης, αλλά και με λύματα από το κοίτασμα τα οποία περιέχουν βαρέα μέταλλα (π.χ. αρσενικό ή υδράργυρο) ή ραδιενεργά σωματίδια. Ενδεχόμενοι διάλυτοι μεταφοράς στα υπόγεια και στα επιφανειακά ύδατα μπορεί να είναι ατυχήματα κατά τη μεταφορά με φορτηγά, διαρροές αγωγών απόληψης, δεξαμενών λυμάτων, συμπιεστών κ.λπ., εκροές από ατυχήματα (π.χ. έκρηξη με πίδακα υγρού ρωγμάτωσης ή λυμάτων), ζημίες στην τσιμεντώση και στο περίβλημα ή απλώς ανεξέλεγκτες υπόγειες ροές μέσω τεχνητών ή φυσικών ρωγμών στους σχηματισμούς.
- Πρόκληση σεισμών από τη διαδικασία υδραυλικής ρωγμάτωσης ή έγχυσης λυμάτων.
- Κινητοποίηση υπόγειων ραδιενεργών σωματιδίων.
- Τέλος, η τεράστια κατανάλωση φυσικών και τεχνητών πόρων σε σχέση με το απολήψιμο αέριο ή πετρέλαιο πρέπει να αξιολογηθεί στο πλαίσιο ανάλυσης κόστους/οφέλους τέτοιων εργασιών.

Οι επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα είναι πιθανές, παρότι ως τώρα δεν έχει καταγραφεί καμία τέτοια επίπτωση.

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός Πίνακας (16) με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η εξόρυξη σχιστολιθικού φυσικού αερίου στις Η.Π.Α. και στην Κίνα.

**Πίνακας 16 :** Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις

<b>Επιπτώσεις</b>	<b>Προκλήσεις</b>
<b>Επιπτώσεις στο Τοπίο</b>	Εξέδρες γεωτρήσεων, φορτηγά, συμπιεστές
<b>Εκπομπές Ατμοσφαιρικών ρύπων και Ρύπανση Εδάφους</b>	Από φορτηγά, γεωτρητικό εξοπλισμό, εξάτμιση από δεξαμενές λυμάτων, εκρήξεις φρεάτων
<b>Κατανάλωση Υδάτων</b>	Απαιτείται αρκετό νερό στη φάση της γεώτρησης
<b>Μόλυνση Υδάτων</b>	Εκροές λάσπης, διαρροές ή ατυχήματα

<b>Προκαλούμενη Σεισμικότητα</b>	Από τη διαδικασία υδραυλικής ρωγμάτωσης, όταν τα ρευστά συναντήσουν υπόγειο ρήγμα
<b>Ραδιενεργές και χημικές ουσίες</b>	Υπάρχουν σε κάποιους σχηματισμούς και μέσω της υδραυλικής ρωγμάτωσης απελευθερώνονται
<b>Επιπτώσεις στη Βιοποικιλότητα Ηχορύπανση</b>	Υποβάθμιση φυσικού οικοτόπου Εκσκαφές, μετακίνηση γης, διακίνηση οχημάτων
<b>Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία</b>	Εκπομπές στην ατμόσφαιρα και το νερό

Πηγή : Επεξεργασία Παρακάτω Στοιχείων

Ακολουθούν αναλυτικά μερικές από τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις όπου συνδέονται με την τεχνική της υδραυλικής ρωγμάτωσης.

### **Επιπτώσεις στο τοπίο**

Η εκμετάλλευση σχιστολιθικών κοιτασμάτων αερίου απαιτεί εξέδρες γεωτρήσεων για την αποθήκευση τεχνικού εξοπλισμού, φορτηγά με συμπιεστές, χημικές ουσίες, πρόσθετα διατήρησης ανοικτών ρωγμών, νερό και δεξαμενές λυμάτων, εάν το νερό δεν προέρχεται από τοπικά φρέατα ύδατος και τα λύματα δεν συγκεντρώνονται σε τεχνητές λίμνες. Η εμπειρία στην Βόρεια Αμερική έδειξε ότι υπάρχει σημαντικός κίνδυνος από τις επιπτώσεις της χρήσης μεγάλων εκτάσεων γης για την εξόρυξη του μη συμβατικού αερίου. Οι διάφορες εγκαταστάσεις εδάφους απαιτούν μια έκταση περίπου 3,6 εκτάρια (1εκτάριο = 10.000 m<sup>2</sup>) ανά εξέδρα γεώτρησης για μεγάλης κλίμακας υδραυλική ρωγμάτωση σε σύγκριση με τα 1,9 εκτάρια ανά εξέδρα που χρειάζονται στην γεώτρηση συμβατικού αερίου. Στοιχεία δείχνουν ότι ίσως να μην είναι πιθανή η επαναχρησιμοποίηση της γης σε αγροτικές κυρίως περιοχές μετά την ολοκλήρωση των φρεάτων και την εγκατάλειψη τους (IEA,2012)

### **Εκπομπές Ατμοσφαιρικών ρύπων και ρύπανση του εδάφους**

Οι εκπομπές μπορεί να προέρχονται από τις ακόλουθες πηγές:

- εκπομπές από φορτηγά και γεωτρητικό εξοπλισμό (θόρυβος, σωματίδια, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, μNMVOC και CO)
- εκπομπές από την επεξεργασία και τη μεταφορά φυσικού αερίου (θόρυβος, σωματίδια, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NMVOC και CO)
- εκπομπές από την εξάτμιση χημικών ουσιών από δεξαμενές λυμάτων
- εκπομπές λόγω εκροών και εκρήξεων φρεάτων (διασπορά υγρών γεώτρησης ή ρωγμάτωσης σε συνδυασμό με σωματίδια του κοιτάσματος).

Η λειτουργία εξοπλισμού γεώτρησης καταναλώνει μεγάλες ποσότητες καυσίμων, τα οποία καίγονται και εκπέμπουν CO<sub>2</sub>. Επίσης κατά την παραγωγή, την επεξεργασία και τη μεταφορά μπορεί να υπάρξουν μερικές διαφεύγουσες εκπομπές μεθανίου, το οποίο είναι αέριο θερμοκηπίου.

Οι εκπομπές αρωματικών ενώσεων, όπως βενζολίου και ξυλενίου που παρατηρήθηκαν στο Τέξας προέρχονται κυρίως από τη συμπίεση και την επεξεργασία φυσικού αερίου, όπου τα βαρύτερα συστατικά εκλύονται στην ατμόσφαιρα. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για τις διεργασίες γεώτρησης και εξόρυξης, όπως οι κινητήρες ντίζελ, είναι πιθανώς ίδια, όπως και οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που εκπέμπουν τα εν λόγω μηχανήματα. Στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από σταθερούς κινητήρες ντίζελ που χρησιμοποιούνται για γεώτρηση, υδραυλική ρωγμάτωση και ολοκλήρωση φρεάτων βάσει δεδομένων για τις εκπομπές κινητήρων ντίζελ τις απαιτήσεις ντίζελ και μια υποθετική απόδοση φυσικού αερίου για το σχιστολιθικό σχηματισμό του Barnett [Horwarth et al 2011].

**Πίνακας 17:** Συνήθεις ειδικές εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων από σταθερούς κινητήρες ντίζελ που χρησιμοποιούνται για γεώτρηση, υδραυλική ρωγμάτωση και ολοκλήρωση

	Εκπομπές ανά μηχανική εκροή κινητήρα [g/kwh <sub>mech</sub> ]	Εκπομπές ανά εισροή καυσίμου κινητήρα [g/kwh <sub>diesel</sub> ]	Εκπομπές ανά διακινούμενη ποσότητα φυσικού αερίου φρέατος [g/kwh <sub>NG</sub> ]
SO <sub>2</sub>	<b>0,767</b>	<b>0,253</b>	<b>0,004</b>
NO <sub>x</sub>	<b>10,568</b>	<b>3,478</b>	<b>0,059</b>

PM	<b>0,881</b>	<b>0,291</b>	<b>0,005</b>
CO	<b>2,290</b>	<b>0,756</b>	<b>0,013</b>
NMVOC	<b>0,033</b>	<b>0,011</b>	<b>0,000</b>

Πηγή : Horwarth,2011

Επιπλέον η εμπειρίες στις Η.Π.Α. δείχνουν ότι έχουν συμβεί κατ' επανάληψη σοβαρές εκρήξεις σε φρέατα, όπου απελευθερώνονται ρύποι λόγω των εκρήξεων, στη συνέχεια αποδείχθηκε ότι τα ατυχήματα προκλήθηκαν από ακατάλληλο χειρισμό (Michaels 2010).

### **Κατανάλωση – Μόλυνση υδάτων**

Η κατανάλωση μεγάλου όγκου νερού και ο κίνδυνος μόλυνσης του αποτελούν σημαντικά ζητήματα στην ανάπτυξη του μη συμβατικού αερίου και έχουν δημιουργήσει μεγάλη ανησυχία στο κοινό. Στην περίπτωση ανάπτυξης σχιστολιθικού αερίου αν και κάποια ποσότητα νερού απαιτείται κατά τη φάση της γεώτρησης, οι μεγαλύτερες ποσότητες νερού χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας υδραυλικής ρωγμάτωσης καθώς κάθε φρέαρ μπορεί να χρειάζεται μέχρι και 20.000 κυβικά μέτρα. Η αποτελεσματική χρήση του νερού κατά την ρωγμάτωση είναι απαραίτητη. Στον Πίνακα 18 γίνεται σύγκριση μεταξύ της ποσότητας νερού που απαιτείται για την ανάπτυξη σχιστολιθικού αερίου και έγκλειστου αερίου, μετρημένη σε ανά μονάδα παραγόμενης ενέργειας με την αντίστοιχη ποσότητα νερού που απαιτείται στην περίπτωση της παραγωγής συμβατικού αερίου.

**Πίνακας 18** : Χρήση νερού ανά μονάδα αερίου που παράγεται (terajoule/m<sup>3</sup>)

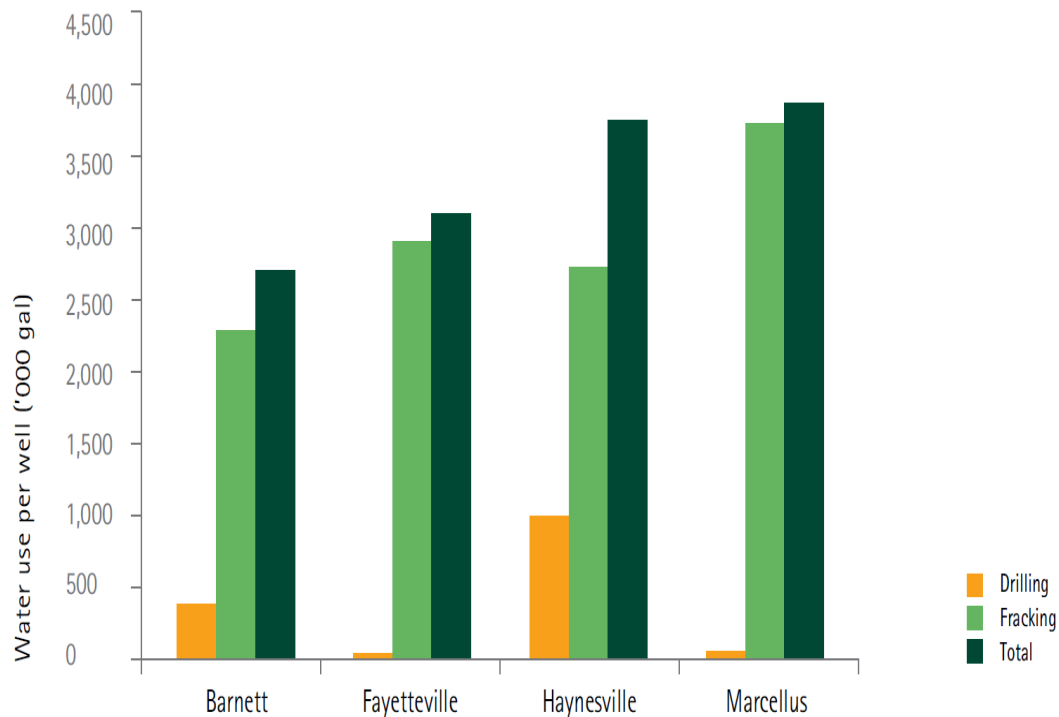
	<b>Κατανάλωση Νερού</b>
	Παραγωγή
<b>Σχιστολιθικό φυσικό αέριο</b>	2-100
<b>Έγκλειστο αέριο</b>	0.1-1
<b>Συμβατικό φυσικό αέριο</b>	0.001-0.01

Πηγή : IEA, analysis 2012 (Golden Rules for a Golden Age of Gas, p.31)

Το νερό που χρησιμοποιείται κατά την υδραυλική ρωγμάτωση μπορεί να προέλθει από πηγές επιφανειακών υδάτων (όπως ποτάμια, λίμνες ή θάλασσες) ή από τοπικές γεωτρήσεις. Σε περιοχές που υπάρχει έλλειψη νερού, η εξαγωγή του για γεωτρήσεις και για τις τεχνικές της υδραυλικής ρωγμάτωσης μπορεί να έχει ευρείες και σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μπορεί να μειώσει τον υδροφόρο ορίζοντα και να επηρεάσει τη βιοποικιλότητα και το τοπικό οικοσύστημα. Μπορεί επίσης να μειώσει τη διαθεσιμότητα του νερού για χρήση από τις τοπικές κοινότητες ή σε άλλες παραγωγικές δραστηριότητες, όπως η γεωργία. Η περιορισμένη διαθεσιμότητα του νερού για την υδραυλική ρωγμάτωση θα μπορούσε να γίνει ένα σημαντικό εμπόδιο για την ανάπτυξη του σχιστολιθικού και του έγκλειστου αερίου σε ορισμένες περιοχές. Στη Κίνα για παράδειγμα, το κοιτάσμα Tarim είναι ένα από τα μεγαλύτερα κοιτάσματα σχιστολιθικού αερίου της χώρας, αλλά πάσχει από σοβαρή λειψυδρία. Το ίδιο ισχύει και σε άλλες περιοχές της Κίνας που ενώ διαθέτουν κοιτάσματα μη συμβατικού αερίου, δεν υπάρχει ανάπτυξη τους εξαιτίας της έλλειψης νερού. Έτσι, η ανάπτυξη του μη συμβατικού αερίου περιορίζεται στο κοιτάσμα Sichuan επειδή το νερό σε αυτή την περιοχή είναι άφθονο (Assenture report,2012).

Στο Γράφημα 18 γίνεται σύγκριση της ποσότητας νερού που καταναλώνεται σε τέσσερα κοιτάσματα σχιστολιθικού αερίου στις ΗΠΑ κατά την διαδικασία της γεώτρησης και κατά την τεχνική της υδραυλικής ρωγμάτωσης.

**Γράφημα 18.** : Σύγκριση της χρήσης νερού μεταξύ τεσσάρων λεκανών σχιστολιθικού φυσικού αερίου



Πηγή : Accenture report, Water and Shale gas Development, Leveraging the US experience in new shale developments, page 29.

Στον Πίνακα 19 γίνεται σύγκριση χαρακτηριστικών του παραγόμενου νερού σε συμβατικά και μη συμβατικά καύσιμα. Στο σχιστολιθικό φυσικό αέριο ενώ αρχικά ο όγκος του παραγόμενου νερού είναι πολύ υψηλός αυτή η ένταση πολύ γρήγορα μειώνεται.



**Πίνακας 19:** Σύγκριση χαρακτηριστικών του παραγόμενου νερού σε συμβατικά και μη συμβατικά καύσιμα .

	<b>Συμβατικό αέριο</b>	<b>Σχιστολιθικό φυσικό αέριο</b>
<b>Όγκος παραγόμενου νερού</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πολύ χαμηλός όγκος αρχικά</li> <li>• Η αναλογία νερού προς αέριο αυξάνεται κατά τη διάρκεια ζωής ενός συμβατικού αερίου, μέχρι όπου το νερό αποτελεί την πλειοψηφία των όγκων που φέρνει στην επιφάνεια</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πολύ υψηλός αρχικός όγκος νερού (μέχρι 1 εκατ. γαλόνια κατά τη διάρκεια μερικών εβδομάδων)</li> <li>• Αυτή η υψηλή ένταση πέφτει γρήγορα σε μια μικρή ποσότητα υπολείμματος του παραγόμενου νερού (50 βαρέλια/ημέρα)</li> </ul>
<b>Χαρακτηριστικά παραγόμενου νερού</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Κυρίως φυσικό νερό με φυσική παρουσία στο σχηματισμό</li> <li>• Επιπλέον το νερό μπορεί να είναι από ενισχυμένη ανάκτηση νερού ή πλημμύρες νερού</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Το επιστρεφόμενο νερό είναι κυρίως νερό που εγχέεται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας</li> <li>• Η επιστροφή του νερού χαρακτηρίζεται από την αλατότητα του (τα επίπεδα των συνολικών διαλυμένων στερεών)</li> </ul>

Πηγή : Accenture report, Water and Shale gas Development, Leveraging the US experience in new shale developments, page 31.

Η μόλυνση του νερού αποτελεί μια άλλη πτυχή της εκμετάλλευσης μη συμβατικού αερίου που έχει δημιουργήσει σημαντικές αντιδράσεις στις διαδικασίες παραγωγής του. Η μόλυνση περιλαμβάνει τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα.

Η ενδεχόμενη μόλυνση του νερού μπορεί να προκληθεί από τα ακόλουθα:

- εκροές λάσπης διάτρησης, αναρροή και διάλυμα, από απορρίμματα ή δεξαμενές αποθήκευσης που προκαλούν ρύπανση και αλάτωση των υδάτων
- διαρροές ή ατυχήματα από υπέργειες δραστηριότητες, π.χ. διαρροή υγρού ή αγωγών ή δεξαμενών λυμάτων, μη επαγγελματικός χειρισμός ή παλαιός εξοπλισμός
- διαρροές από ακατάλληλη τσιμέντωση των φρεάτων

- διαρροές μέσω γεωλογικών δομών, μέσω φυσικών ή τεχνητών ρωγμών ή οδών.

Εκτός από τις συγκεκριμένες εκροές και τα ατυχήματα, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στη διείσδυση υγρών ρωγμάτωσης ή μεθανίου από τις βαθύτερες δομές.

Σχετικά με τη διάθεση των λυμάτων Τα υγρά ρωγμάτωσης εγχέονται στους γεωλογικούς σχηματισμούς με μεγάλη πίεση. Όταν η πίεση σταματήσει, επανέρχεται στην επιφάνεια ένα μείγμα υγρού ρωγμάτωσης, μεθανίου, ενώσεων και πρόσθετου νερού από το κοίτασμα. Το νερό αυτό πρέπει να συλλεχθεί και να διατεθεί κατάλληλα. Σύμφωνα με πηγές του κλάδου, 20% έως 50% του νερού που χρησιμοποιείται για την υδραυλική ρωγμάτωση φρεάτων αερίου επιστρέφει στην επιφάνεια ως αναρροή. Μέρος του νερού αυτού ανακυκλώνεται για να χρησιμοποιηθεί στη ρωγμάτωση άλλων φρεάτων (Questerre Energy 2010).

### **Προκαλούμενη σεισμικότητα**

Η εκμετάλλευση του σχιστολιθικού φυσικού αερίου έχει συνδεθεί με δύο τύπους σεισμικότητας:

- ▲ Ο πρώτος τύπος περιλαμβάνει τη μικροσεισμική δραστηριότητα, η οποία προκαλείται κατά τη διαδικασία της υδραυλικής ρωγμάτωσης. Η δημιουργία ρωγμών στο σχιστολιθικό σχηματισμό έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση σεισμών μικρής εντάσεως, οι οποίοι δεν γίνονται αισθητοί από τους ανθρώπους. Με τη χρήση γεωφώνων είτε στην επιφάνεια είτε εντός γεωτρήσεων παρακολούθησης, οι ειδικοί καταγράφουν τα συγκεκριμένα σεισμικά γεγονότα και τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται, χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και την καθοδήγηση της διαδικασίας. Σεισμοί μεγαλύτερου μεγέθους πιθανόν να προκύψουν στην περίπτωση που η γεώτρηση ή οι ρωγμές τυχαίνει να διασταυρώνονται επανενεργοποιώντας κάποιο υπάρχον ρήγμα.
- ▲ Ο δεύτερος τύπος προκαλούμενης σεισμικής δραστηριότητας λαμβάνει χώρα όταν τα ρευστά τα οποία εγχέονται εντός των γεωτρήσεων επανέγχυσης, συναντήσουν κάποιο υπάρχον υπόγειο ρήγμα. Μία μελέτη σχετικά με τη σεισμική δραστηριότητα στο Τέξας χαρακτήρισε της γεωτρήσεις επανέγχυσης ως πιθανή

αιτία για μια σειρά από σεισμούς που συνέβησαν στην περιοχή (Frohlich, Potter, Hayward, & Stump, 2010). Στην πολιτεία του Οχάιο έχουν αναφερθεί δύο περιπτώσεις πρόκλησης σεισμικής δόνησης κατά την υπόγεια έγχυση του απόβλητου ύδατος. Αν και στα δύο αυτά γεγονότα οι δονήσεις έγιναν αισθητές από τους κατοίκους, εντούτοις δεν είχαν αναφερθεί οποιεσδήποτε καταστροφές (International Gas Union, 2012).

### **Ραδιενεργές και χημικές ουσίες**

Οι φυσικές ραδιενεργές ουσίες (γνωστές ως N.O.R.M.) υπάρχουν σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό, μολονότι σε πολύ μικρό ποσοστό στο εύρος ppm έως ppb. Οι περισσότεροι σχηματισμοί μαύρου σχιστόλιθου στις ΗΠΑ έχουν περιεκτικότητα ουρανίου σε εύρος 0,0016 έως 0,002% (Swanson 1960). Μέσω της διεργασίας υδραυλικής ρωγμάτωσης, οι φυσικές αυτές ραδιενεργές ουσίες, όπως το ουράνιο, το θόριο και το ράδιο που είναι δεσμευμένες στο πέτρωμα, μεταφέρονται στην επιφάνεια με το υγρό αναρροής. Μερικές φορές, ραδιενεργά σωματίδια εγχέονται με τα υγρά για ειδικούς σκοπούς (π.χ. για ανίχνευση). Οι N.O.R.M. μπορούν επίσης να μετακινηθούν μέσω των ρωγμών του πετρώματος στα υπόγεια και στα επιφανειακά ύδατα. Συνήθως, οι N.O.R.M. συσσωρεύονται σε αγωγούς, δεξαμενές και λάκκους. Η ποσότητα ραδιενεργών ουσιών διαφέρει μεταξύ των σχιστολιθικών κοιτασμάτων. Κατά τις δραστηριότητες επεξεργασίας του αερίου, οι N.O.R.M. μπορούν να εμφανισθούν ως αέριο ραδονίου στη ροή του φυσικού αερίου. Το ραδόνιο διασπάται σε  $^{210}\text{Pb}$  (ισότοπο μολύβδου), έπειτα σε  $^{210}\text{Bi}$  (ισότοπο βισμούθιου),  $^{210}\text{Po}$  (ισότοπο πολωνίου) και, τέλος, σε σταθερό  $^{206}\text{Pb}$  (μόλυβδο). Στοιχεία της διάσπασης του ραδονίου σχηματίζουν μεμβράνη στην εσωτερική επιφάνεια αγωγών αναρρόφησης, μονάδων επεξεργασίας, αντλιών και βαλβίδων που σχετίζονται κυρίως με ροές επεξεργασίας προπυλενίου, αιθανίου και προπανίου. Επειδή οι ραδιενεργές ύλες συγκεντρώνονται στον εξοπλισμό των πετρελαιοπηγών και των πηγών αερίου, ο υψηλότερος κίνδυνος έκθεσης σε N.O.R.M. πετρελαίου και αερίου αφορά τους εργάτες που απασχολούνται με την κοπή και την τόννευση αγωγών κοιτασμάτων πετρελαίου, αφαιρούν στερεές ουσίες από δεξαμενές και λάκκους και επισκευάζουν εξοπλισμό επεξεργασίας αερίου (Sumi 2008).

Το υγρό ρωγμάτωσης περιέχει συνήθως περίπου 98% νερό και άμμο και 2% χημικά πρόσθετα. Τα χημικά πρόσθετα περιλαμβάνουν τοξικές, αλλεργιογόνες, μεταλλαξιογόνες και καρκινογόνες ουσίες.

### **Επιπτώσεις στην βιοποικιλότητα**

Η εξόρυξη σχιστολιθικού φυσικού αερίου μπορεί να επηρεάσει την βιοποικιλότητα μιας περιοχής με διάφορους τρόπους. Μπορεί να οδηγήσει στην υποβάθμιση ή στην πλήρη απομάκρυνση ενός φυσικού οικοτόπου εξαιτίας της υπερβολικής άντλησης ύδατος, ή στην κατάτμηση του ως αποτέλεσμα των ανεγειρόμενων περιφράξεων, της κατασκευής δρόμων ή ακόμη και από την κατασκευή των ιδίων των επιφανειακών γεωτρητικών εγκαταστάσεων. Νέα, χωροκατακτητικά είδη όπως φυτά, ζώα ή μικροοργανισμοί πιθανόν να παρουσιαστούν κατά την διάρκεια της όρυξης και λειτουργίας της γεώτρησης, επηρεάζοντας τόσο τα χερσαία όσο και τα υδάτινα οικοσυστήματα. Πρόκειται για μία περιοχή εύλογης ανησυχίας ωστόσο προς το παρόν, δεν υπάρχουν σαφή στοιχεία που να επιτρέπουν την αξιολόγηση της σημασίας της. Η όρυξη της γεώτρησης μπορεί ενδεχομένως να επηρεάσει την βιοποικιλότητα εξαιτίας του θορύβου, της κίνησης των οχημάτων και των εργασιών στο χώρο. Η επεξεργασία και η διάθεση των ρευστών διάτρησης θα πρέπει επίσης να αντιμετωπίζεται σωστά, προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφή των φυσικών οικοτόπων. Ωστόσο οι κίνδυνοι αυτοί παρουσιάζονται μειωμένοι, από ότι κατά τη διάρκεια των άλλων σταδίων όρυξης της γεώτρησης εντός του σχιστολιθικού σχηματισμού (ΑΕΑ, 2012).

### **Ηχορύπανση**

Ο θόρυβος από τις εκσκαφές, τη μετακίνηση γης, τη διακίνηση των οχημάτων κατά τη διάρκεια προετοιμασίας του χώρου έχει δυνητικό αντίκτυπο τόσο στους κατοίκους όσο και στην τοπική άγρια ζωή, ιδιαίτερα στις πιο ευαίσθητες περιοχές. Η φάση προετοιμασίας της περιοχής τυπικά διαρκεί έως και τέσσερις βδομάδες, ωστόσο στη φύση της δεν διαφέρει από άλλες παρόμοιες μεγάλης κλίμακας κατασκευαστικές

δραστηριότητες. Τα επίπεδα θορύβου διαφέρουν κατά τα διάφορα στάδια του κύκλου προετοιμασίας και παραγωγής. Η όρυξη της γεώτρησης όπως επίσης και η διαδικασία της υδραυλικής ρωγμάτωσης, θεωρούνται ως οι πιο σημαντικές πηγές θορύβου. Η καύση (flaring) του αερίου μπορεί επίσης να είναι θορυβώδες. Για κάθε γεώτρηση, το χρονικό διάστημα της φάσης όρυξης της μπορεί να είναι σχετικά μικρό (περίπου τέσσερις εβδομάδες σε διάρκεια), ωστόσο η αδιάκοπη λειτουργία του γεωτρήσανου 24 ώρες την ημέρα αποτελεί σημαντική πηγή ηχορύπανσης. Η επίδραση του θορύβου στους κατοίκους της περιοχής και στην άγρια ζωή θα είναι σημαντικά υψηλότερη όταν ορύσσονται πολλαπλές γεωτρήσεις από μία και μόνο διαρκεί για χρονικό διάστημα πέντε περίπου μηνών (Irish Environment, 2012). Η λήψη αποτελεσματικών μέτρων για την μείωση του θορύβου ενδέχεται να αμβλύνουν τον αντίκτυπο στις πλείστες των περιπτώσεων, αν και ο κίνδυνος θεωρείται μέτριος όπου η γεινίαση με κατοικημένες περιοχές ή με ενδιαίτηματα άγριας παγίδας θα πρέπει να συνεκτιμηθεί (ΑΕΑ, 2012).

#### **Επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία**

Οι ενδεχόμενες συνέπειες για την υγεία οφείλονται κυρίως στις επιπτώσεις των σχετικών εκπομπών στην ατμόσφαιρα ή στο νερό. Η ρύπανση των υπόγειων υδάτων μπορεί να είναι επικίνδυνη όταν κάτοικοι έρχονται σε επαφή με μολυσμένο νερό. Επίσης, οι λάκκοι λυμάτων και τα διαρρηκτικά υγρά αποτελούν παράγοντες προβληματισμού όταν το δέρμα είναι εκτεθειμένο.

## Ανακεφαλαίωση

Η παραγωγή αερίου από σχιστολιθικούς σχηματισμούς, μέσω των μεθόδων των οριζοντίων γεωτρήσεων και της υδραυλικής ρωγμάτωσης, έχει παρουσιάσει εντυπωσιακή άνοδο τα τελευταία χρόνια αποτελώντας μία από τις σημαντικότερες εξελίξεις στον τομέα της ενέργειας. Η άνοδος αυτή, παράλληλα με τις εκτιμήσεις για μεγάλα ανεκμετάλλευτα αποθέματα και τις προβλέψεις για μελλοντικές αυξήσεις στην παραγωγή, κάνουν το μέλλον του σχιστολιθικού αερίου να διαφαίνεται λαμπρό. Παρά το γεγονός ότι το σχιστολιθικό αέριο αντιπροσωπεύει ένα επαναστατικό στοιχείο στην παγκόσμια αγορά ενέργειας, αρκετοί είναι και αυτοί που εκφράζουν την ανησυχία τους σχετικά με τις διαδικασίες που ακολουθούνται για την εξόρυξη και παραγωγή του, ιδίως σχετικά με τη χρήση των προσθετών στο ρευστό της υδραυλικής ρωγμάτωσης και το συνακόλουθο κίνδυνο μόλυνσης των επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Οι μεγαλύτερες ανησυχίες είναι η μετανάστευση του φυσικού αερίου και η μόλυνση των υπόγειων υδάτων λόγω κατασκευών εκρήξεων και διαρροών πάνω από το έδαφος. Οι εταιρείες γεωτρήσεων προσπαθούν να αποτρέψουν τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Παρόλα αυτά δεν είναι και οι μοναδικές ανησυχίες καθώς υπάρχουν αρκετές, όπως οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στο τοπίο, οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και η ρύπανση του εδάφους, η προκαλούμενη σεισμικότητα, οι ραδιενεργές και χημικές ουσίες καθώς και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στην ανθρώπινη υγεία.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το πετρέλαιο και το συμβατικό αέριο υπήρξαν οι κυριότερες μορφές ενέργειας αλλά καθώς η ζήτηση για ενέργεια συνεχώς αυξάνεται αναπτύσσεται μία νέα μορφή ενέργειας μη συμβατικών ορυκτών καυσίμων όπου τείνει να αλλάξει τον παγκόσμιο ενεργειακό χάρτη τόσο οικονομικά όσο και γεωπολιτικά. Αρχικά ήταν ασύμφορη στην εξόρυξη της, αυτή η νέα πηγή ενέργειας, καθώς ο σχιστόλιθος εξαιτίας της πολύ χαμηλής διαπερατότητας του περιορίζει τη ροή ρευστού διαμέσου του και έτσι το φυσικό αέριο είναι εγκλωβισμένο μέσα σε πόρους ή σε φυσικά συστήματα ρωγμών, ωστόσο η ανάπτυξη της τεχνολογίας αναδιαμόρφωσε το οικονομικό προφίλ της ανάπτυξης του μη συμβατικού αερίου, η οριζόντια γεώτρηση και η υδραυλική ρωγμάτωση ενίσχυσαν την οικονομική βιωσιμότητα της παραγωγής του σχιστολιθικού αερίου. Το σχιστολιθικό φυσικό αέριο από 1% το 2000 αυξήθηκε σε 20% το 2010 και η πορεία του γίνεται ολοένα και πιο ανοδική. Στις Η.Π.Α. και στην Κίνα συναντώνται τα μεγαλύτερα αποθέματα σχιστολιθικού φυσικού αερίου παγκοσμίως. Καθώς η παραγωγή του σχιστολιθικού φυσικού αερίου αυξάνεται σταθερά κάθε χρόνο, μας δίνει να καταλάβουμε ότι σύντομα οι Η.Π.Α. θα γίνει ένας φυσικός εξαγωγέας αερίου. Η Κίνα με τη σειρά της έχει να λύσει πολλά προβλήματα, όπως τα περιβαλλοντικά που την απασχολούν λόγω της αυξημένης χρήσης του άνθρακα. Το αέριο είναι ένας σοβαρός λόγος για να μειώσει κατά πολύ τους ρύπους τα προσεχώς έτη. Επιπλέον αυτή η ανάπτυξη των εγχώριων αποθεμάτων σχιστολιθικού φυσικού αερίου είναι μια νέα πηγή ενεργειακών πόρων πολλά υποσχόμενη διότι διαθέτει τα μεγαλύτερα τεχνικώς ανακτήσιμα αποθέματα στον κόσμο, κατ' εκτίμηση 1.115 Tcf.

Εν συνεχεία διαπιστώσαμε ότι η άνοδος των τιμών του πετρελαίου και του φυσικού αερίου έδωσε κίνητρα στο να ακολουθήσει μετέπειτα η έκρηξη στην παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου από μέχρι πρότινος ανεκμετάλλευτους σχηματισμούς. Επιπλέον η τεχνολογική εξέλιξη όπως προαναφέρθηκε οδήγησε στην αύξηση της ποσότητας και στην οικονομικά προσιτή κλίμακα σχετικά με την εξόρυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Η παραγωγή του καθημερινά αυξάνεται όντας μια φθηνή εγχώρια πηγή ενέργειας και αποτέλεσε σημαντική κινητήριο δύναμη οικονομικής ανάπτυξης για τις Η.Π.Α. και την Κίνα.

Όλη αυτή η εξέλιξη φέρνει πίεση στη διαμόρφωση των αγορών σχετικά με τον αντίκτυπο της ανόδου του σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Το πιο πιθανό είναι να ασκηθεί πίεση στις τιμές, τονίζοντας τη διαμόρφωση των αγορών.

Σχετικά με την παγκόσμια οικονομία οι συζητήσεις κυριαρχούνται από το ερώτημα αν οι φθηνότερες τιμές δώσουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, οι οικονομολόγοι λένε ότι πιο επίμονες απειλές για την παγκόσμια οικονομική σταθερότητα έγκειται στο ότι έχει γίνει γνωστό ως παγκόσμια ανισορροπία.

Παρόλα αυτά θα δημιουργηθούν πολλές νέες θέσεις εργασίας, οικονομική αξία και δημόσια έσοδα όμως παράλληλα θα παρουσιαστούν επίσης και ευρύτερες μακροοικονομικές επιπτώσεις, τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για τις επιχειρήσεις. Δηλαδή σε περίπτωση απουσίας των σχηματισμών σχιστόλιθου, η τιμή του φυσικού αερίου σχεδόν θα τριπλασιαστεί σχετικά με αυτό που είναι σήμερα. Με τη σειρά τους, οι χαμηλότερες τιμές σήμερα παρέχουν μια σημαντική βραχυπρόθεσμη ώθηση στην οικονομική παραγωγή και την απασχόληση και αποτελούν ένα σημαντικό θεμέλιο για την αύξηση της εγχώριας παραγωγής.

Παρόλα αυτά οι επιπτώσεις που φαίνεται να εμφανίζονται στην παγκόσμια αγορά δεν είναι και λίγες. Πίεση στη διαμόρφωση των αγρών, πολιτικά, γεωπολιτικά καθώς και περιβαλλοντικά προβλήματα δημιουργεί αυτή η νέα πηγή ενέργειας. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δημιουργούν ένα ακόμη εμπόδιο στην ανάπτυξη του σχιστολιθικού φυσικού αερίου, καθώς δημιουργεί προβλήματα και ανεπανόρθωτες βλάβες στον υδροφόρο ορίζοντα, στο φυσικό τοπίο, ατμοσφαιρική ρύπανση καθώς και η πρόκληση σεισμών δεν περνά απαρατήρητη. Οι μεγαλύτερες ανησυχίες είναι η μετανάστευση του φυσικού αερίου και η μόλυνση των υπόγειων υδάτων λόγω κατασκευών εκρήξεων και διαρροών πάνω από το έδαφος. Οι εταιρείες γεωτρήσεων προσπαθούν να αποτρέψουν τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων. Παρόλα αυτά δεν είναι και οι μοναδικές ανησυχίες καθώς υπάρχουν αρκετές, όπως οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στο τοπίο, οι εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και η ρύπανση του εδάφους, η προκαλούμενη σεισμικότητα, οι ραδιενεργές και χημικές ουσίες καθώς και οι επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στην ανθρώπινη υγεία.





## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Accenture. Water and Shale Gas Development. Leveraging the US experience in new shale developments. Διαθέσιμο στο [http://petrofed.winwinhosting.net/newsletter/WR-290\\_04Jan13/w290\\_08a.pdf](http://petrofed.winwinhosting.net/newsletter/WR-290_04Jan13/w290_08a.pdf) [τελευταία πρόσβαση Δεκέμβριος 2015].

America's Natural Gas Alliance (2011). The Economic and Employment Contributions of shale Gas in the United States. IHS Global Insight (USA) Inc. 1150 Connecticut Avenue NW, Suite 401 Washington DC 20036. Διαθέσιμο στο <http://anga.us/media/content/F7D1750E-9C1E-E786-674372E5D5E98A40/files/shale-gas-economic-impact-dec-2011.pdf> [τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015].

Annual Energy Outlook 2015 with projections to 2040, DOE/EIA-0383. U.S. Energy Information Administration. Διαθέσιμο στο [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf) [τελευταία πρόσβαση Φεβρουάριος 2016].

Broomfield Mark, 2012. Support to the identification of potential risks for the environment and human health arising from hydrocarbons operations involving hydraulic fracturing in Europe. Report for European Commission. AEA/R/ED57281 Issue Number 17c. Date 10/08/2012

Cooley H. and Kristina Donnelly, (2012). Hydraulic Fracturing and Water Resources: separating the Frack from the Fiction. Pacific Institute .Oakland, California

Curtis J.B. (2002), Fractured shale-gas systems. V.86, No 11, p.1921-1938

Di Renzo, Joseph Kim, Donghoi Rondon, David Shpak, Roman Silkina, Tatiana (2012). Shale Gas Development in Recente Years. A focus on US Shale Gas.

Erbach G. (2014), European Parliament .Shale Gas and EU energy security. Briefing. Διαθέσιμο στο [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2014/542167/EPRS\\_BRI\(2014\)542167\\_REV1\\_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2014/542167/EPRS_BRI(2014)542167_REV1_EN.pdf) [τελευταία πρόσβαση Δεκέμβριος 2015].

Gene Whitney , Carl E. Behrens, Carol Glover, (2011). U.S. Fossil Fuel Resources: Terminology, Reporting, and summary.

Gillingham K. , Richard G. Newell and Karen Palmer. (2009). Energy Efficiency Economics and Policy. RFF DP 9-13. Washington, DC 20036

Hausman C. , Kello R. (2015). Brookings Papers on economic activity Welfare and Distributional Implications of shale Gas. Διαθέσιμο στο [http://www.brookings.edu/~media/Projects/BPEA/Spring2015/2015a\\_hausman.pdf?la=en](http://www.brookings.edu/~media/Projects/BPEA/Spring2015/2015a_hausman.pdf?la=en) [τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015].

Howarth B., Santoro R., Ingraffea T. (2011) Developing Natural Gas in the Marcellus and other Shale Formations is likely to Aggravate Global Warming. March 2011

Hughes D.J., (2014). Drilling Deeper. A reality check on U.S. Government forecasts for a lasting tight oil & shale gas boom. Post Carbon institute

IEA. (2012). Golden Rules for a Golden Age of Gas . Διαθέσιμο στο [http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/goldenrules/weo2012\\_goldenrulesreport.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebiste/2012/goldenrules/weo2012_goldenrulesreport.pdf) [τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016].

J. Daniel Arthur P.E. (2008). An Overview of Modern Shale Gas Development in the United States.

Kent F. Perry, “Hydraulic Fracturing – A Historical and Impact Perspective (2010).Gas Technology Institute, College Station, Texas, November 18, 2010, slide 33

Kirkland J. and Climate Wire, (2011).Scientific American.China Begins to Tap Shale Gas with American Help. Fracking shale to release natural gas is among the largest energy prospects for China.

Mackay FRS David JC, Dr Timothy J Stone CBE, (2013).Potential Greenhouse Gas Emissions Associated with Shale Gas Extraction and Use. Department of Energy & Climate Change.

Mathis Pamela, Robert Hugman, Harry Vidas, Alistair Ritchie, Thuy Phung, Jerome Kisielewicz, (2014), European Commission , Macroeconomic impacts of shale gas extraction in the EU. London

Michaels Craig, Simpson, J. L., Wegner, W. (2010). Fractured Communities: Case Studies of the Environmental Impacts of Industrial Gas Drilling. September 2010

Morrow H. (2014). Unconventional Gas: lessons learned from around the world. The Geopolitics of Energy Project. Belfer Center for Science and International Affairs.

Ridley Matt (2011). The Shale Gas shock. The Global Warming Policy Foundation. Διαθέσιμο στο [http://www.marcellus.psu.edu/resources/PDFs/shalegas\\_GWPF.pdf](http://www.marcellus.psu.edu/resources/PDFs/shalegas_GWPF.pdf) [τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015].

Ruhl C. (2014) Macroeconomic impacts of shale gas extraction in the EU. The five global implications of shale oil and gas. Διαθέσιμο στο <http://www.energypost.eu/five-global-implications-shale-revolution/> [τελευταία πρόσβαση Φεβρουάριος 2016].

Russel Thomas H. Russel, (2011). Changes of Cryogenic, Amine Plant and Standard Plant Concept. The Gas Processing Experts. Oklahoma 74136

Salazar K., Suzette M. Kimball. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, (2013). National Assessment of Oil and Gas Project. Map of Assessed shale Gas in the United States.

Sandalow D., Jingchao Wu, Qing Yang, Anders Hove and Junda Lin, (2014). Meeting China's Shale Goals, Working draft for Public Release, Center on Global Energy Policy. Διαθέσιμο στο [http://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy/China%20Shale%20Gas\\_WORKING%20DRAFT\\_Sept%2011.pdf](http://energypolicy.columbia.edu/sites/default/files/energy/China%20Shale%20Gas_WORKING%20DRAFT_Sept%2011.pdf) [τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015].

Scott H. Stevens, SPE; Keith D. Modhe, SPE; and Vello A. Kuuskrai (2013), SPE International 165832,. China Shale Gas and shale Oil Resource Evaluation and Technical Challenges.

Sergey Paltsev and Danwei Zhang, (2015). Natural Gas Pricing Reform in China: Getting Closer to a Market System? TSINGHUA-MIT. China Energy and Climate Project. Report No. 282. Διαθέσιμο στο [http://globalchange.mit.edu/files/document/MITJPSPGC\\_Rpt282.pdf](http://globalchange.mit.edu/files/document/MITJPSPGC_Rpt282.pdf) [τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016].

Sewell J.(2015) .China's Shale Gas : A Golden Opportunity or haidi LAO YUE U.S. firms? (15/1/16) [http://tjogel.org/journalarchive/Issue10/10.2.ChinaShaleGas\\_Sewell.pdf](http://tjogel.org/journalarchive/Issue10/10.2.ChinaShaleGas_Sewell.pdf)

Sieminsk A. (2014). Outlook for U.S. Shale oil and gas. Argus Americas Crude Summit. Independent Statistics and Analysis. Διαθέσιμο στο [http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski\\_01222014.pdf](http://www.eia.gov/pressroom/presentations/sieminski_01222014.pdf) [τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016].

Spencer Thomas, Olive Sartor, Mathilde Mathieu. Unconventional wisdom: An economic analysis of US shale gas and implications for the EU. Studies N°02/14, IDDRI, Paris, France, p.36.

Statista. The Statistics Portal. Διαθέσιμο στο <http://www.statista.com/statistics/487440/united-states-crude-oil-imports/> [τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016].

Sumi L. (2008). Shale gas: focus on Marcellus shale. Report for the Oil & Gas Accountability Project/ Earthworks. May 2008

Swanson V.E. (1960). Oil yield and uranium content of black shales, USGS Series Numbered No. 356-A, URL: <http://pubs.er.usgs.gov/publication/pp356A>

The Economic and Employment Contributions of shale Gas in the United States (2011). America's Natural Gas Alliance. Submitted by : HIS Global Insight(USA) Inc.1150 Connecticut Avenue NW, Suite 401. Washington DC 20036.

Tian Lie, Zhongmin Wang, Alan Krupnick and XiaoLi Liu, (2014). Stimulating shale gas Development in China. A comparison with the US Experience.

Trading Economics [online]. Διαθέσιμο στο <http://www.tradingeconomics.com/united-states/indicators> [τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016].

U.S. Energy Information Administration Review of Emerging Resources (2011): U.S. Shale Gas and Shale Oil Plays. Independent Statics and Analysis. Washigton, DC 20585, [www.eia.gov](http://www.eia.gov)

U.S. Energy Information Administration (December 2014): Updates to the EIA Eagle Ford Play Maps. p.9. Διαθέσιμο στο <https://www.eia.gov/maps/pdf/eagleford122914.pdf> [τελευταία πρόσβαση Νοέμβριος 2015].

U.S. Department of Energy (September 2015). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: China, Independent Statistics & Analysis U.S. Department of Energy Washington, DC 20585. Διαθέσιμο στο [http://www.adv-res.com/pdf/A\\_EIA\\_ARI\\_2013%20World%20Shale%20Gas%20and%20Shale%20Oil%20Resorce%20Assessment.pdf](http://www.adv-res.com/pdf/A_EIA_ARI_2013%20World%20Shale%20Gas%20and%20Shale%20Oil%20Resorce%20Assessment.pdf) [τελευταία πρόσβαση Φεβρουάριος 2016].

U.S Department Of Energy. 2009. Modern Shale Gas Development in the United States: A Primer. Office of fossil Energy National Energy Technology Laboratory. Διαθέσιμο στο [http://energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer\\_Online\\_4-2009.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2013/03/f0/ShaleGasPrimer_Online_4-2009.pdf) [τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016].

U.S. Energy Information Administration ,(2015) Shale Production. Διαθέσιμο στο [https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/res\\_epg0\\_r5302\\_nus\\_bcfa.htm](https://www.eia.gov/dnav/ng/hist/res_epg0_r5302_nus_bcfa.htm) [τελευταία πρόσβαση Ιανουάριος 2016]

U.S. Energy Information Administration. Διαθέσιμο στο [http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=f000000\\_3&f=a](http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=f000000_3&f=a) [τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016].

U.S. Energy Information Administration. Διαθέσιμο στο <http://www.eia.gov/dnav/ng/hist/n9100us3a.htm> [τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016].

U.S. Energy Information Administration. Διαθέσιμο στο <http://www.eia.gov/dnav/ng/hist/n9130us3a.htm> [τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016].

U.S. Energy Information Administration. Διαθέσιμο στο [http://www.eia.gov/state/seds/sep\\_use/notes/use\\_GDP.pdf](http://www.eia.gov/state/seds/sep_use/notes/use_GDP.pdf) [τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016].

U.S. Energy Information Administration. Διαθέσιμο στο <http://www.eia.gov/dnav/pet/hist/LeafHandler.ashx?n=pet&s=mcrexus1&f=a> [τελευταία πρόσβαση Μάιος 2016].

USGS (2012). National Assessment Shale Gas in the United States. Digital Data Series DDS-69-Z. U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. By U.S. Geological Survey National Assessment of Oil and Gas Resources Team, and Laura R.H. Biewick, compiler.

Vello A. Kuuskraa, (2013), EIA/ARI World Shale Gas and Shale Oil Resource Assessment . U.S. Energy Information Administration. U.S. Department of Energy. Διαθέσιμο στο <http://www.adv-res.com/pdf/ARI%20EIA%20Intl%20Gas%20Shale%20APR%202011.pdf> [τελευταία πρόσβαση Φεβρουάριος 2016].

Walls Margaret, Karen Palmer and Todd Gerarden (2013).In Energy Efficiency capitalized into Home Prices? Evidence from Three US Cities. Washington, DC 20036

Wang Zhongmin and Krupnick Alan, (2013). A Retrospective Review of Shale Gas Development in the United States. What Led to the Boom? 1616P.Nw, Washington, DC 20036. 202-328-5000. [www.rff.org](http://www.rff.org)

World Bank Group, National Bureau of Statistics of China, 2015 , Διαθέσιμο στο [Data.worldbank.org](http://Data.worldbank.org) , [τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 2016].

Zoback Mark, Saya Kitasei, Brad Copithorne, (2010). Addressing the Environmental Risks from Shale Gas Development. World Watch Institute. Natural Gas and Sustainable Energy Initiative.