

ΙΕΝΕ, Κοζάνη Δεκέμβριος 2009

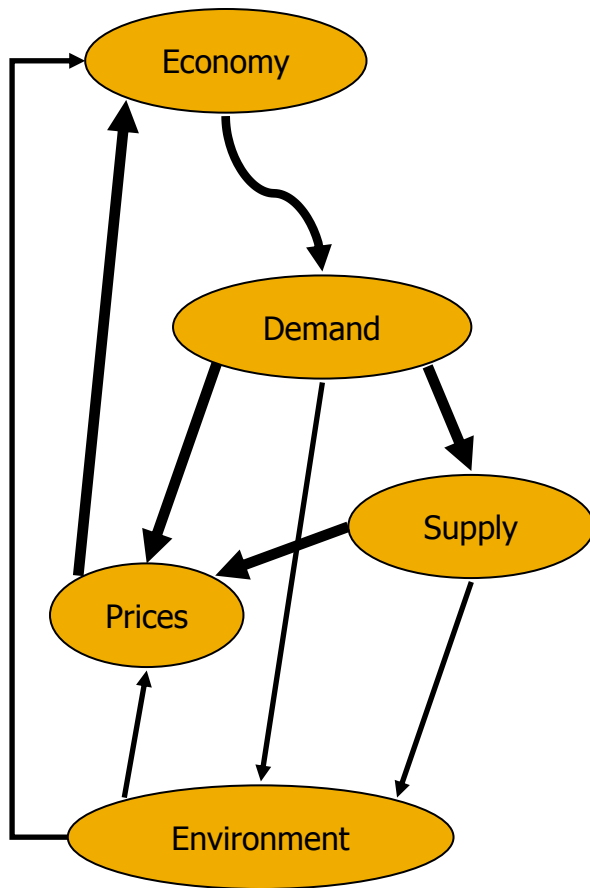
# Σενάρια Ανάπτυξης της Τεχνολογίας Δέσμευσης και Αποθήκευσης CO<sub>2</sub> στην Ευρώπη

Παντελής Κάπρος

# Σενάρια με το μοντέλο PRIMES για την Ευρωπαϊκή Επιτροπή

- Μελέτη ανάλυσης επιπτώσεων για τη νομοθετική πρόταση της ΕΕ περί υποχρεωτικού CCS σε νέους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής
- Σενάρια εξέλιξης ενεργειακού συστήματος
  - Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub>: 20% το 2020, 30% το 2030 από το 1990
  - ΑΠΕ: 20% το 2020, συνεχιζόμενη υποστήριξη
  - Πιλοτικά έργα για CCS και υποστήριξη έρευνας

# Το μοντέλο PRIMES



Αναπτύχθηκε στο E3MLab του ΕΜΠ και χρησιμοποιείται ευρύτατα για την ΕΕ

- Αναλυτική αναπαράσταση των τεχνολογιών αλλά και της οικονομικής συμπεριφοράς των καταναλωτών και παραγωγών ενέργειας
- Εξειδικευμένα μοντέλα κατά τομέα
- Ολοκληρωμένη ανάλυση των αλληλεπιδράσεων με την οικονομία και το περιβάλλον
- Αναπαράσταση όλων των κρατών μελών της EU-27

# Τεχνική αναπαράσταση του CCS στο μοντέλο PRIMES

- Ανάπτυξη του CCS με δύο τρόπους επένδυσης (αποτέλεσμα του PRIMES)
  - Νέοι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής με CCS
  - Εκ των υστέρων επέκταση σταθμών με CCS
- Τρεις υποψήφιας τεχνολογίες CCS εφαρμόζονται σε διάφορους τύπους σταθμών
  - Post-combustion (δέσμευση μετά την καύση)
  - Pre-combustion (δέσμευση προ καύσης)
  - Oxy-fuel (καύση με οξυγόνο)

# Τεχνική αναπαράσταση του CCS στο μοντέλο PRIMES

- Ενδογενείς επενδύσεις στην ηλεκτροπαραγωγή των 27 μελών της ΕΕ σε 250 περίπου τεχνολογίες, τόσο σε νέες μονάδες όσο και σε ανακαίνιση παλαιών μονάδων
- Τα τεχνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών εξελίσσονται μέσα στο χρόνο ανάλογα με τον όγκο επενδύσεων (learning)
- Μεταφορά CO<sub>2</sub> με αγωγούς και αποθήκευση σε γεωλογικούς σχηματισμούς
  - Ειδική μελέτη της TNO για τις δυνατότητες αποθήκευσης κατά χώρα
  - Μη γραμμικό κόστος αποθήκευσης ανάλογα με τον όγκο διαχρονικά

# Τεχνικά Δεδομένα για το CCS

|  | Difference from non CCS plant |       |                               |        |                   |       |                                |      |                             |
|--|-------------------------------|-------|-------------------------------|--------|-------------------|-------|--------------------------------|------|-----------------------------|
|  | Capital Cost (€/kW)           |       | Net Thermal Efficiency (rate) |        | Fixed Cost (€/kW) |       | Non fuel Variable Cost (€/MWh) |      | Net CO <sub>2</sub> avoided |
|  | 2020                          | 2030  | 2020                          | 2030   | 2020              | 2030  | 2020                           | 2030 |                             |
| Constant Euros of 2005                               |                               |       |                               |        |                   |       |                                |      |                             |
| Pulverised Coal Supercritical CCS post combustion    | 893.5                         | 833.1 | -11.8%                        | -11.7% | 7.01              | 6.85  | 0.51                           | 0.51 | 84%                         |
| Pulverised Lignite Supercritical CCS post combustion | 882.2                         | 818.6 | -11.3%                        | -11.2% | 6.97              | 6.81  | 0.51                           | 0.52 | 84%                         |
| Fuel Oil Supercritical CCS post combustion           | 893.5                         | 833.1 | -13.0%                        | -12.6% | 7.01              | 6.85  | 0.51                           | 0.51 | 83%                         |
| Integrated Gasification Fuel Oil CCS pre combustion  | 558.6                         | 558.1 | -6.7%                         | -6.5%  | 14.86             | 14.45 | 2.00                           | 1.94 | 89%                         |
| Pulverised Coal Supercritical CCS oxyfuel            | 685.4                         | 654.8 | -8.8%                         | -8.7%  | 7.63              | 7.50  | 2.00                           | 1.94 | 99%                         |
| Pulverised Lignite Supercritical CCS oxyfuel         | 666.2                         | 634.9 | -8.4%                         | -8.3%  | 7.66              | 7.53  | 2.01                           | 1.96 | 99%                         |
| Integrated Gasification Coal CCS post combustion     | 796.6                         | 775.7 | -6.7%                         | -6.5%  | 14.86             | 14.45 | 2.00                           | 1.94 | 86%                         |
| Integrated Gasification Coal CCS pre combustion      | 467.3                         | 431.2 | -7.7%                         | -7.5%  | 9.65              | 9.36  | 0.51                           | 0.51 | 87%                         |
| Integrated Gasification Coal CCS oxyfuel             | 434.0                         | 425.3 | -6.5%                         | -6.5%  | 9.33              | 9.01  | 1.40                           | 1.38 | 99%                         |
| Integrated Gasification Lignite CCS post combustion  | 520.4                         | 505.2 | -4.8%                         | -4.6%  | 7.12              | 6.84  | 1.06                           | 1.04 | 86%                         |
| Integrated Gasification Lignite CCS pre combustion   | 456.6                         | 417.3 | -7.4%                         | -7.3%  | 9.56              | 9.25  | 0.51                           | 0.52 | 87%                         |
| Integrated Gasification Lignite CCS oxyfuel          | 434.0                         | 425.3 | -6.0%                         | -6.0%  | 9.33              | 9.01  | 1.40                           | 1.38 | 99%                         |
| Gas combined cycle CCS post combustion               | 520.4                         | 505.2 | -7.0%                         | -6.5%  | 7.12              | 6.84  | 1.06                           | 1.05 | 86%                         |
| Gas combined cycle CCS pre combustion                | 400.9                         | 388.2 | -8.5%                         | -8.1%  | 4.17              | 3.98  | 0.47                           | 0.47 | 87%                         |
| Gas combined cycle CCS oxyfuel                       | 434.0                         | 425.3 | -8.8%                         | -8.6%  | 9.33              | 9.01  | 1.40                           | 1.38 | 99%                         |

# Υποψήφια θεσμικά μέτρα της ΕΕ

- Υποχρεωτικό CCS σε όλους τους μεγάλους θερμικούς σταθμούς στερεών καυσίμων εφόσον τίθενται σε λειτουργία μετά το 2020
- Υποχρεωτικό CCS σε όλους τους μεγάλους θερμικούς σταθμούς κάθε καυσίμου εφόσον τίθενται σε λειτουργία μετά το 2020
- Υποχρεωτικά κάθε θερμικός σταθμός σε λειτουργία μετά το 2015 πρέπει να μπορεί να αναβαθμισθεί σε CCS και στη συνέχεια μετά το 2020 υποχρεωτικό CCS σε κάθε σταθμό

# Λειτουργία αγοράς

- EU-ETS με πλήρη δημοπράτηση δικαιωμάτων εκπομπής
- Πλήρης ανταγωνισμός σε όλες τις αγορές και εσωτερική αγορά ηλεκτρικής ενέργειας στην ΕΕ
- Μετακύλιση κόστους στα τιμολόγια ηλεκτρικής ενέργειας
- Προσομοίωση ζήτησης, παραγωγής, εμπορίου και τιμών με το PRIMES για 13 σενάρια πολιτικής στο CCS και 4 αναλύσεις ευαισθησίας

# Περίληψη των σεναρίων με το μοντέλο PRIMES

| Σενάρια                        | Στόχος μείωσης CO <sub>2</sub> | Στόχος ΑΠΕ | Υποχρεωτικό CCS | Υποχρεωτικό CCS για στερεά καύσιμα | CCS-ready | Επιπλέον περιορισμοί     |
|--------------------------------|--------------------------------|------------|-----------------|------------------------------------|-----------|--------------------------|
| BASELINE                       | NO                             | NO         | NO              | NO                                 | NO        | -                        |
| BASE-CCS <sub>1</sub>          | NO                             | NO         | NO              | YES                                | NO        | -                        |
| BASE-CCS <sub>2</sub>          | NO                             | NO         | YES             | NO                                 | NO        | -                        |
| CVtar-A                        | YES                            | NO         | NO              | NO                                 | NO        | -                        |
| RVCVtar-A                      | YES                            | YES        | NO              | NO                                 | NO        | -                        |
| RVCVtar-A-CCS <sub>1</sub>     | YES                            | YES        | NO              | YES                                | NO        | -                        |
| RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub>     | YES                            | YES        | YES             | NO                                 | NO        | -                        |
| RVCVtar-A-CCS <sub>1</sub> R   | YES                            | YES        | NO              | YES                                | YES       | -                        |
| RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> R   | YES                            | YES        | YES             | NO                                 | YES       | -                        |
| RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> N   | YES                            | YES        | NO              | NO                                 | NO        | Υψηλό κόστος αποθήκευσης |
| RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> Nuc | YES                            | YES        | NO              | NO                                 | NO        | Ανάπτυξη Πυρηνικών       |
| RVCVtar-A-noCCS                | YES                            | YES        | NO              | NO                                 | NO        | Αποτυχία CCS             |
| RVCVtar-A-subS                 | YES                            | YES        | NO              | NO                                 | NO        | 10% επιδότηση CCS        |

# Σύνοψη αποτελεσμάτων

| Σενάρια                  | Τιμή ETS σε Euro ανά t CO2 |      |      | Οριακή Αξία των ΑΠΕ σε Euro ανά MWh |      |      | Σύνολο εκπομπών CO2 (Mt CO2) |      |      | Σύνολο ΑΠΕ (Μτοε πρωτογενούς) |      |      |
|--------------------------|----------------------------|------|------|-------------------------------------|------|------|------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|
|                          | 2020                       | 2025 | 2030 | 2020                                | 2025 | 2030 | 2020                         | 2025 | 2030 | 2020                          | 2025 | 2030 |
| <b>Baseline</b>          | 22.0                       | 23.0 | 24.0 | 0                                   | 0    | 0    | 4253                         | 4307 | 4264 | 197                           | 217  | 237  |
| <b>Base-CCS1</b>         | 22.0                       | 23.0 | 24.0 | 0                                   | 0    | 0    | 4229                         | 4277 | 4159 | 195                           | 219  | 246  |
| <b>Base-CCS2</b>         | 22.0                       | 23.0 | 24.0 | 0                                   | 0    | 0    | 4212                         | 4244 | 4138 | 197                           | 219  | 242  |
| <b>CVtar-A</b>           | 50.8                       | 54.2 | 57.6 | 0                                   | 0    | 0    | 3419                         | 3301 | 3012 | 197                           | 217  | 240  |
| <b>RVCVtar-A</b>         | 40.4                       | 43.1 | 45.9 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3323                         | 3216 | 3050 | 273                           | 314  | 347  |
| <b>RVCVtar-A-CCS1</b>    | 40.2                       | 42.9 | 45.6 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3372                         | 3264 | 2973 | 273                           | 314  | 348  |
| <b>RVCVtar-A-CCS2</b>    | 40.3                       | 43.0 | 45.7 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3360                         | 3269 | 2906 | 273                           | 314  | 349  |
| <b>RVCVtar-A-CCS1R</b>   | 38.0                       | 40.6 | 43.1 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3346                         | 3194 | 2937 | 273                           | 314  | 348  |
| <b>RVCVtar-A-CCS2R</b>   | 37.8                       | 40.3 | 42.8 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3347                         | 3182 | 2843 | 273                           | 315  | 349  |
| <b>RVCVtar-A-CCS2N</b>   | 40.3                       | 43.0 | 45.7 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3365                         | 3284 | 2964 | 273                           | 314  | 349  |
| <b>RVCVtar-A-CCS2Nuc</b> | 40.3                       | 43.0 | 45.7 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3272                         | 3185 | 2865 | 273                           | 314  | 348  |
| <b>RVCVtar-A-noCCS</b>   | 41.0                       | 44.3 | 67.0 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3367                         | 3256 | 2925 | 273                           | 314  | 349  |
| <b>RVCVtar-A-sub</b>     | 40.4                       | 43.1 | 45.9 | 38.0                                | 44.3 | 47.5 | 3373                         | 3261 | 3045 | 273                           | 313  | 347  |

# Σύνοψη αποτελεσμάτων

| Σενάρια                  | Δέσμευση CO2 (Mt/έτος) |       |       | Δέσμευση CO2 ως % των εκπομπών από ηλεκτροπαραγωγή |      |      | Δέσμευση CO2 ως % των εκπομπών από σύνολο ενεργειακού συστήματος |      |      |
|--------------------------|------------------------|-------|-------|--|------|------|--|------|------|
|                          | 2020                   | 2025  | 2030  | 2020   | 2025 | 2030 | 2020   | 2025 | 2030 |
| <b>Baseline</b>          | 0.0                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <b>Base-CCS1</b>         | 0.0                    | 4.3   | 62.0  | 0.0  | 0.2  | 3.6  | 0.0  | 0.1  | 1.5  |
| <b>Base-CCS2</b>         | 0.0                    | 5.0   | 90.5  | 0.0  | 0.3  | 5.2  | 0.0  | 0.1  | 2.2  |
| <b>CVtar-A</b>           | 27.2                   | 150.5 | 483.3 | 2.2  | 11.1 | 32.8 | 0.8  | 4.5  | 15.9 |
| <b>RVCVtar-A</b>         | 7.0                    | 19.7  | 160.7 | 0.6  | 1.7  | 13.2 | 0.2  | 0.6  | 5.2  |
| <b>RVCVtar-A-CCS1</b>    | 6.9                    | 20.6  | 266.9 | 0.6  | 1.8  | 22.2 | 0.2  | 0.6  | 8.9  |
| <b>RVCVtar-A-CCS2</b>    | 6.9                    | 26.5  | 391.3 | 0.6  | 2.2  | 31.0 | 0.2  | 0.8  | 13.3 |
| <b>RVCVtar-A-CCS1R</b>   | 37.2                   | 118.1 | 326.2 | 3.2  | 10.0 | 26.9 | 1.1  | 3.7  | 11.0 |
| <b>RVCVtar-A-CCS2R</b>   | 75.0                   | 176.5 | 517.1 | 6.2  | 14.4 | 39.5 | 2.2  | 5.5  | 17.9 |
| <b>RVCVtar-A-CCS2N</b>   | 0.0                    | 3.5   | 272.6 | 0.0  | 0.3  | 22.7 | 0.0  | 0.1  | 9.1  |
| <b>RVCVtar-A-CCS2Nuc</b> | 7.1                    | 22.6  | 352.1 | 0.7  | 2.1  | 29.7 | 0.2  | 0.7  | 12.2 |
| <b>RVCVtar-A-noCCS</b>   | 0.0                    | 0.0   | 0.0   | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.0  |
| <b>RVCVtar-A-sub</b>     | 0.2                    | 21.6  | 210.7 | 0.0  | 1.8  | 17.3 | 0.0  | 0.7  | 6.9  |

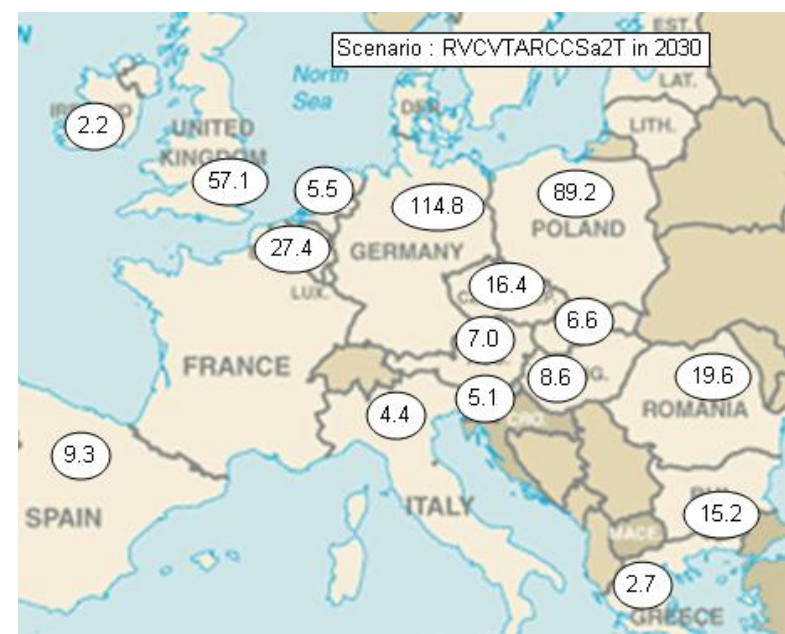
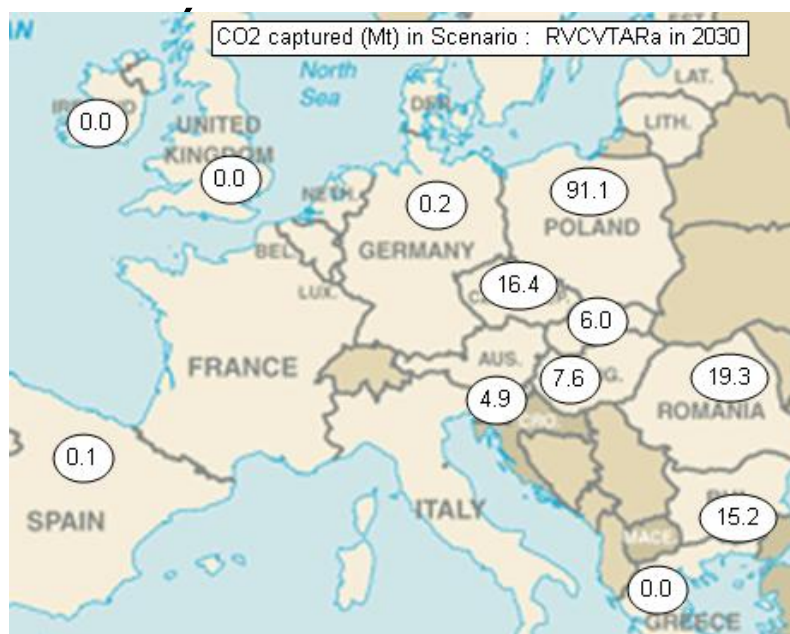
# Σύνοψη αποτελεσμάτων

| Scenarios         | Μέσο Κόστος Ηλεκτροπαραγωγής σε €/MWh |       |       | Επενδύσεις σε ηλεκτροπαραγωγή σε δισ. € |         |         | Μέση τιμή ηλεκτρικής ενέργειας σε €/MWh |        |        | Συνολικό Κόστος της Ενέργειας ως % του ΑΕΠ |      |      |
|-------------------|---------------------------------------|-------|-------|---|---------|---------|---|--------|--------|--|------|------|
|                   | 2020                                  | 2025  | 2030  | 15-2020                                 | 20-2025 | 25-2030 | 2020                                    | 2025   | 2030   | 2020                                       | 2025 | 2030 |
| Baseline          | 50.13                                 | 50.69 | 51.49 | 135                                     | 145     | 228     | 101.76                                  | 103.47 | 105.03 | 9.7  | 9.4  | 9.1  |
| Base-CCS1         | 50.28                                 | 50.89 | 52.19 | 122                                     | 127     | 220     | 101.99                                  | 104.35 | 107.16 | 9.6  | 9.3  | 9.0  |
| Base-CCS2         | 50.30                                 | 50.91 | 52.36 | 91                                      | 119     | 221     | 102.10                                  | 104.31 | 107.32 | 9.6  | 9.3  | 9.0  |
| CVtar-A           | 61.96                                 | 63.05 | 63.00 | 125                                     | 193     | 309     | 127.72                                  | 130.73 | 129.53 | 10.2                                       | 9.9  | 9.8  |
| RVCVtar-A         | 60.24                                 | 62.01 | 63.17 | 149                                     | 192     | 313     | 124.08                                  | 128.60 | 130.27 | 10.1                                       | 9.9  | 9.8  |
| RVCVtar-A-CCS1    | 60.32                                 | 62.24 | 62.94 | 148                                     | 187     | 334     | 124.30                                  | 129.36 | 130.16 | 10.1                                       | 9.9  | 9.8  |
| RVCVtar-A-CCS2    | 60.51                                 | 62.38 | 62.87 | 140                                     | 181     | 361     | 124.82                                  | 129.89 | 130.12 | 10.2                                       | 9.9  | 9.8  |
| RVCVtar-A-CCS1R   | 60.39                                 | 62.08 | 62.84 | 162                                     | 206     | 319     | 125.25                                  | 129.55 | 129.96 | 10.1                                       | 10.0 | 9.8  |
| RVCVtar-A-CCS2R   | 60.84                                 | 62.67 | 63.04 | 167                                     | 209     | 350     | 126.47                                  | 130.91 | 130.22 | 10.2                                       | 10.0 | 9.8  |
| RVCVtar-A-CCS2N   | 60.53                                 | 62.41 | 63.05 | 139                                     | 179     | 350     | 124.85                                  | 129.95 | 130.71 | 10.2                                       | 9.9  | 9.8  |
| RVCVtar-A-CCS2Nuc | 59.95                                 | 61.92 | 62.42 | 142                                     | 170     | 314     | 123.46                                  | 128.82 | 128.89 | 10.2                                       | 10.0 | 9.8  |
| RVCVtar-A-noCCS   | 60.36                                 | 62.29 | 66.26 | 148                                     | 193     | 302     | 124.39                                  | 129.54 | 137.67 | 10.2                                       | 10.0 | 10.1 |
| RVCVtar-A-subs    | 60.22                                 | 61.97 | 63.01 | 148                                     | 193     | 321     | 124.00                                  | 128.49 | 129.91 | 10.1                                       | 9.9  | 9.8  |

# Σύνοψη αποτελεσμάτων

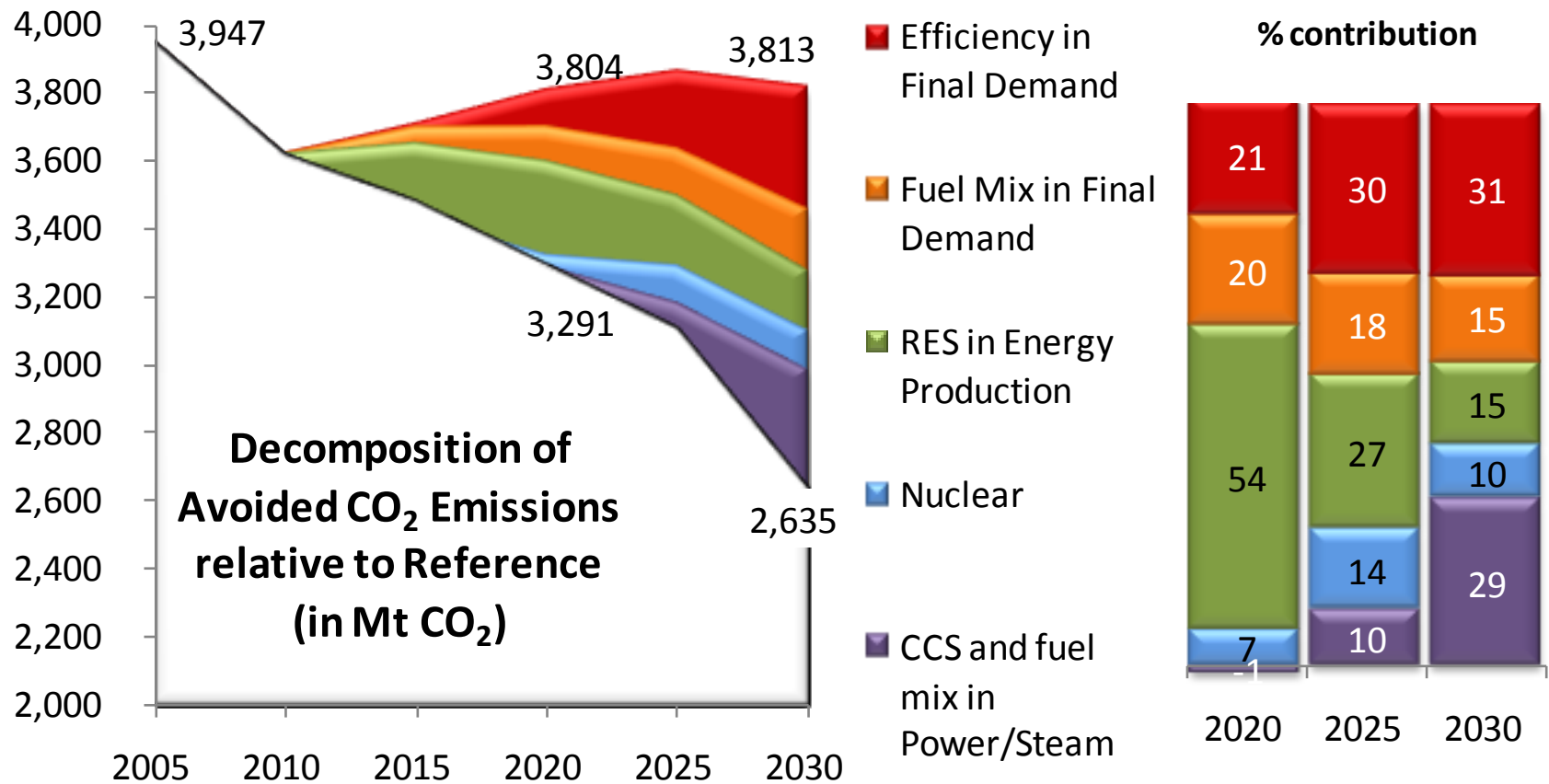
| Mt of CO <sub>2</sub> Captured in 2030 | Base-CCS <sub>1</sub> | Base-CCS <sub>2</sub> | CVtar-A | RVCVtar-A | RVCVtar-A-CCS <sub>1</sub> | RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> | RVCVtar-A-CCS <sub>1</sub> R | RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> R | RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> N | RVCVtar-A-CCS <sub>2</sub> Nuc | RVCVtar-A-sub <sub>s</sub> |
|--|-----------------------|-----------------------|---------|-----------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| Ireland                                | 0.0                   | 0.0                   | 6.5     | 0.0       | 0.0                        | 2.2                        | 0.0                          | 5.1                          | 2.2                          | 1.9                            | 1.6                        |
| United Kingdom                         | 0.0                   | 0.0                   | 15.9    | 0.0       | 1.0                        | 57.1                       | 3.9                          | 62.1                         | 57.1                         | 52.5                           | 9.9                        |
| Belgium                                | 1.0                   | 6.6                   | 11.7    | 0.0       | 17.3                       | 27.4                       | 22.4                         | 49.8                         | 27.4                         | 18.2                           | 0.0                        |
| Luxembourg                             | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.2                        | 0.0                          | 0.8                          | 0.2                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Netherlands                            | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 5.5                        | 2.7                          | 13.9                         | 5.5                          | 4.9                            | 0.0                        |
| Germany                                | 32.5                  | 39.5                  | 129.1   | 0.2       | 74.3                       | 114.8                      | 134.7                        | 185.8                        | 114.8                        | 84.2                           | 56.3                       |
| France                                 | 0.0                   | 0.0                   | 0.1     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 3.0                          | 3.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Spain                                  | 0.0                   | 0.0                   | 26.8    | 0.1       | 9.2                        | 9.3                        | 11.4                         | 13.0                         | 9.3                          | 14.9                           | 0.8                        |
| Portugal                               | 0.0                   | 0.0                   | 3.2     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 1.8                          | 1.8                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Denmark                                | 0.0                   | 0.0                   | 4.6     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Sweden                                 | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Finland                                | 0.0                   | 0.0                   | 6.1     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.9                          | 0.9                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Austria                                | 0.0                   | 0.0                   | 7.2     | 0.0       | 0.0                        | 7.0                        | 1.1                          | 11.1                         | 7.0                          | 6.7                            | 0.0                        |
| Italy                                  | 0.0                   | 0.0                   | 17.0    | 0.0       | 4.5                        | 4.4                        | 7.8                          | 10.2                         | 4.4                          | 4.3                            | 0.0                        |
| Slovenia                               | 1.8                   | 2.7                   | 4.8     | 4.9       | 4.9                        | 5.1                        | 4.9                          | 5.2                          | 0.7                          | 5.0                            | 4.9                        |
| Czech Republic                         | 10.9                  | 10.3                  | 42.4    | 16.4      | 16.1                       | 16.4                       | 18.2                         | 18.2                         | 8.5                          | 19.5                           | 18.3                       |
| Slovakia                               | 2.5                   | 2.6                   | 8.0     | 6.0       | 5.9                        | 6.6                        | 7.5                          | 9.4                          | 0.5                          | 5.6                            | 6.6                        |
| Poland                                 | 4.1                   | 16.9                  | 125.8   | 91.1      | 91.9                       | 89.2                       | 72.0                         | 77.8                         | 27.0                         | 88.1                           | 93.5                       |
| Hungary                                | 1.4                   | 4.0                   | 12.7    | 7.6       | 7.7                        | 8.6                        | 7.5                          | 12.0                         | 1.4                          | 8.7                            | 8.2                        |
| Latvia                                 | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Estonia                                | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 1.1                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Lithuania                              | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Romania                                | 7.5                   | 7.9                   | 36.4    | 19.3      | 18.2                       | 19.6                       | 12.3                         | 17.1                         | 3.9                          | 19.6                           | 6.9                        |
| Bulgaria                               | 0.3                   | 0.0                   | 18.8    | 15.2      | 15.2                       | 15.2                       | 14.2                         | 15.9                         | 0.0                          | 15.2                           | 2.6                        |
| Greece                                 | 0.0                   | 0.0                   | 6.1     | 0.0       | 0.8                        | 2.7                        | 0.0                          | 3.2                          | 2.7                          | 2.9                            | 1.0                        |
| Cyprus                                 | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| Malta                                  | 0.0                   | 0.0                   | 0.0     | 0.0       | 0.0                        | 0.0                        | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                          | 0.0                            | 0.0                        |
| EU27                                   | 62.0                  | 90.5                  | 483.3   | 160.7     | 266.9                      | 391.3                      | 326.2                        | 517.1                        | 272.6                        | 352.1                          | 210.7                      |

# Γεωγραφική κατανομή της αποθήκευσης σε δύο ακραία σενάρια

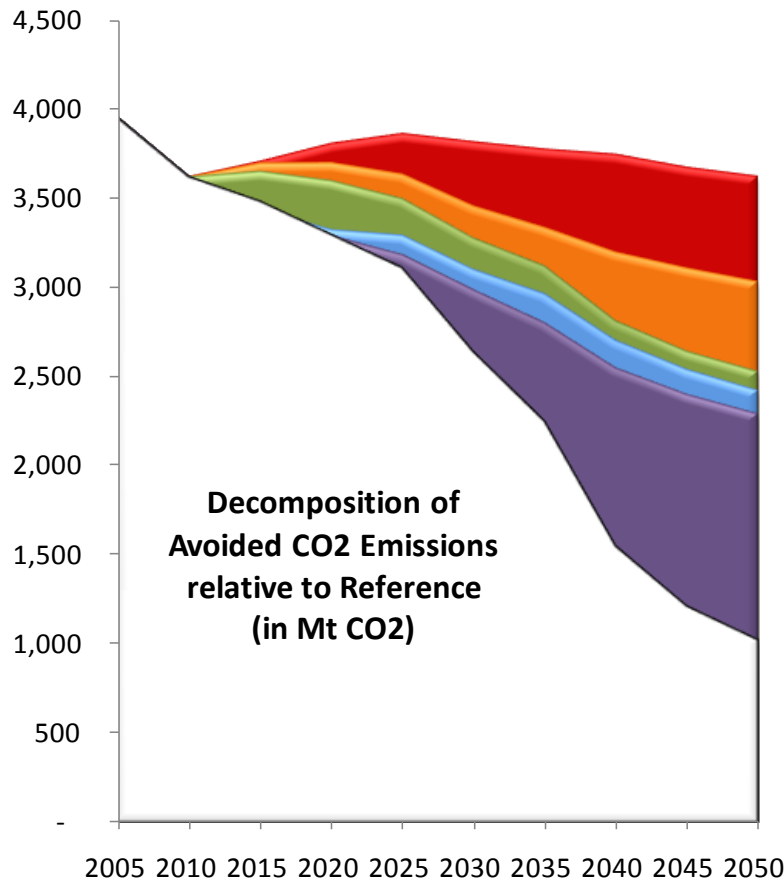


Αποθήκευση CO<sub>2</sub> το 2030 σε εκατ. τόνους

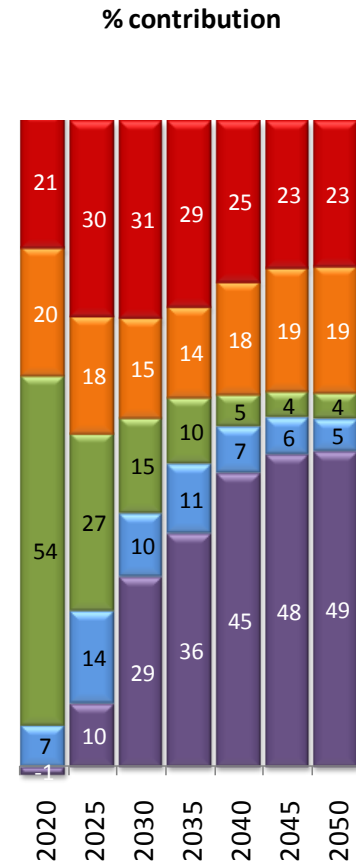
# Ανάλυση της συνεισφοράς κάθε μέτρου στη δραστική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ΕΕ (μελέτη για την Eurelectric 2009)



# Ανάλυση της συνεισφοράς κάθε μέτρου στη δραστική μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub> στην ΕΕ (μελέτη για την Eurelectric 2009)



- Efficiency in Final Demand
- Fuel Mix in Final Demand
- RES in Energy Production
- Nuclear
- CCS and fuel mix in Power/Steam



# Συμπεράσματα

- Το CCS αναπτύσσεται μετά το 2020 και ιδίως κοντά στο 2030. Η ανάπτυξη εξαρτάται από την εμπορική και τεχνολογική ωρίμανση
- Το CCS αποτελεί βασικό και οικονομικά ανταγωνιστικό μέσο για τη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>
- Τυχόν αποτυχία του CCS θα κοστίσει **60 δισ. €** το χρόνο ως πρόσθετο κόστος για την επίτευξη ίδιας μείωσης των εκπομπών

# Συμπεράσματα

- Αν το CCS είναι υποχρεωτικό από το 2020, οι επιχειρήσεις θα παρατείνουν τη ζωή των παλαιών σταθμών και θα τους ανακαινίσουν χωρίς CCS
- Αν εξαιρεθούν οι μονάδες φυσικού αερίου από την υποχρέωση του CCS, αυξάνουν υπερβολικά οι εισαγωγές ΦΑ από την ΕΕ
- Η υποχρέωση capture-ready δημιουργεί επιπλέον κόστος με μικρό όφελος
- Αν το CCS είναι υποχρεωτικό χωρίς φιλόδοξους στόχους μείωσης των εκπομπών δημιουργείται επιπλέον κόστος χωρίς λόγο

# Συμπεράσματα

- Το μερίδιο του CCS μειώνεται όταν αυξάνεται ο υποχρεωτικός στόχος για ΑΠΕ
- Τυχόν πολιτική επέκτασης του χρόνου ζωής των πυρηνικών στην ΕΕ έχει μικρή επίπτωση στην ανάπτυξη του CCS μέχρι το 2030
- Τυχόν επιδότηση 10% δεν είναι αναγκαία μακροχρόνια όμως διευκολύνει την ανάπτυξη του 2020 στην αρχή της περιόδου και μειώνει την αβεβαιότητα σχετικά με την εμπορική και τεχνολογική ωρίμανση του CCS
- Η αποθήκευση CO<sub>2</sub> μέχρι το 2050 είναι πολύ μικρό ποσοστό των τεχνικών δυνατοτήτων στην ΕΕ

# Συμπεράσματα

- Η αποθήκευση CCS λαμβάνει χώρα κυρίως στην κεντρική και ανατολική Ευρώπη
- Τα νέα κράτη μέλη της ΕΕ έχουν μειωμένο κόστος αποθήκευσης για γεωλογικούς λόγους
- Τυχόν διπλασιασμός του μέσου κόστους αποθήκευσης (από περίπου 8 €/τόνο CO<sub>2</sub>) οδηγεί σε 30% μείωση της ανάπτυξης του CCS. Το κόστος μεταφοράς κυμαίνεται από 1 έως 2 €/τόνο CO<sub>2</sub>

# Τελικό Συμπέρασμα

- Το CCS είναι θεμελιώδους σημασίας για τη δραστική μείωση των εκπομπών μακροχρόνια και για την αξιόπιστη και ασφαλή λειτουργία του ενεργειακού συστήματος
- Δεν υφίστανται τεχνικά προβλήματα, η δυνατότητα αποθήκευσης είναι ασφαλής και χωρίς περιορισμούς
- Το CCS έχει κόστος αλλά είναι οικονομική λύση συμπληρώνοντας άλλα μέτρα όπως η εξοικονόμηση ενέργειας, οι ΑΠΕ και τα πυρηνικά
- Για να αναπτυχθεί η τεχνολογία και να γίνουν οι επενδύσεις χρειάζεται μακροχρόνια βεβαιότητα για τη χρήση της τεχνολογίας στην ΕΕ και αλλού (Κίνα)
- Στην στρατηγική της ΕΕ, το CCS αναπτύσσεται πιλοτικά το 2020, έχει συνεισφορά το 2030 αλλά έχει μεγάλη σημασία στην προοπτική του 2050 στο πλαίσιο δραστικού περιορισμού των εκπομπών CO<sub>2</sub> (μηδενικές εκπομπές από ηλεκτροπαραγωγή της ΕΕ το 2050)