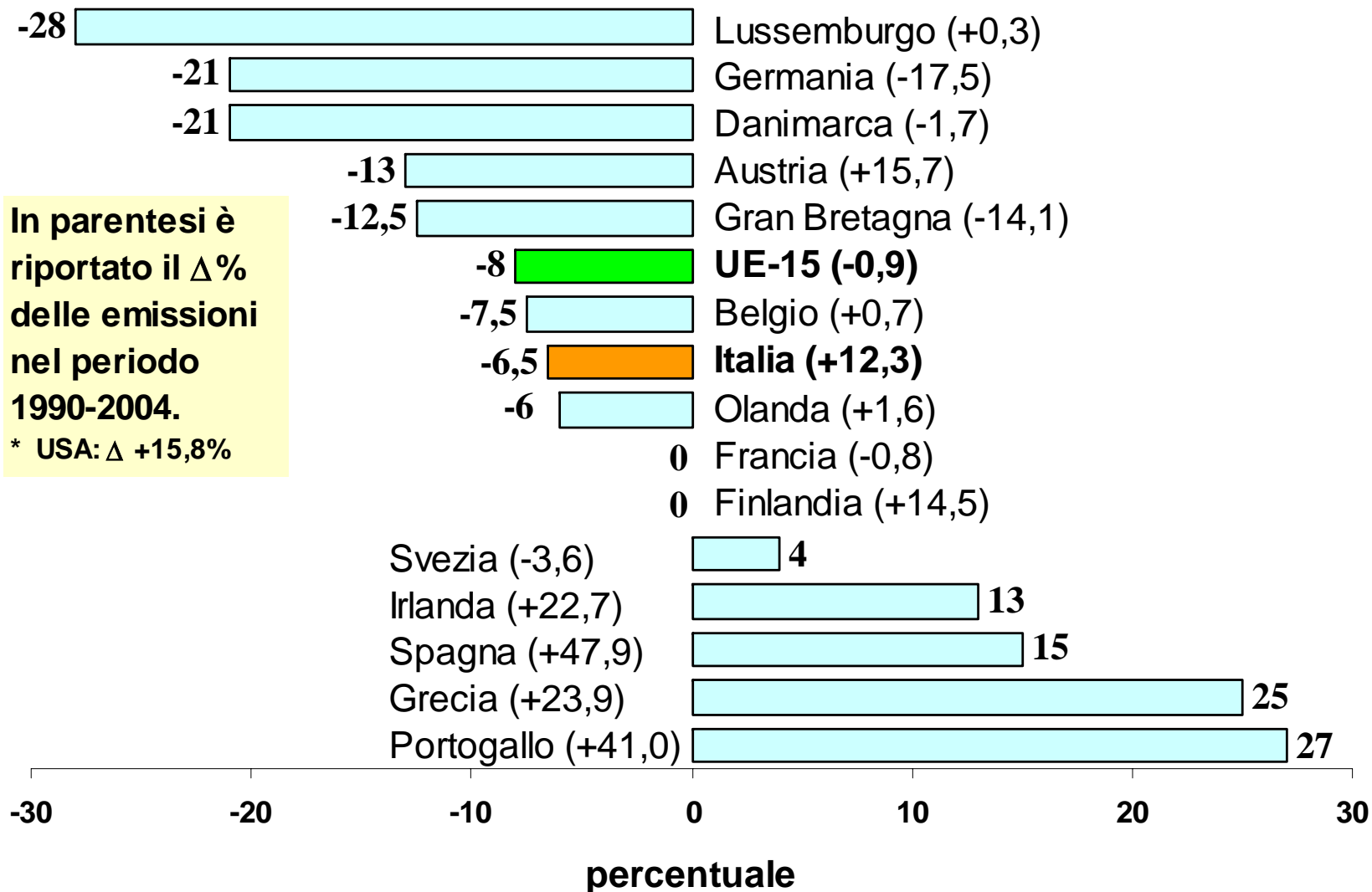


**Produzione di energia elettrica
ed emissioni di gas serra
(Strategie di mitigazione delle emissioni)**

**Antonio Caputo,
Seminario, 21-11-2006
Servizio Osservatorio sulle Tecnologie**

Impegni di riduzione % delle emissioni al 2010 rispetto al 1990 nella UE-15



Emissioni da combustibili fossili

**Emissioni in fase di
precombustione**
(upstream, midstream)

Estrazione

Processing

Trasporto

Distribuzione

**Emissioni in fase
di combustione**

Produzione elettrica

Trasporti

Industria

Settore civile

...

Stima delle emissioni

- *tier 1 - fattori di emissione di default*
- tier 2 – fattori di emissione da dati nazionali
- tier 3 - fattori di emissione da dati sito specifici

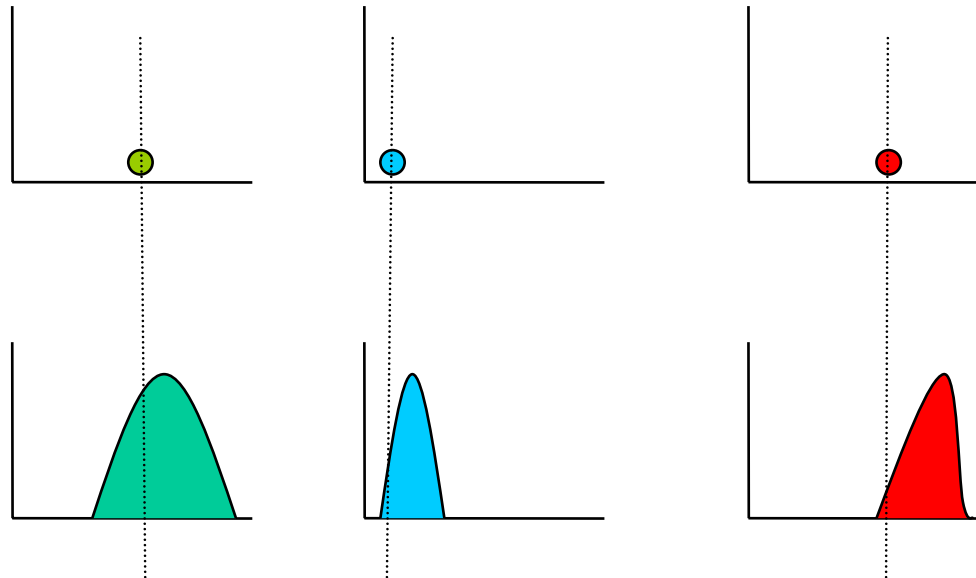
Stima dell'incertezza

- tier 1 – equazioni di propagazione dell'errore
- *tier 2 - tecnica di Monte Carlo*

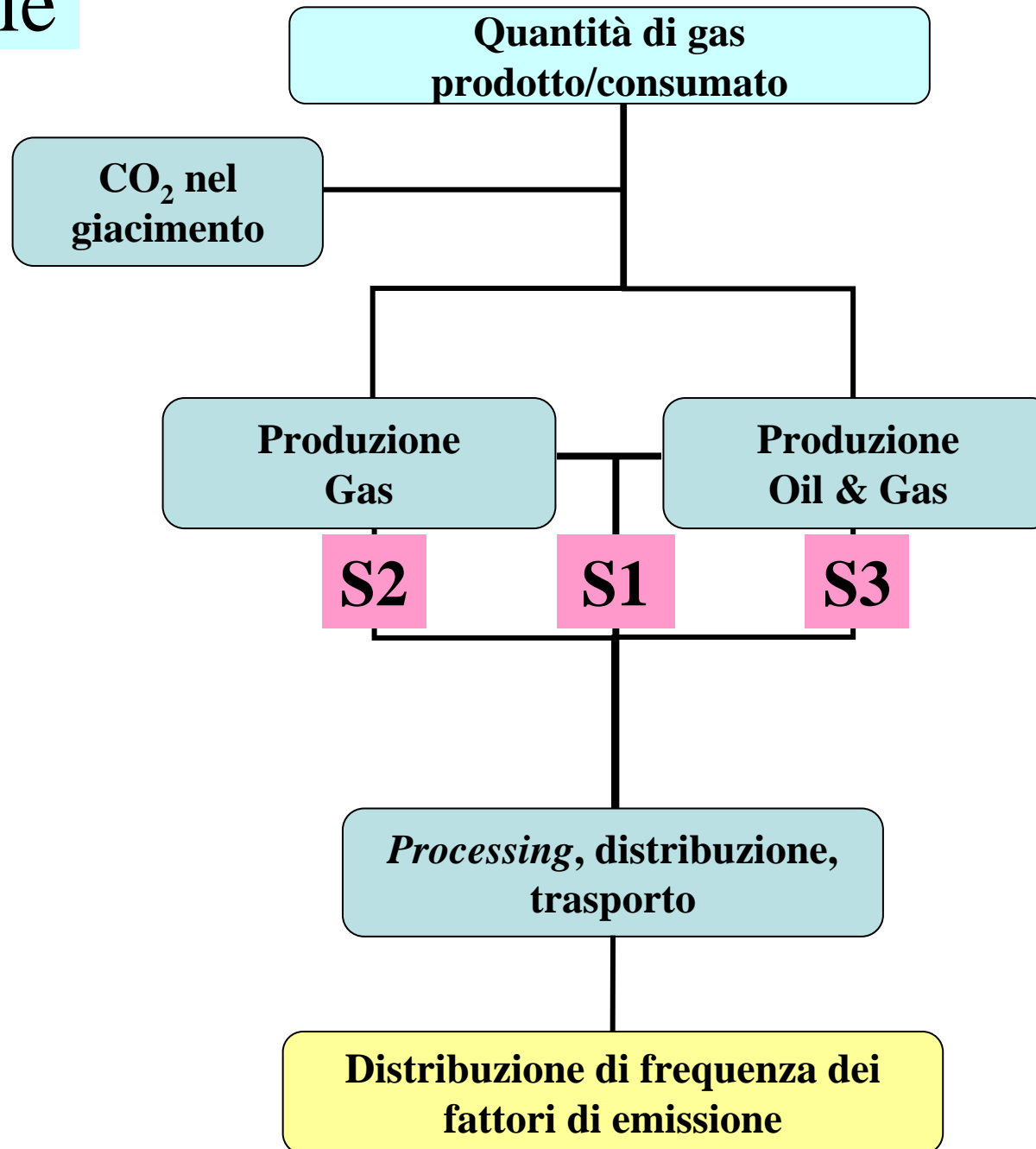
Metodo di Monte Carlo

Emissioni atmosferiche

$\text{estrazione} + \text{trasporto} = \text{totale}$

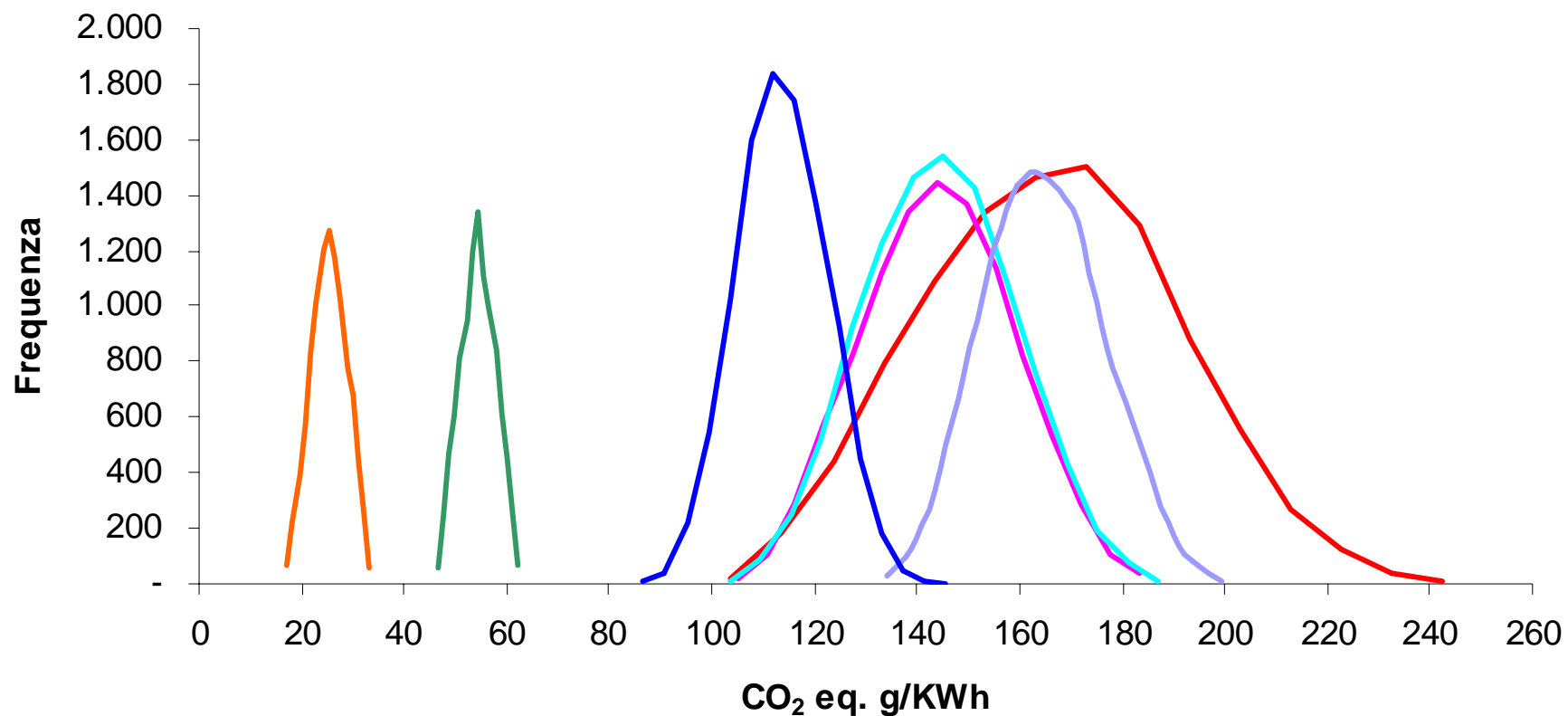


Gas naturale



Distribuzioni di frequenza dei fattori di emissione per il gas naturale

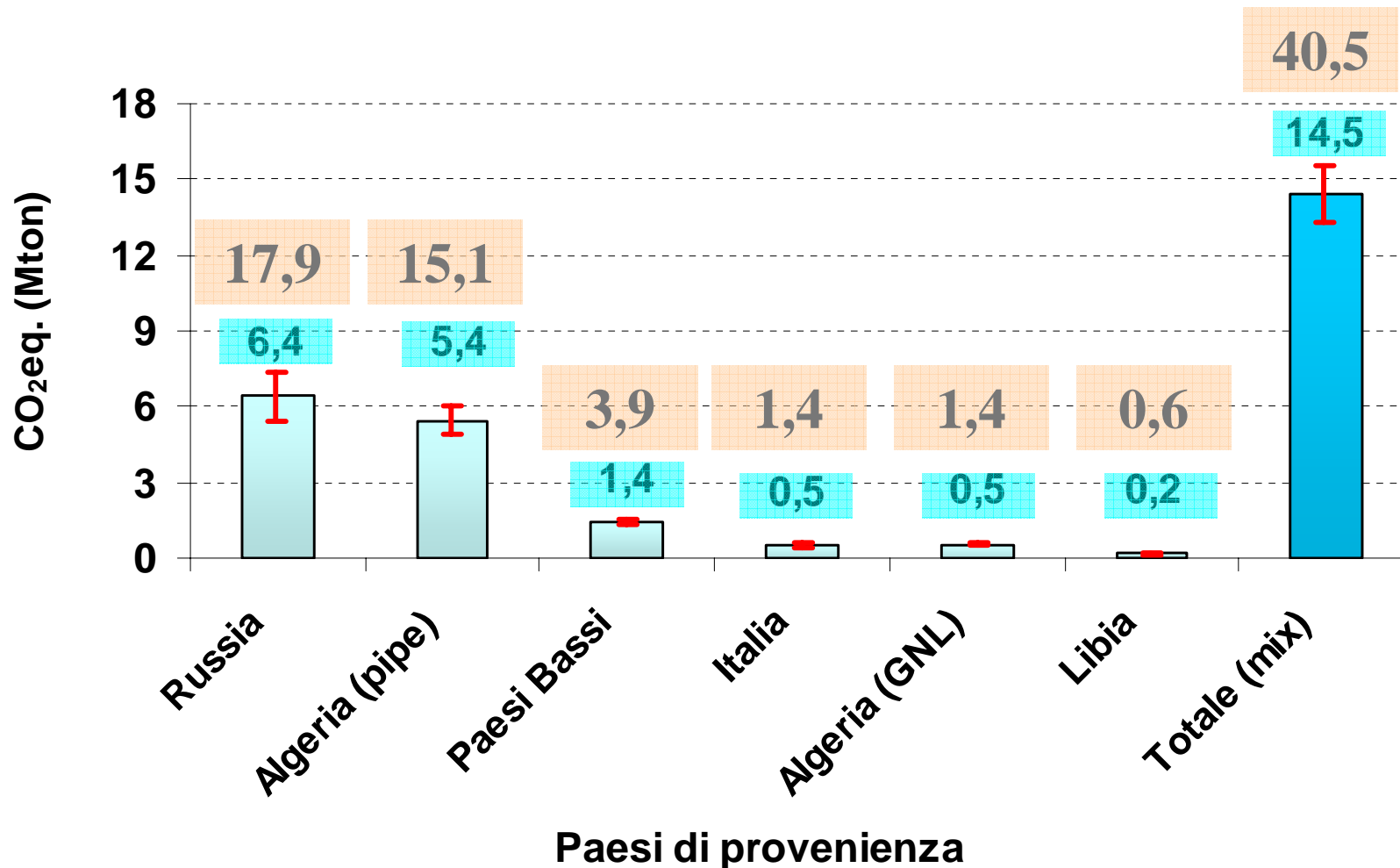
Scenario 1: Gas/Gas&Oil



— Russia — Algeria (pipe) — Paesi Bassi — Italia
— Libia — Algeria (GNL) — Media nazionale

CO₂eq. emessa in fase di precombustione

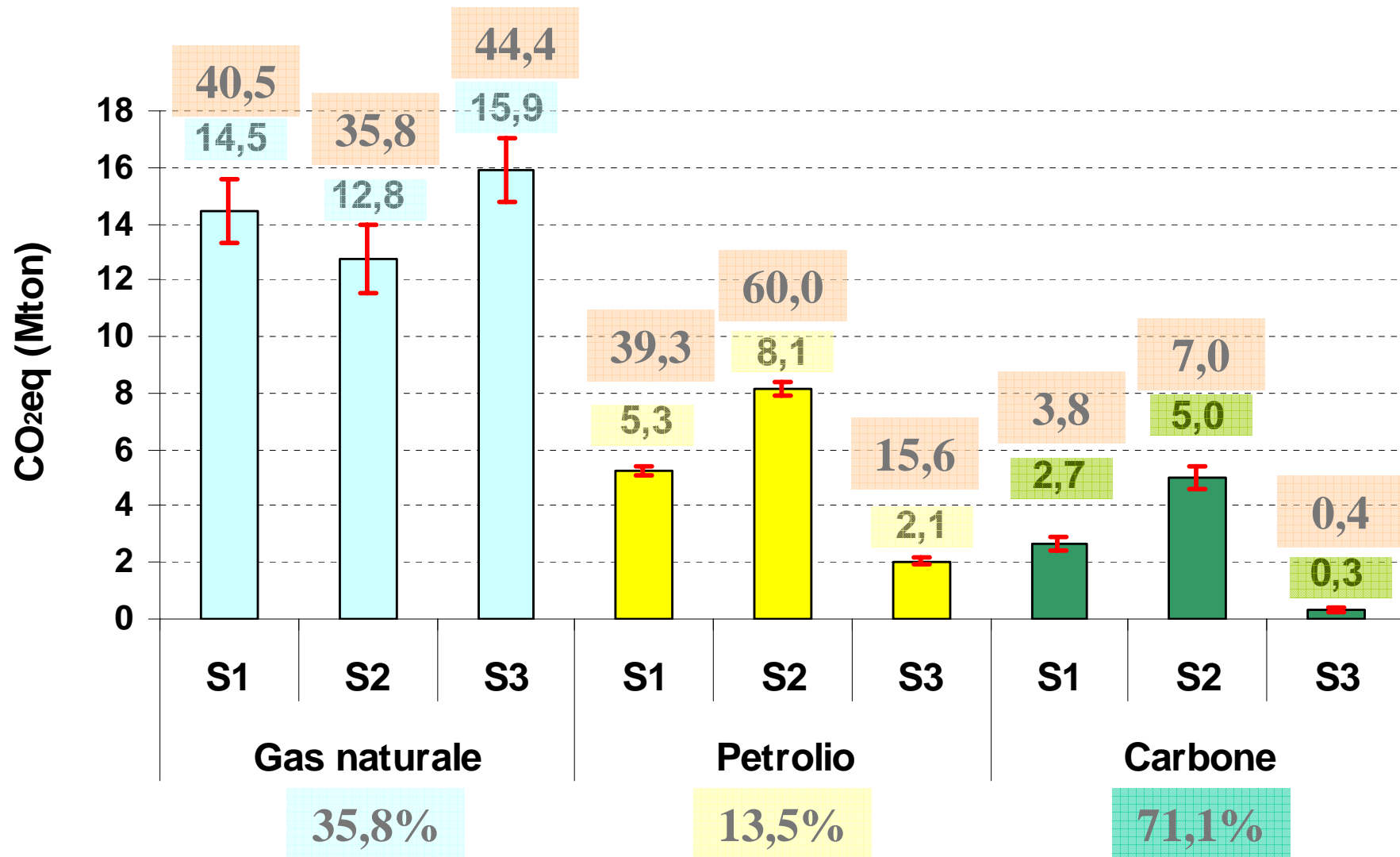
Scenario 1: Gas/Gas&Oil



Emissioni totali (35,8% di GN in e.e.)

Emissioni da produzione elettrica

CO₂eq. emessa in fase di precombustione

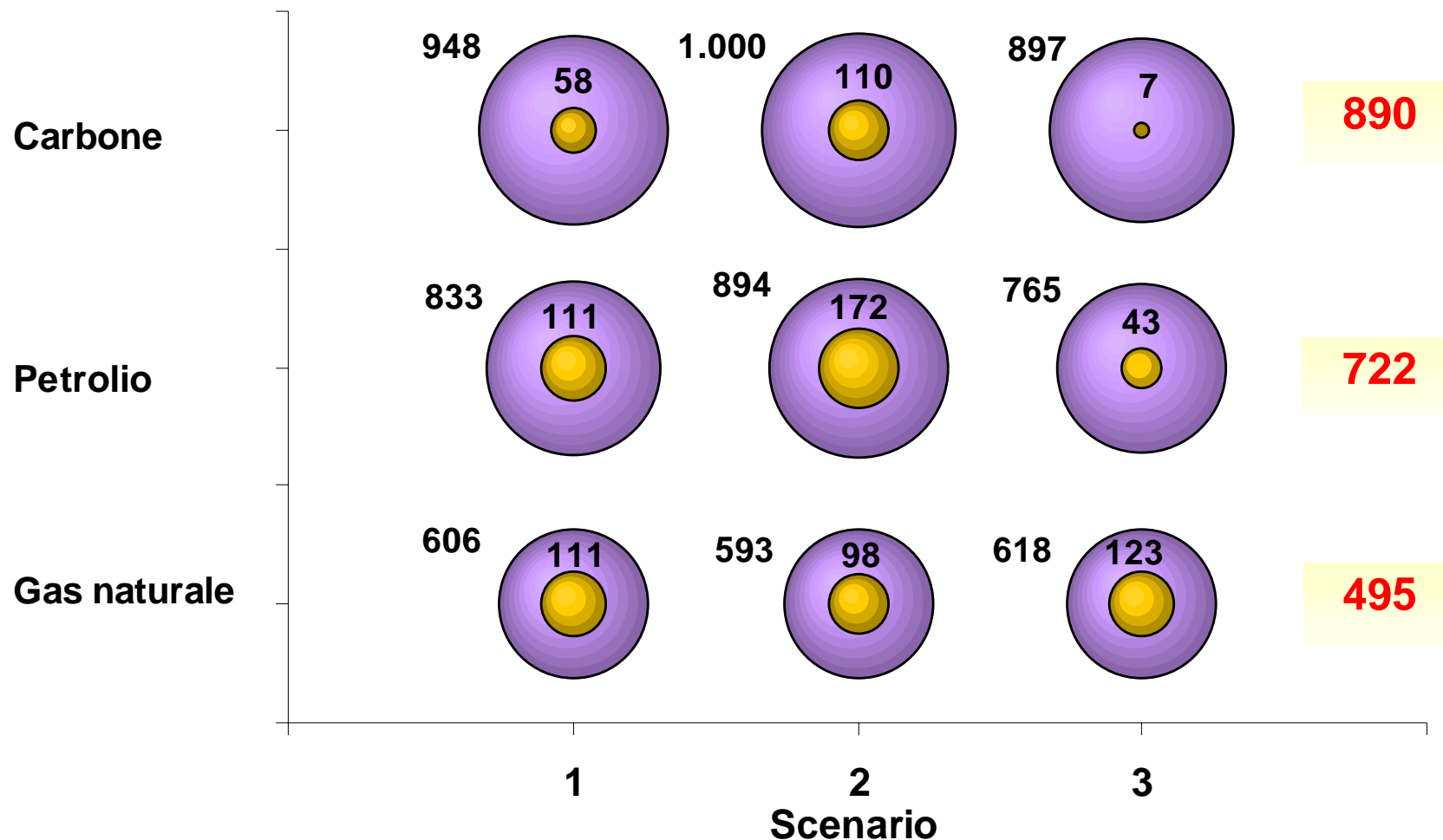


Emissioni totali

Fattori di emissione per la produzione elettrica

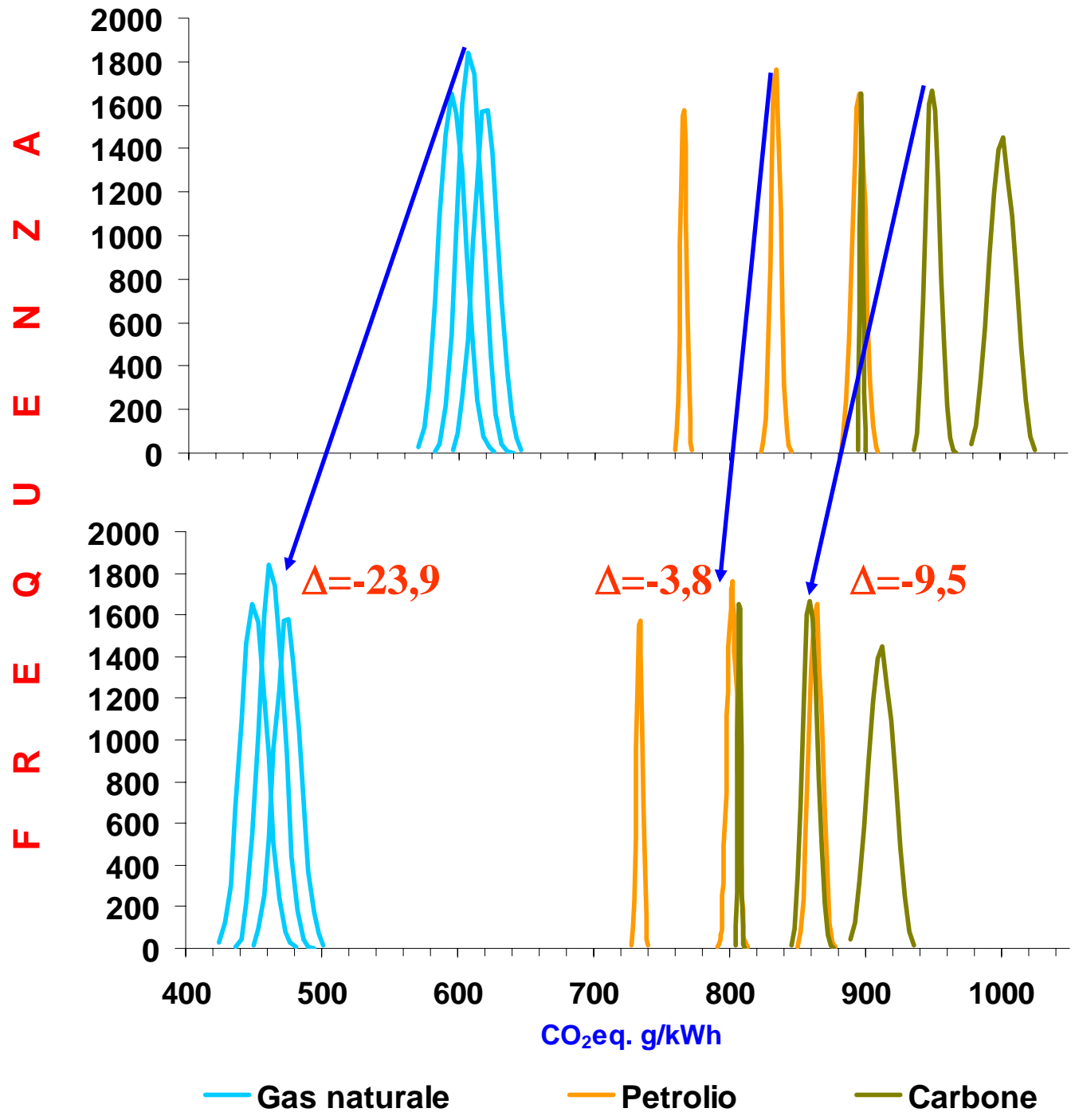
(g CO₂eq./kWh)

● Emissioni Totali ● Emissioni precombustione



Impianti
convenzionali

Impianti con
migliore
tecnologia
disponibile



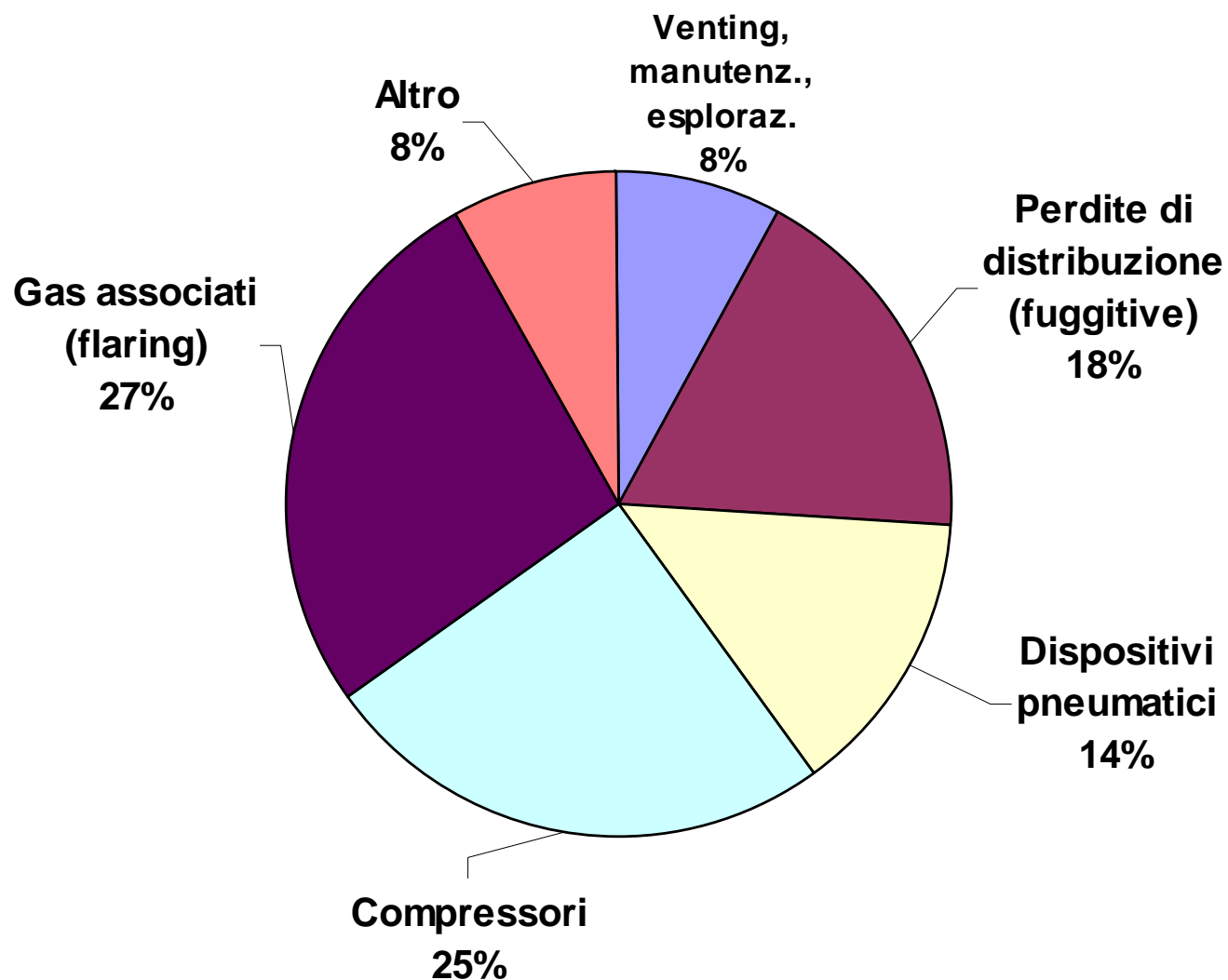
Conclusioni

- Considerando la fase di precombustione il gas naturale presenta fattori di emissione decisamente inferiori rispetto al carbone
- Il passaggio da impianti convenzionali ad impianti con migliori tecnologie possibili consente un potenziale di riduzione delle emissioni maggiore per il gas naturale rispetto al carbone

Strategie di mitigazione delle emissioni atmosferiche

- Riduzione delle emissioni in fase di precombustione
- Cattura e stoccaggio della CO₂ (CCS)
- Fonti rinnovabili
- *Sink* biologici di carbonio

Ripartizione delle emissioni di CH₄ nel settore Gas & Oil



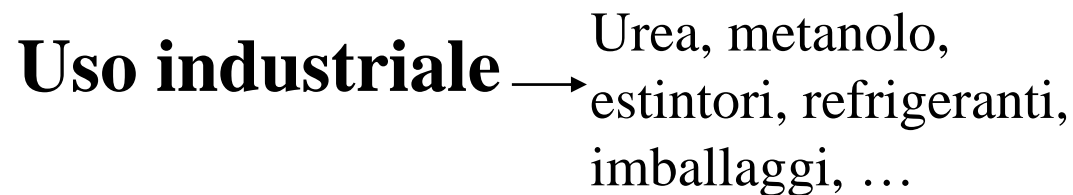
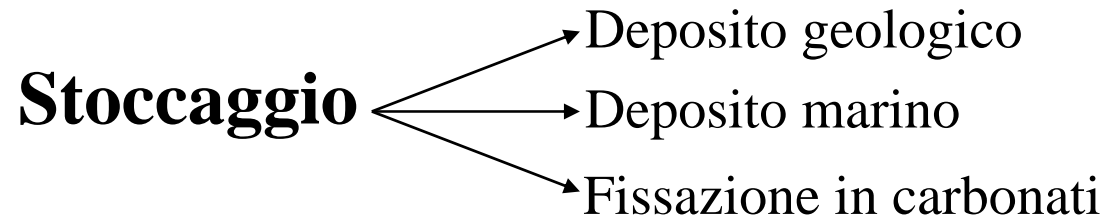
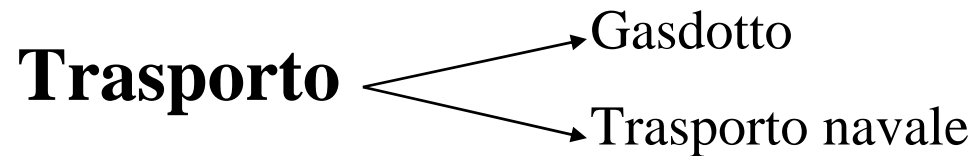
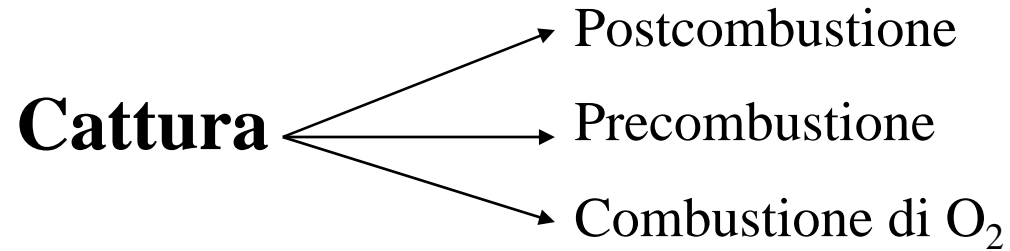
Potenziale di riduzione delle emissioni precombustione di CH₄

| | Potenziale tecnico (% riduzione) | Potenziale economico (% riduzione) | Costi di Mitigazione (\$/tCH ₄) |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Esplorazione | 40% | 0% | 300 |
| Gas associati (flaring) | 50%-90% | 50% | -2.000 / +400 |
| Venting e flaring di processi | 70% | 60% | -90 / +500 |
| Manutenzione | 20% | 20% | -190 |
| Elettric., uso di combustib. | 20% | 15% | -215 / +350 |
| Compressori | 90% | 80% | -215 / +35 |
| Dispositivi pneumatici | 98% | 75% | -375 |
| Upsets di sistema | 70% | 0% | 1.500 |
| Emissioni fuggitive | 90% | 5% | -270 / +2.235 |

-35,9%

~ -1400 \$

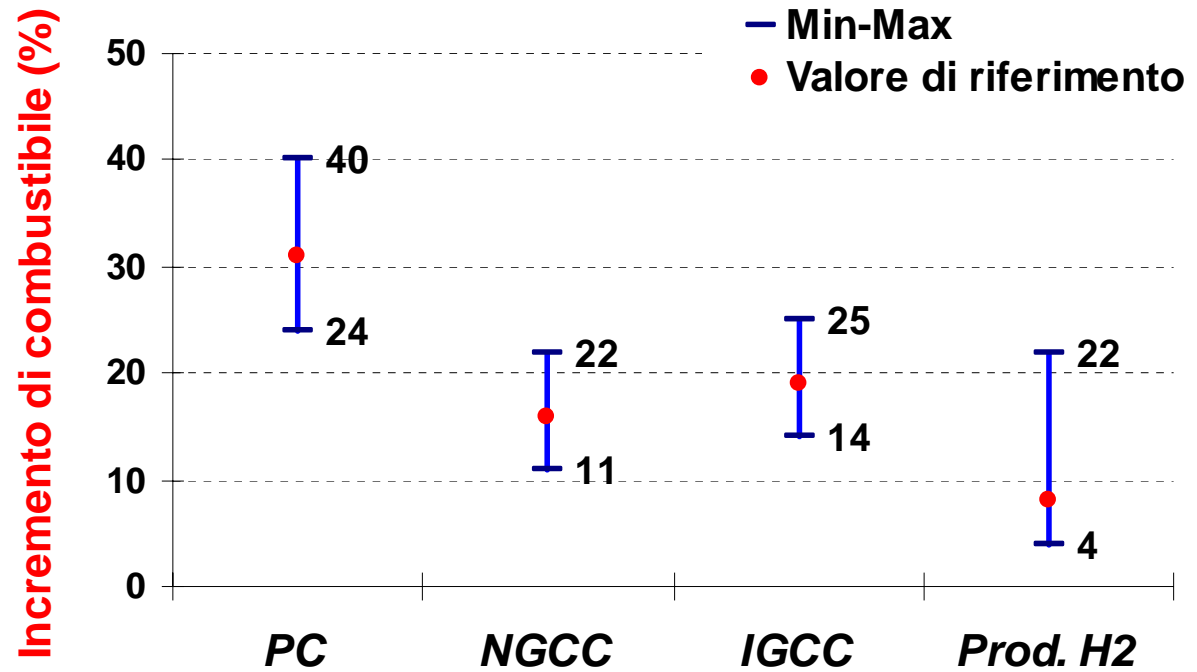
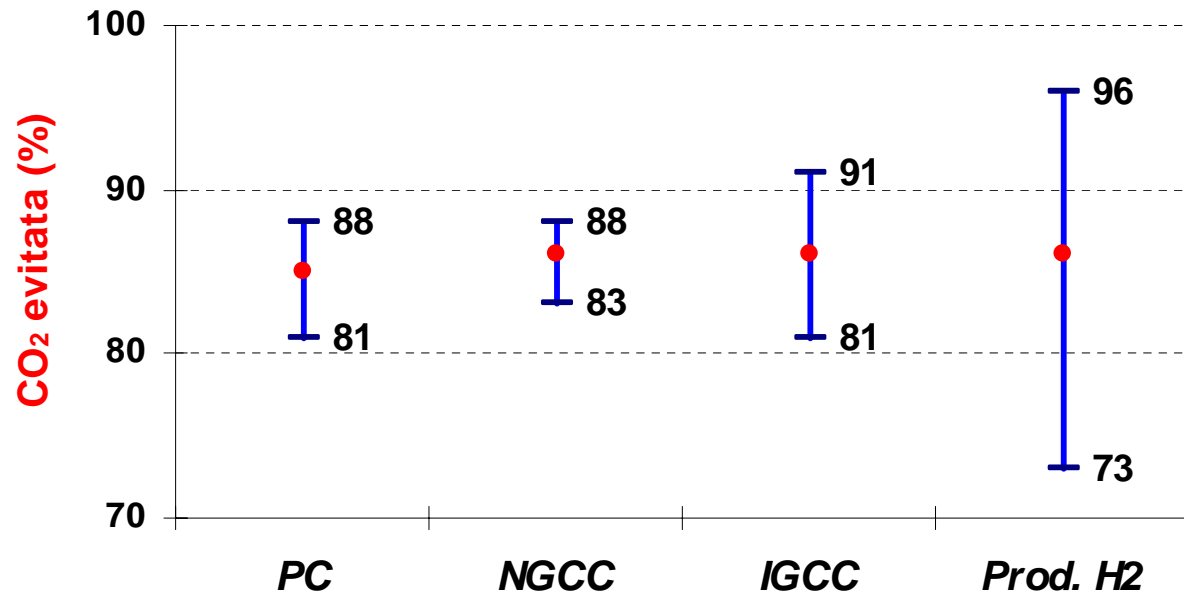
Cattura e stoccaggio della CO₂ (CCS)



| Potenziale di sequestro CO ₂ |
|---|
| 200-2000 Gt |
| Scambio fisico 2000-12000 Gt |
| Limite riserve-scarti |

| Uso attuale di CO ₂ |
|---|
| ~120 Mt/anno (No EOR) |
| ~ 1 Mt/anno sequestrata a lungo termine |

CCS performance (cattura)

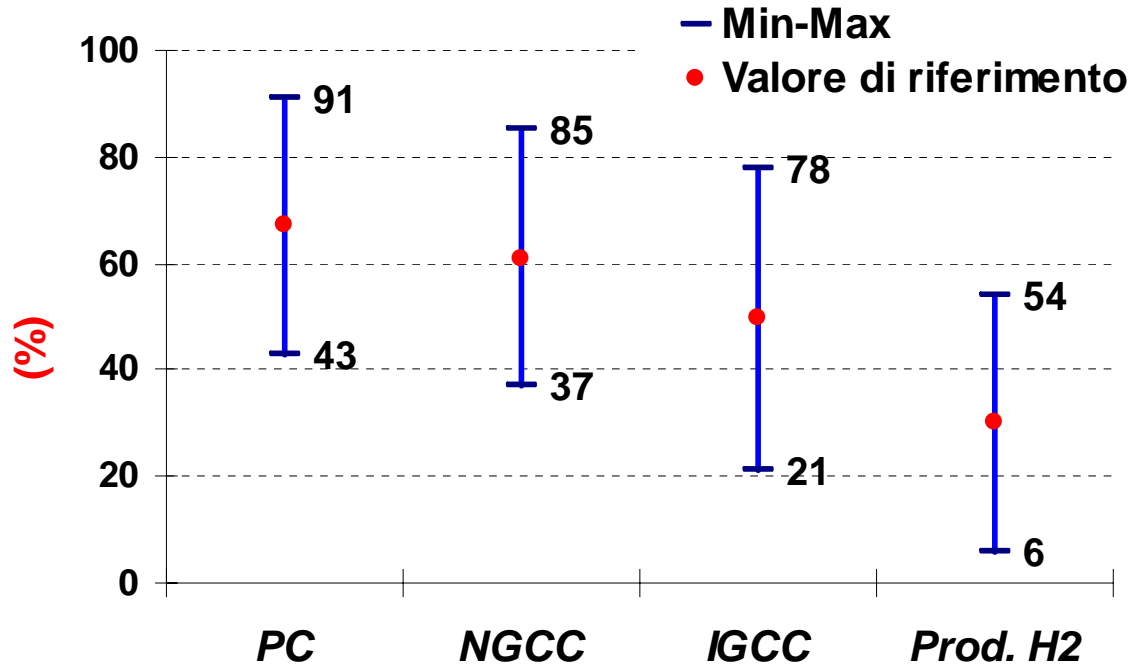


Costi del sistema CCS

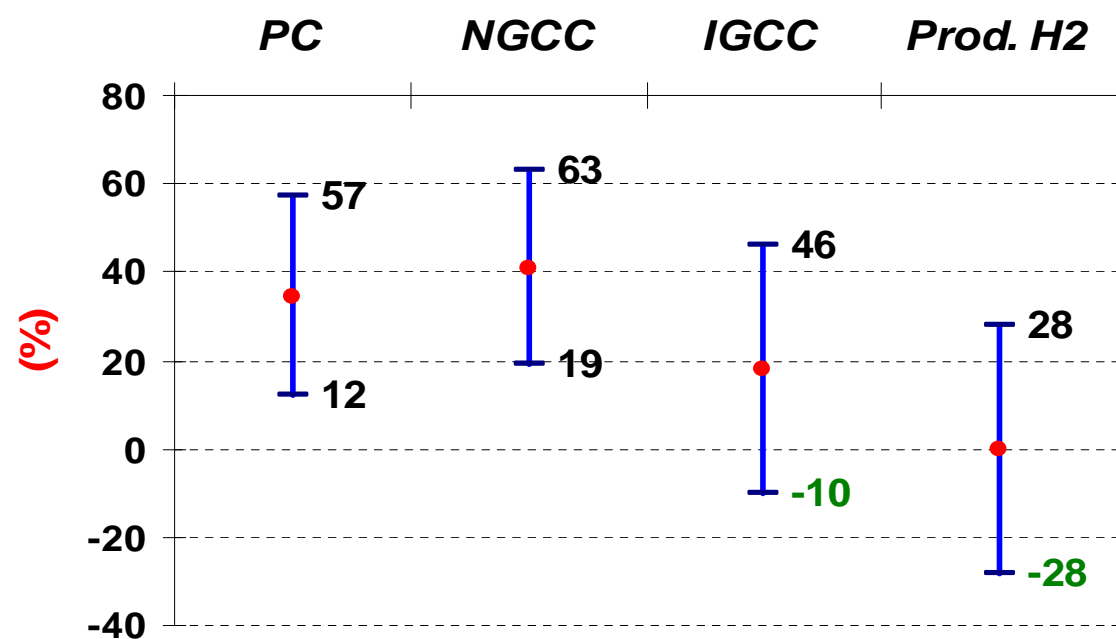
Cattura, trasporto e confinamento geologico

Cattura, trasporto e Enhanced Oil Recovery

Incremento del costo dell'elettricità (%)

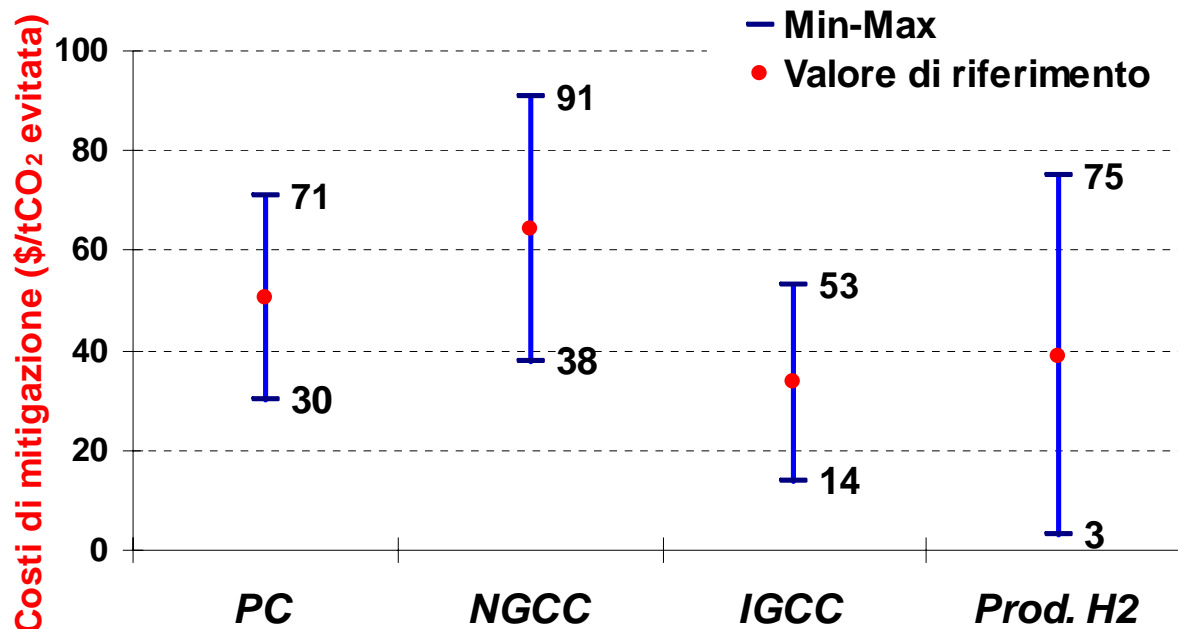


Variazione del costo dell'elettricità (%)

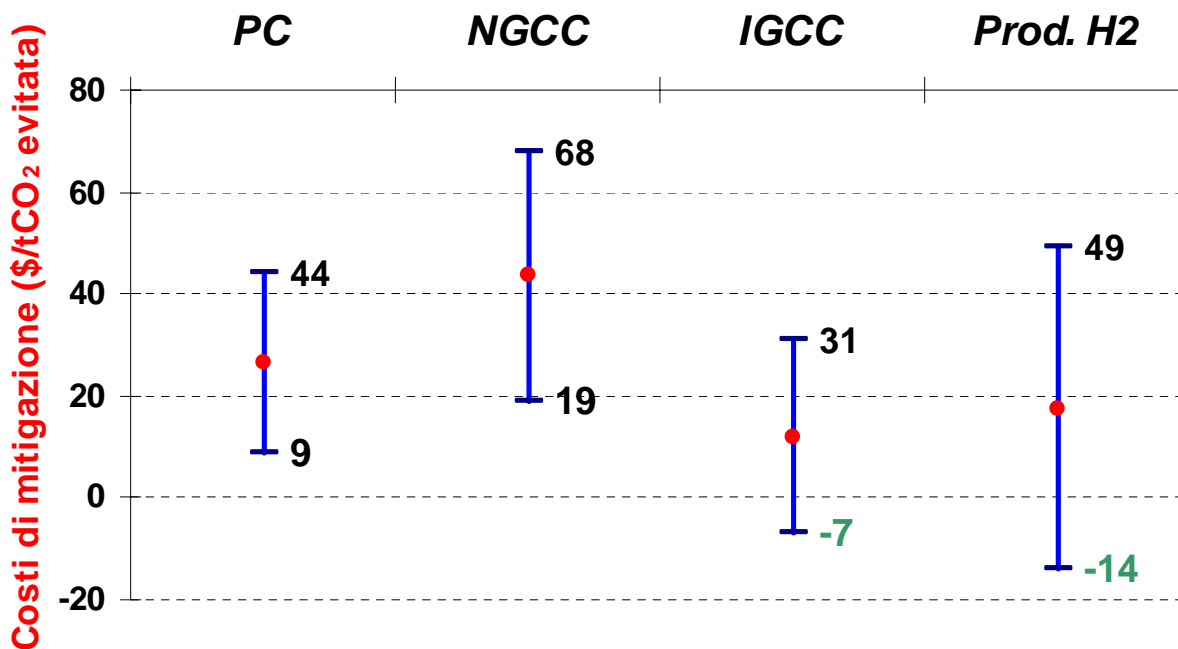


Costi di mitigazione del sistema CCS (US\$ 2002)

Cattura, trasporto e confinamento geologico



Cattura, trasporto e Enhanced Oil Recovery



Considerazioni ambientali sullo stoccaggio

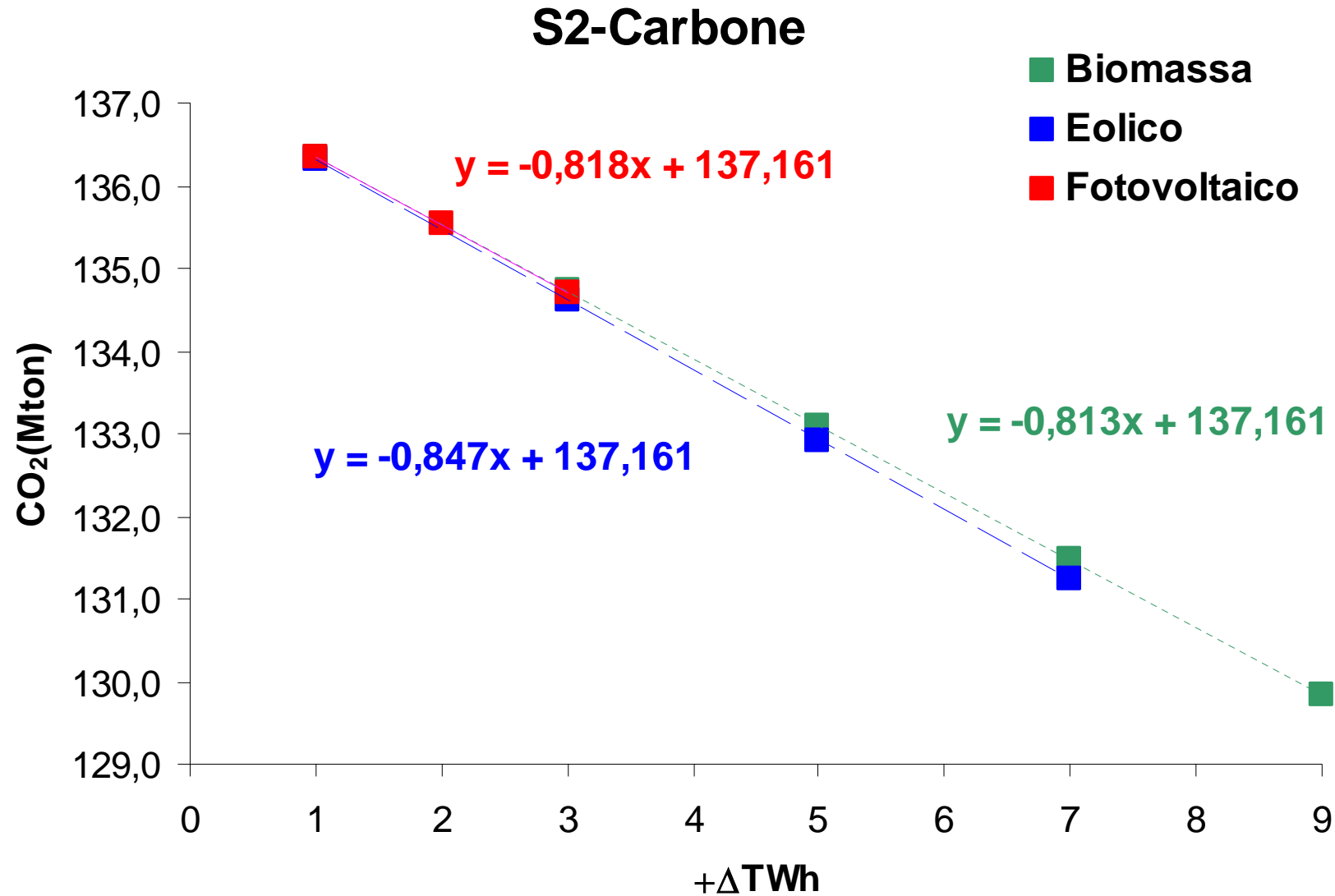
| Deposito geologico | Deposito marino | Fissazione in carbonati |
|--|---|--|
| <p>Realizzabile a specifiche condizioni</p> <p>Rischio minimo di rilascio - Buone probabilità di sequestro per tempi lunghi (1000 anni)</p> <p>Rischio di acidificazione degli acquiferi e del suolo</p> <p>Sviluppo di tecniche di monitoraggio</p> | <p>Fase di ricerca</p> <p>Rischio di rilascio in tempi lunghi (500 anni)</p> <p>Studio di sistemi di fissazione con calcare</p> <p>Acidificazione delle acque con effetti nocivi e letali per gli organismi</p> | <p>Fase di ricerca e fase dimostrativa</p> <p>Richiede 1,6-3,7 t di silicati per t CO₂ con produzione di 2,6-4,7 t di materiale di scarto</p> <p>Incremento di richiesta energetica 60-180%</p> |

Sostituzione di fonti fossili con fonti rinnovabili per la produzione elettrica

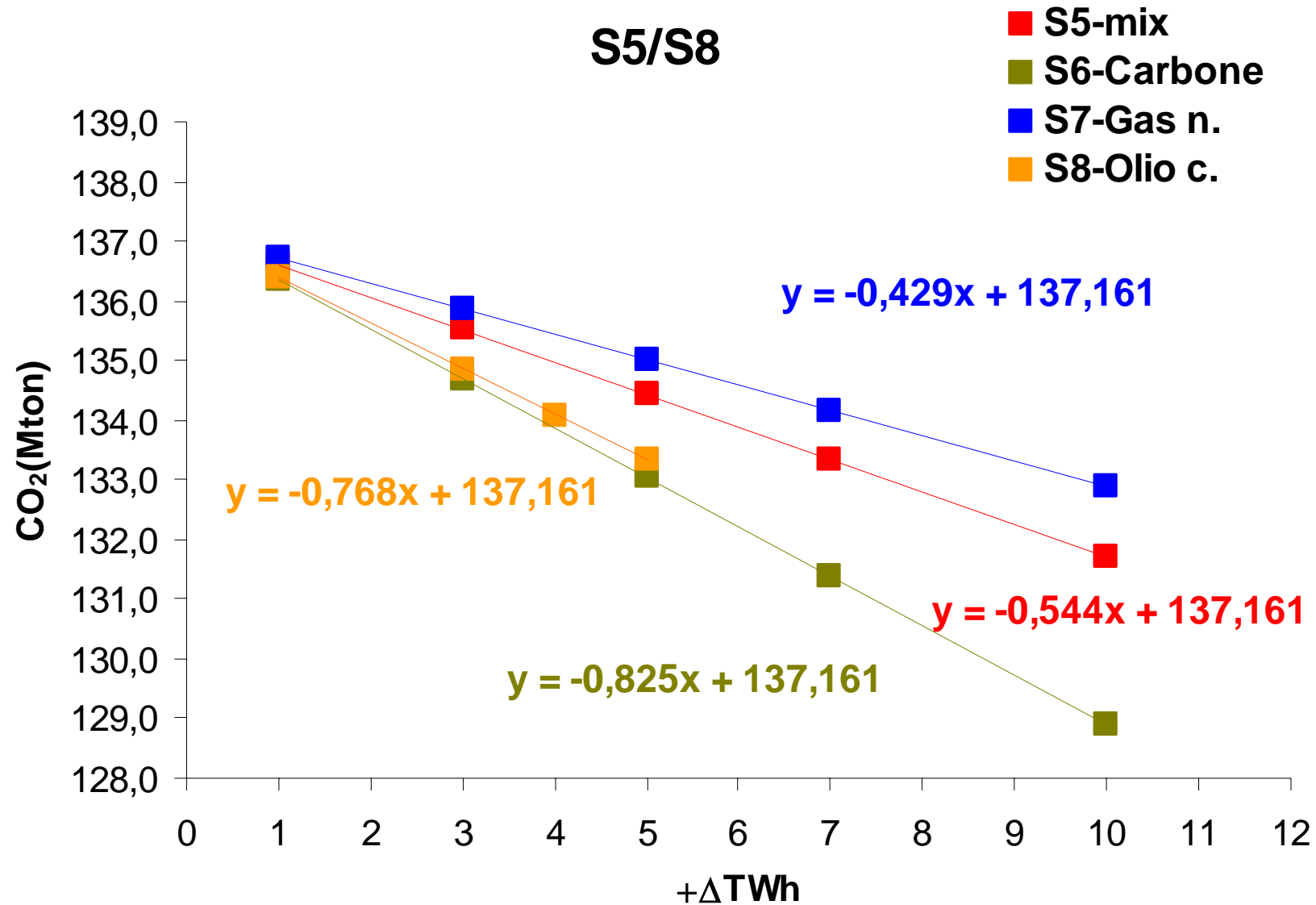
- **S1:** singola FER in sostituzione di mix fossile
- **S2:** singola FER in sostituzione di carbone
- **S3:** singola FER in sostituzione di gas naturale
- **S4:** singola FER in sostituzione di olio combustibile

- **S5:** mix di FER in sostituzione di mix fossile
- **S6:** mix di FER in sostituzione di carbone
- **S7:** mix di FER in sostituzione di gas naturale
- **S8:** mix di FER in sostituzione di olio combustibile

Fonti rinnovabili per la produzione elettrica

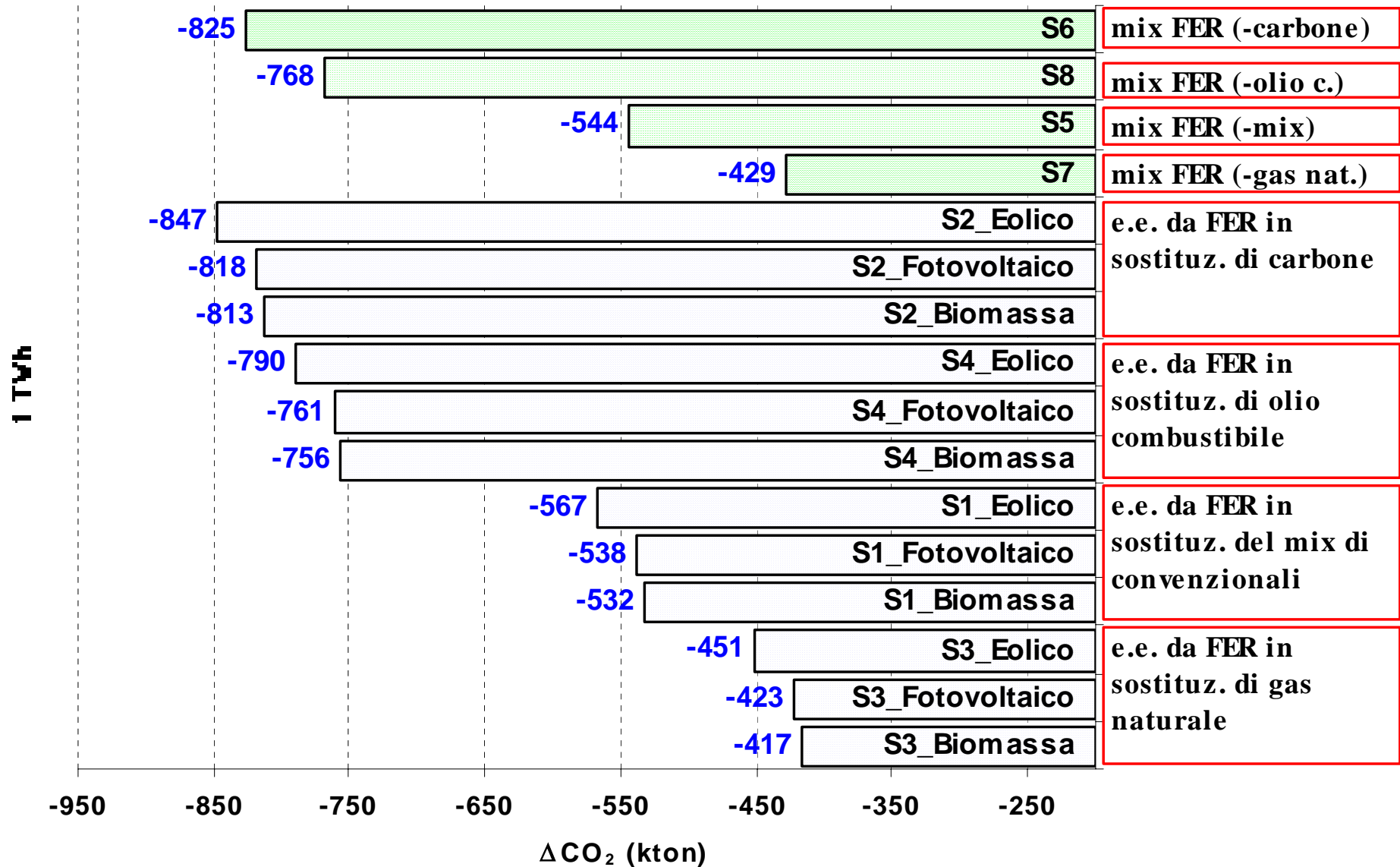


Fonti rinnovabili per la produzione elettrica



Fonti rinnovabili per la produzione elettrica

CO₂eq. Evitata



Potenziale di riduzione delle emissioni con utilizzo di energia eolica

Eolico su terraferma

Università di Utrecht (1993):
69 TWh

-39,1 (-31,2) MtCO₂ (sost. Mix fossile)

-54,5 (-46,9) MtCO₂ (sost. Olio Comb.)

-58,4 (-54,4) MtCO₂ (sost. Carbone)

Flussi di carbonio dovuti alle attività umane (*Sink* biologici)

Flussi diretti di Carbonio

Consumo di combustibili fossili e produzione di cemento
($6,4 \pm 0,4$ Pg/anno)

Cambiamento dello sfruttamento del terreno, deforestazione tropicale
($1,7 \pm 0,8$ Pg/anno)

Flussi indiretti di Carbonio

Flusso di C dall'atmosfera agli oceani
($1,7 \pm 0,5$ Pg/anno)

Assorbimento nella vegetazione tropicale
($1,9 \pm 1,3$ Pg/anno)

Assorbimento nella vegetazione temperata e boreale
($1,3 \pm 0,9$ Pg/anno)

Incremento netto di carbonio nell'atmosfera
($3,2 \pm 0,1$ Pg/anno)

39,5%

Potenzialità e costi di mitigazione dei sink

fino al 2050 (IPCC, 2001)

- 83-131 PgC
 - 0,1-20 \$/tC in paesi tropicali (benefici se < del costo del C)
 - 20-100 \$/tC in paesi sviluppati

Conclusioni

- Interventi di ottimizzazione tecnologica a breve termine
(es. riduzione dei gas emessi dalle valvole dei compressori)
- Sfruttamento delle potenzialità delle fonti rinnovabili e dei sink biologici
(es. riforestazione, afforestazione, deforestazione evitata)
- Attività di ricerca (modellistica e sperimentale) per metodologie come la CCS caratterizzate da margini di incertezza ambientali ed economici