

## CAPITOLO VIII

### MISURE PER IMPEDIRE, RIDURRE E COMPENSARE GLI EFFETTI NEGATIVI SULL'AMBIENTE

#### VIII.1 Sintesi degli indicatori di alterazione ambientale delle diverse fonti di Energia

È stato già ricordato che l'Energia è un'entità non materiale, o almeno, non dotata di massa inerziale, ma intrinsecamente legata alla materia; anche la Radiazione solare, la luce, a cui la Teoria Fisica ancora attribuisce massa inerziale nulla, è l'esito della fusione dell'Idrogeno che si "consuma" nel nucleo del Sole che produce Elio ed atomi più complessi. Qualunque sia la fonte di Energia, essa è sempre legata alla materia ed allo spazio fisico del Pianeta; pertanto l'estrazione di Energia da qualunque fonte comporta sempre processi che causano un'alterazione di massa e di materia dell'Ambiente ed una occupazione e una modifica di porzioni di spazio e superficie dell'Ambiente; pertanto non è concepibile un processo di estrazione, captazione, conversione, trasporto ed uso dell'Energia che abbia Alterazioni dell'Ambiente nulla (condizioni in cui tutti gli indicatori di pressione e di impatto ambientale abbiano valore zero).

Infatti abbiamo definito l'Uso Razionale dell'Energia (URE) come l'insieme di processi, azioni e comportamenti che "minimizzano l'Alterazione Ambientale", non essendo fisicamente possibile rendere "nulla" l'Alterazione.

Al fine di poter valutare l'azione sull'Ambiente delle diverse fonti e tecnologie, onde poter scegliere quelle che sono suscettibili di produrre una risposta migliorativa sull'Ambiente, le analizziamo in dettaglio e cerchiamo di dare a ciascuna fonte ed a ciascuna tecnologia utilizzabile un valore di merito quantitativo (anche se soggettivo, finché non è previsto da una norma accettata).

Esemplificando a scopo di chiarezza; elenchiamo le principali alterazioni legate alle diverse fonti di Energia.

E' evidente che le *Fonti Fossili di Energia* (carbone, petrolio, gas) causano alterazione di diverso tipo:

- a) nei luoghi di prelievo: le miniere di carbone, i pozzi di petrolio causano alterazione del sottosuolo e del soprasuolo; modifica delle condizioni statiche e dinamiche della crosta terrestre, subsidenza del suolo;
- b) nel trasporto, quando una nave petroliera naufraga inquinando il mare e la costa;
- c) con i residui effluenti dalla combustione come polveri, ceneri, fanghi ed emissioni di gas nocivi ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) sono tutte alterazioni dei flussi di massa e materia naturali;
- d) gli impianti di conversione come le raffinerie di petrolio e le centrali termoelettriche occupano il suolo e richiedono strade e porti;
- e) la trasmissione dell'Energia altera l'Ambiente con le infrastrutture di trasporto: gasdotti; oleodotti, elettrodotti, aerei poco eleganti, reti di teleriscaldamento.
- f) Riversare nell'Ambiente l'Energia della combustione causa l'alterazione termodinamica di 1° Principio dell'ambiente locale e globale;
- g) Causa alterazione termodinamica del 2° Principio dovuto alla non reversibilità dei processi.
- h) Causa alterazione riconducibile al 4° Principio perché i materiali usati perdono potenzialità di utilità.

Anche le *Fonti di Energia Rinnovabili* causano alterazioni ambientali.

- α) la captazione di Energia solare, diversa dal processo naturale di fotosintesi, richiede di ricoprire l'area del suolo naturale con superfici metalliche o vetrose di tipo non vegetale (campi di captatori solari termici, o fotovoltaici, o specchi concentratori), se l'impianto solare è in aperta campagna può richiedere la realizzazione di un elettrodo di alta tensione.
- β) Gli impianti eolici modificano debolmente il suolo e il "paesaggio"
- γ) Gli impianti a biomassa modificano il manto vegetale
- δ) Gli impianti idrici modificano le valli e gli equilibri idrogeologici.
- ε) l'uso dell'Energia solare non altera il bilancio termodinamico del Pianeta.

La tabella VIII.1 riassume i principali fattori di Alterazione Ambientale che chiamiamo "Indicatori di pressione e di impatto sull'Ambiente" legati alle diverse fonti di Energia ed alle diverse tecnologie di utilizzo.

Il simbolo (>) significa Impatto esistente con valore maggiore di zero significativo; il simbolo (>>>...) significa indicatore di impatto elevato; il simbolo (0) significa indicatore di impatto I = 0.

È importante distinguere almeno due tipologie di Alterazione Ambientale (o impatto ambientale)

- 1) alterazioni fondamentali: alterazioni chimico-fisiche, idrologiche, geologico-geofisiche, della Biosfera (biodiversità vegetale e animale), astronomiche (alterazioni dei parametri astronomici del Pianeta o del Sistema solare).
- 2) alterazioni estetico-paesaggistiche costituite da modifiche superficiali del profilo del suolo, modifiche estetiche dovute a sovrastrutture rimuovibili.

Inoltre bisogna distinguere:

- a) Impatto reversibile,
- b) Impatto irreversibile.

Dalla tabella degli Indicatori di Impatto si vede "a colpo d'occhio" che le fonti di Energia fossili (FEF) hanno fattori di Alterazioni sia ambientale "sostanziale", sia "estetico-paesaggistica" in prevalenza maggiori di zero.

Si noti che l'Impatto "sostanziale" di tipo chimico-fisico-biologico è di tipo irreversibile per effetto delle leggi della Termodinamica.

Così come si vede che le fonti rinnovabili FER hanno un impatto "sostanziale" di piccola entità (le centrali termoelettriche a biomassa) ma presentano "impatto estetico-paesaggistico" significativo ma di tipo reversibile.

Dalla tabella si può notare che l'uso dell'Energia solare nelle strutture civili, che normalmente è inserita nel contesto delle strutture edilizie e industriali, ha Indicatore di impatto estetico-paesaggistico zero unitamente all'impatto "sostanziale ambientale" pari a zero; pertanto questa modalità di impiego dell'Energia solare è da privilegiare soprattutto nel settore residenziale, terziario e della piccola industria.

(vedi a fine testo la Tab.VIII.1 Indicatori di Pressione e di Impatto per le diverse fonti e tecnologie d'uso dell'Energia).

## **VIII.2- Le Misure per impedire o mitigare gli effetti "negativi" sull'Ambiente**

Quando gli effetti sono riferiti al prelievo della fonte hanno un limite "inferiore": lo spazio nel luogo di prelievo viene necessariamente alterato, questo effetto è rappresentato dall'indicatore di impatto detto "impronta ecologica", ma come si vede dalla tabella gli effetti sull'Ambiente possono essere di diverso tipo, anche più sostanziale.

Si può agire per minimizzare o compensare gli effetti negativi sull'Ambiente.

Queste “misure” o azioni sono diverse per le diverse fonti di Energia, per i diversi processi di conversione e uso per i diversi settori di impiego (Industria, agricoltura, civile, trasporti).

Con riferimento al Piano proposto ed allo Studio per il PEARS specifichiamo nel seguito come per le diverse fonti di Energia (FEF e FER), nei diversi settori di impiego sono state proposte o adottate “misure-azioni” per impedire compensare effetti negativi sull'Ambiente.

### ***VIII.2.1- Settore industriale. Misure di riduzione di Impatto***

Individuiamo per opportunità di metodo due categorie principali:

- a) processi industriali generali il cui scopo è di produrre un bene finale non energetico (inclusa l'agroindustria alimentare)
- b) industrie il cui scopo è produrre un bene di tipo energetico (fluidi o solidi o aeriformi combustibili, Energia elettrica, fluidi caldi o freddi, inclusa la biomassa per uso energetico).

#### ***VIII.2.1.1- Processi industriali generali***

possono ricondurre l'effetto sull'Ambiente imputabile all'uso di Energia applicando l'analisi energetica ed exergetica e individuando metodi di “uso razionale” adeguati, modificando o sostituendo i processi produttivi.

Ogni prodotto finito nasce da una materia prima, subisce processi di trasformazione che assorbono Energia e producono emissioni verso l'Ambiente, vengono utilizzati durante la loro “vita utile”, poi vengono dismessi e possono “morire” terminando come rifiuto che può causare danno all'Ambiente.

Per individuare le misure atte a ridurre il danno all'Ambiente (in generale, non solo quello connesso all'Energia) è necessario analizzare “tutto il ciclo vitale del prodotto dalla nascita alla morte” mediante metodologie come il “Life Cycle Assessment” (LCA) o “valutazione del ciclo di vita”.

In generale il problema è complesso e concerne sempre l'uso razionale delle materie prime esauribili e l'uso razionale dell'Energia; il metodo LCA consente di valutare sia gli effetti ambientali dei materiali usati, sia quelli dovuti all'Energia usata.

Una soluzione che il metodo LCA consiglia per ridurre il danno ambientale è il “riciclo o riuso” del materiale alla fine della vita utile, risparmiando così sia le materie prime (esauribili), sia la risorsa energetica (pure essa esauribile) già impiegati nel 1° ciclo di vita.

Ad esempio riciclare i contenitori di Alluminio, di vetro, di plastica, etc... comporta sia una riduzione del prelievo dei minerali primari, sia una riduzione del fabbisogno di Energia di processo e delle emissioni nocive connesse.

#### **a) Un esempio importante per l'industria di Sardegna è l'analisi LCA dell'Alluminio.**

Il risultato principale si può così riassumere:

- si parte dalla miniera di bauxite
- si estrae l'Allumina e si riversano sull'ambiente i fanghi rossi
- L'Allumina viene trattata con processi di elettrolisi, forti assorbitori di Energia elettrica, e si estrae l'Alluminio
- seguono i processi di lavorazione dell'Alluminio
- si ha il risultato che per ottenere 1 kg di Al sono necessari  $5 \div 6$  kg di petrolio (oppure  $7 \div 9$  kg di carbone).  
dalla combustione di 5 kg di petrolio ( o 8 di carbone) vengono emessi CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, polveri etc...

Si può concludere che i due principali indicatori di impatto ambientale del processo di produzione di Al sono (vedi Cap. VI- Costruzione degli indicatori):

Indicatori di Energia

$$I_E Al \cong \frac{60kwh}{kg \cdot Al}; \text{ ovvero } I_E = 5kg \cdot \frac{petr}{kgAl} = 8 \text{ kg di carbone}$$

Indicatori di fanghi rossi prodotti dalla lavorazione della bauxite per estrarre l'allumina

$$\left( I_{fr} \left[ \frac{kgfr}{kgAl} \right] \right) = m_{fr}$$

Indicatori di emissione della produzione di CO<sub>2</sub> dell'Al dalla miniera al prodotto finale:

$$I_{CO_2} = 25 \frac{kg CO_2}{kgAl};$$

Con buona approssimazione si può dire che per ciascun kg di "Al" riciclato si ha una riduzione dell'Impatto ambientale dello stesso ordine di grandezza degli "indicatori di impatto" I<sub>Al</sub> sopra riportati. Tenendo conto delle irreversibilità anche il riciclo produce CO<sub>2</sub> non trascurabile per via del trasporto, purificazione, fusione:

$$\left( \Delta I_{CO_2} \right)_{riciclato} = 5 \frac{kg CO_2}{kgAl};$$

la CO<sub>2</sub> evitata si può stimare pari a:

$$\left( \Delta I_{CO_2} \right)_{evitata} = 20 \frac{kg CO_2}{kgAl};$$

Una risposta come misura per ridurre le emissioni dovute ad Al è la eliminazione della vendita "usa e getta" l'emissione evitata è  $\left( \Delta I_{CO_2} \right)_{Al}$  valore totale.

La sostituzione di un infisso di legno all'alluminio comporta un assorbimento di 1,4 kgCO<sub>2</sub> dall'aria per ogni kg di legno:

$$\left( I_{CO_2} \right)_{legno} = -1,4 \text{ kg } CO_2 / \text{kg legno}$$

il benefico per l'Ambiente è evidente: si ha una riduzione delle emissioni di (1,4+25) kg CO<sub>2</sub>/kg legno.

Di questo fatto è importante tenere conto nelle norme per la "certificazione energetica degli edifici" (Dlgs 192-2005 e s.m.).

## b) Misura di sostituzione del metano al petrolio

Un'altra misura di riduzione dell'Impatto è costituita dalla sostituzione del metano al petrolio nell'alimentazione dei processi industriali che richiedono Energia termica (ad es. l'industria del laterizio o della ceramica, delle piastrelle, l'industria casearia, conserviera in generale, le concerie e le lavanderie,...); infatti a parità di energia termica prodotta il metano ha una emissione di CO<sub>2</sub> circa metà rispetto al petrolio perché ha un rapporto H/C pari a 4/1. non si dimentichi che sono pressoché nulle anche le altre emissioni nocive come SOx e metalli e polveri.

### c) Produzione di Energia elettrica con i collettori solari FV

Quando si tratta di piccoli impianti di auto-produzione al servizio diretto di un processo industriale consideriamo questi servizi come esterni al comparto di generazione elettrica. Perciò consideriamo come misura di riduzione una produzione di Energia elettrica con i collettori solari FV con scambio sul posto (almeno nel campo delle potenze medio piccole < 20 kW integrando i collettori nelle strutture dell'edificio industriale).

Questa misura di introduzione di una frazione di produzione elettrica dall'Energia solare con i pannelli FV è incentivata dal Decreto del MAP del 28 luglio 2005 e successive modifiche e può essere ulteriormente incentivato fino al 20% dell'importo in conto capitale con fondi regionali.

Definiamo un Indicatore FV per l'industria "non energivora" cioè escludendo il settore metallurgico

$$(I_{FV})_{PMI} = \frac{En \cdot El \cdot FV}{DomandaElettr.PMI} \left[ \frac{kwh \cdot FV}{kwh \cdot T \cdot E} \right]$$

questo indicatore corrisponde una riduzione dell'indicatore di impatto:

$$(I_{CO_2})_{PMI} \div \text{nel 2010} \quad \Delta(I_{CO_2})_{PMI} = (I_{CO_2})_{2005}^{PMI} - 0,72 E_{FV}$$

abbiamo applicato alla produzione elettrica il coefficiente (o indicatore di pressione di CO<sub>2</sub>) stimato per il comparto elettrico di base per l'anno 2010 (vedasi lo "Studio" Cap. XXIV).

#### VIII.2.1.2- Industrie di conversione dell'Energia

In generale nelle condizioni tecnologiche attuali tutte le tecnologie dei processi di conversione di Energia, come le centrali elettriche, possono aver utilizzato nel corso della loro esistenza delle dosi di combustibili fossili, pertanto non sono esenti dalle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Anche gli impianti eolici o solari possono contenere parti costruite utilizzando Energia di fonti fossili, pertanto anche se non producono CO<sub>2</sub> durante il loro funzionamento possono essere stati causa di emissione di CO<sub>2</sub> in alcune fasi della loro "vita".

Per comparare gli effetti reali sull'Ambiente (esclusi quelli di carattere estetico—paesaggistico) dei diversi sistemi di generazione di Energia Elettrica o termica è necessario utilizzare il metodo LCA (Life Cycle Assesment: valutazione del ciclo di vita di ciascun impianto), dalla nascita dei materiali grezzi di miniera, alla vita di funzionamento, alla dismissione finale.

Il metodo di analisi può valutare le emissioni dirette ed indirette causate non solo la CO<sub>2</sub>, ma anche SO<sub>2</sub> NO<sub>x</sub>, COV, polveri, fanghi, etc...

Per semplicità si dà prevalente importanza alle emissioni di CO<sub>2eq</sub> perché è l'Indicatore caratterizzante la sostituzione di impianti vecchi con quelli moderni ad alta efficienza NGCC, o la sostituzione degli impianti a combustibili fossili con impianti a FER. Poiché uno dei fattori di alterazione dell'Ambiente più preoccupante è l'alterazione termodinamica – climatica del Pianeta, la scelta delle fonti di Energia e della struttura del sistema elettrico regionale deve essere orientata a perseguire obiettivi del Protocollo di Kyoto. A questo scopo è utile confrontare i valori di due diversi Indicatori di pressione che derivano dall'applicazione dello strumento di analisi LCA alle diverse tipologie di impianto di generazione elettrica:

- 1) Indicatore "investimento energetico e tempi di restituzione" ( Energy payback- Energy payback time);
- 2) Indicatore di emissione totale di CO<sub>2</sub> ripartita nella vita di funzionamento dell'impianto.

Le memorie delle ricerche nel settore riportano i valori di questi “Indicatori di pressione” per i principali impianti di generazione di elettricità.

Poiché si vede che gli impianti che hanno il minor tempo di ammortamento energetico e il minor indicatore  $I_{CO_2}$  sono gli impianti a FER, se ne deduce che per contribuire al conseguimento dell’obiettivo di Kyoto” la Sardegna non solo deve puntare a migliorare l’efficienza degli impianti termoelettrici a carbone e petrolio, ma deve prevedere la utilizzazione degli impianti a FER: a) impianti a energia eolica; b) impianti elettro-solari; c) impianti a biomassa. Anche gli impianti idroelettrici possono dare un ulteriore contributo, ma piccolo perché i bacini e i salti più produttivi sono già sfruttati, restano da sfruttare interventi di “mini-micro idroelettrici”, la produttività idroelettrica è comunque limitata dalla caratteristica climatica di semi-aridità della Sardegna.

***Analizziamo ora le misure di protezione adottabili per ridurre o compensare gli effetti sull’Ambiente prodotti dal Sistema termoelettrico a combustibili fossili.***

1. Adottare le migliori tecnologie per bloccare  $SO_x$  ed  $NO_x$ , ma non sono ancora praticabili la cattura di  $CO_2$  con immissione nel sottosuolo.
2. Aumentare il rendimento di nuovi impianti da installare (impianto integrato miniera Sulcis- centrale; eventuali impianti nuovi Endesa) adottano centrali a ciclo ipercritico con rendimento globale intorno a 0,45.

Installare centrali elettriche alimentate da FER che sono esenti da produzione di  $CO_2$  diretta durante il funzionamento.

Ad esempio nella nuova centrale a letto fluido dell’Enel si può introdurre legno macinato misto al carbone per avere una riduzione della emissione di  $CO_2$  esterna al ciclo atmosferico (attualmente Sulcis 2 a letto fluido utilizza circa 70 kton/a di biomassa).

***a) Compensazione degli effetti negativi immediati - Impianto a biomassa per produrre energia elettrica***

Si osservi che la biomassa arborea utilizzata con gli impianti di forestazione o riforestazione comporta una definitiva rimozione di  $CO_2$  dall’aria, perciò espressamente previsti come misure di compensazione dal protocollo di Kyoto e dal Piano di Azione nazionale per la riduzione delle emissioni (vedi Cap.I dello Studio); mentre la combustione della biomassa arborea produce soltanto una neutralizzazione (o stabilizzazione oscillante) delle emissioni di  $CO_2$  del sistema energetico.

Si tenga conto inoltre che l’uso della biomassa per produrre calore a temperature medio-basse, come nei focolari, ha un basso rendimento exergetico; poiché uno degli obiettivi esogeni fissato dalla UE è raggiungere il 25% di produzione elettrica da FER, la biomassa deve essere meglio usata con alta efficienza exergetica per produrre Energia elettrica.

Si consegue il più alto contributo positivo per l’Ambiente se si realizza un impianto di cogenerazione Elettricità-Calore, massimizzando così il rendimento energetico si riduce il ricorso ai combustibili fossili per le abitazioni con una maggior riduzione delle emissioni di  $CO_2$ .

Se si considera come Indicatore di pressione sull’Ambiente  $I_{CO_2-(carb.)}$  e la emissione di  $CO_2$  degli impianti termoelettrici a carbone, utili al fine di conseguire l’obiettivo di stabilità socio-economica e l’obiettivo di autonomia energetica, l’impianto termoelettrico a cogenerazione costituisce un “Indicatore di Risposta”  $I_{R(CO_2-biom.)}$  che riduce e compensa in parte gli effetti dell’uso del carbone.

Si deve inoltre ricordare che la *centrale elettrica a biomassa* produce altre emissioni nocive che devono essere controllate: NO<sub>x</sub>, COV, polveri, ceneri, e talvolta piccole emissioni di diossine.

La localizzazione delle centrali elettriche a biomassa nelle aree industriali complesse ha "Impronta ecologica" piccola e potendo dare luogo ad impianti a cogenerazione ha "l'indicatore di risposta" come riduzione delle emissioni ΔI<sub>CO2</sub> più grande cioè più favorevole.

La biomassa assorbe CO<sub>2</sub> dall'atmosfera, pertanto una misura per ridurre l'effetto negativo della CO<sub>2</sub> emessa nell'aria dai combustibili fossili si può realizzare con la creazione di nuove foreste; l'indicatore di vantaggio nel periodo di crescita della foresta è dato da:

$$(I_{CO_2})_{biom} = -14 \frac{ton}{axha}$$

### ***b) Compensazione degli effetti negativi sull'Ambiente mediante impianti a Energia eolica e solare***

Il comparto di generazione elettrica deve assolvere diversi compiti, perseguendo una pluralità di obiettivi che talvolta non sono coerenti con la tutela dell'Ambiente.

Scopo del PEARS è programmare lo sviluppo del sistema di generazione elettrica in modo che i diversi obiettivi siano conseguiti in coerenza con l'obiettivo di minimizzare l'alterazione Ambientale.

Richiamiamo gli obiettivi definiti nel Cap. I di questo R.A.:

- 1) contribuire all'obiettivo socio-economico dello sviluppo occupativo della forza lavoro nel Sulcis;
- 2) contribuire all'autonomia energetica della Sardegna (dell'Italia e della UE) con le fonti interne fossili; con le fonti interne rinnovabili (25% di Energia elettrica da FER);
- 3) soddisfare la domanda di Energia elettrica della Sardegna in condizioni di sicurezza e nel rispetto del libero mercato e contenendo i costi di produzione;
- 4) ridurre le emissioni nocive secondo gli obiettivi del Protocollo di Goteborg e del Protocollo di Kyoto
- 5) minimizzare l'alterazione paesaggistica.

#### ***Le risposte:***

all'obiettivo 1): sviluppare la produzione della miniera del carbone Sulcis e la sua utilizzazione con impianti termoelettrici ad alta efficienza e riduzione delle emissioni.

all'obiettivo 2): lo sviluppo secondo l'obiettivo 1) ed inoltre sviluppare l'utilizzo delle FER endogene (idraulica, eolica, solare, biomassa);

all'obiettivo 3): sviluppare la produzione di Energia elettrica e la potenza di riserva, installazione del SAPEI, seguendo norme GRTN per la sicurezza e l'equilibrio della rete;

all'obiettivo 4): appare difficoltoso rispetto all'obiettivo 1) e 2) per la parte relativa al carbone; è necessario ridurre la domanda con azioni di URE.

È necessario sviluppare gli impianti a FER nella prospettiva del lungo termine per ridurre l'utilizzo del carbone; per armonizzare con gli obiettivi 1) e 2) è necessario che l'Energia elettrica prodotta dalle FER vada in sostituzione della produzione termoelettrica da carbone estero e petrolio; tenendo conto che l'impianto Sarlux del Tar ha priorità nel dispacciamento fino al 2020.

Questo si ottiene con una opportuna regola di priorità nel dispacciamento tra gli impianti a FER e il Carbone Sulcis e il tar della Sarlux.

Sviluppare le centrali a metano ad alta efficienza NGCC che possono entrare in funzione dopo il 2010-11.



**Per minimizzare l'alterazione estetica paesaggistica** è opportuno che tutti gli impianti di generazione elettrica vengano realizzati dentro o nei pressi di aree già alterate e compromesse da recuperare o dentro le aree industriali esistenti.

Il Piano Paesaggistico Regionale all'art 112 delle NTA e la Legge Regionale n.2 del 29 maggio 2007 (art.18) dettano la disciplina per l'inserimento degli impianti eolici; la Deliberazione n. 28/56 del 26 luglio 2007 detta il regolamento particolareggiato per l'inserimento paesaggistico ed ambientale degli impianti ad energia eolica; la delibera 28/56 detta anche norme sulla ubicazione possibile degli impianti ad energia solare fotovoltaici.

Gli Impianti solari FV, oltre che sul tetto degli edifici (ove consentito dal PUC), possono essere installati nelle aree industriali, nelle aree di cave o discariche di proprietà di enti pubblici.

Onde limitare l'impronta ecologica degli impianti FV la deliberazione 28/56 pone il limite all'area lorda occupabile dall'Impianto FV compresa tra 2% per area industriale superiore a 100 ha a 4% per area industriale inferiore a 50 ha.

Ad esempio un impianto termoelettrico a biomassa è positivo rispetto agli obiettivi di Kyoto, ma se è costruito in campo aperto in area agricola causa una "ferita" sul territorio, causa l'apertura di una nuova piccola area industriale in "aperta campagna".

Si dice che l'indicatore di pressione "impronta ecologica" dell'impianto in aperta campagna è elevata, 12 ha (tenuto anche conto del piazzale di manovra e accumulo del legame, oltre alle strade di accesso, se non esistenti).

*La misura di riduzione* degli effetti paesaggistici che il PEARS adotta per ridurre l'Impronta ecologica è la sistemazione dell'impianto in un'area industriale esistente.

Un altro indicatore di pressione che può essere ridotto è  $I_{CO_2}$ ; se l'impianto è in terra ferma interna  $I_{CO_2}$  è maggiore rispetto al caso dell'impianto in zona costiera; infatti un impianto termoelettrico condensato ad aria ha rendimento 25÷28%, mentre se è in riva al mare con condensatore ad acqua può avere rendimento 35÷40%, pertanto il rapporto:

$$I_{CO_2} \text{ (cond. Acqua)} / I_{CO_2} \text{ (cond.aria)} = 0,28/0,40 = 0,70;$$

è una misura della riduzione dell'impatto dovuto a  $CO_2$  che si consegue se si adotta la costruzione della Centrale termoelettrica a biomassa in riva al mare anziché in area interna.

Per questo il PEARS prevede che due impianti da 40 MWe siano in riva al mare (Area industriale Oristano-S. Giusta, Arbatax).

Anche un impianto solare FV è positivo rispetto agli obiettivi di Kyoto e di Goteborg, ma se è costruito in campo aperto in area agricola causa una "ferita" sul territorio, infatti l'area agricola occupata è dell'ordine di 20.000 m<sup>2</sup> per 1000 kWp; cioè utilizzando l'indicatore di pressione "Impronta ecologica" specifica:

$$(I_{ec})_{iv} = (2 \text{ ha})/MWp$$

cioè 20.000 m<sup>2</sup> di prato modificati dal punto di vista estetico a strisce chiare e nere; una impronta ecologica molto maggiore degli impianti a biomassa e degli impianti eolici. Perciò la misura di mitigazione possibile è pressoché una sola, installare i collettori FV sui tetti delle aree urbane e delle aree industriali, pensiline e simili o su aree degradate da recuperare.



### VIII.2.2 Misure per impedire o ridurre gli effetti negativi sull'Ambiente per il settore civile

Il PEARS proposto prevede nel paragrafo II.1 uno specifico "Programma di uso razionale e di risparmio di Energia nel settore civile".

Il settore civile è responsabile di una quota significativa del fabbisogno annuo di Energia come si vede dalla tab. VIII.2, pertanto sulle utenze di questo settore è stata fatta una analisi dettagliata nello "Studio" per individuare gli interventi di razionalizzazione possibili.

Fabbisogno Settore Civile [GWh/a]					
Energia Elettrica		Energia Termica		Energia Totale	
Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario
2179	2025	281 ktep (al 2001)			

**Tabella VIII.2-** "Indicatori di stato di Energia" relativi al settore civile messi in luce dallo "Studio".

Nel cap. XV dello "Studio" è dimostrato che uno spreco notevole di Energia primaria è imputabile all'uso improprio dell'Energia elettrica per l'acqua calda per uso igienico (Acqua Calda Sanitaria=ACS); questo uso improprio di Energia elettrica pari a 80 ktep causa la combustione di circa 240 ktep di prodotti petroliferi e carbone che producono emissioni dannose per l'Ambiente.

- Indicatore determinante dell'ACS con sistema elettrico = 80 ktep
- Indicatore di impatto ACS elettrica = 240 ktep

Con l'uso del gas combustibile in ogni edificio mediante lo scaldacqua a gas si può evitare la combustione di circa 150 ktep di combustibile nell'impianto termoelettrico ed annullare le emissioni nocive connesse con tale massa, valutabili con i valori degli indicatori di CO<sub>2</sub> del sistema elettrico regionale riportati nella tabella VIII.5:

$$\Delta(I_{CO_2})_{tot} = \text{massa di CO}_2 \text{ evitata} = 914.000 \text{ ton/a}$$

Tenuto conto degli "Indicatori di stato di Energia" relativi al settore civile messi in luce dallo "Studio" e riassunti nella tabella VIII.2, le principali *misure per ridurre gli effetti sull'ambiente* che si propongono nel PEARS sono di seguito elencate.

#### Misure per ridurre gli effetti sull'ambiente

##### a) Sub Settore residenziale

- Isolamento termico degli edifici esistenti secondo un piano di recupero in modo da ridurre il FEN limite come definito dal DPR 412\93 del 30%.
- Graduale conversione delle caldaie a gasolio con caldaie a gas (prima aria propanata, dopo il 2011 a metano) per la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, ed NO<sub>x</sub> e polveri.
- Progressiva sostituzione degli attuali scaldacqua elettrici con scaldacqua a gas (aria propanata, e dopo il 2011 a metano).
- Introduzione di incentivazioni per l'uso dei collettori solari combinati FV-termici per il riscaldamento dell'acqua sanitaria in combinazione con lo scaldacqua a gas per un'ulteriore riduzione della domanda di Energia primaria e la riduzione delle emissioni nocive di CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, ed NO<sub>x</sub>.

- Introduzione di norme regionali per rendere obbligatoria ed efficace la “certificazione energetica degli edifici”, intesa come certificazione del “Sistema edificio-impianti”, secondo la direttiva 2002\91\CE e Dlgs n° 192/2005 e n°. 311/2007.

- Nei villaggi turistici si propone di ottenere mediante normative incentivanti l’installazione di 4 m² di collettore solare termico e 8 m² (almeno 1 kW<sub>p</sub>) di collettore solare FV, utilizzando il Decreto del 25 luglio 2005 sulla incentivazione dello “scambio sul posto” di Energia elettrica.

Poiché la tariffa incentivante consente un ammortamento economico in circa 8 anni si ritiene possibile rendere obbligatorio l’inserimento dei collettori FV come condizione per ottenere la concessione edilizia.

#### b) **Sub settore terziario**

Le principali Misure di riduzione degli effetti negativi sull’Ambiente per il sub settore terziario adottate dal PEARS proposto sono brevemente descritte di seguito.

Nel Cap II, parag.2.1.2 del PEARS proposto sono previste diverse misure per ridurre gli effetti negativi sull’Ambiente.

L’attenzione è rivolta principalmente agli edifici pubblici di grandi dimensioni (ospedali, scuole, Università e Pubblica Amministrazione) ed alle strutture alberghiere ed ai grandi magazzini e commerciali.

La tab. VIII.3 riassume le entità delle diverse misure e di riduzione del fabbisogno di Energia nel sub settore terziario.

Anno	Indicatore tendenziale di Pressione Energia [GWh/a]		Indicatore di Risposta URE [GWh/a]		Indicatore di Risposta produzione FER [GWh/a]		Indicatore energetica di Riduzione [GWh/a]	
	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario
2005								
2010		2450		85		90		175
2014		2746		121		157	1252 (*)	278
(*)Per eliminazione degli scaldacqua elettrici								

**Tabella VIII.3-** Indicatori energetici di pressione e di risposta per analizzare le misure di riduzione e compensazione degli effetti negativi sull’Ambiente

L’indicatore di URE è pari a 85 GWh/a di Energia elettrica riferito al 2010 e pari a 120 GWh/a riferito al 2014.

L’indicatore di contributo delle FER (mediante sistema FV) è pari a 90 GWh/a nel 2010 e 157 GWh/a nel 2014.

L’indicatore di pressione energetica secondo lo scenario tendenziale è riportato nella tabella VIII.3.

L’indicatore di risposta URE attribuibile a nuove tecnologie.

L’indicatore di risposta FER dovuto all’uso di collettori solari termici e fotovoltaici.

Agli Indicatori energetici corrispondono gli Indicatori Ambientali di emissioni nocive clima-alteranti I(CO<sub>2</sub>) pure riassunti nella tabella VIII.4.

Come "Indicatore guida " consideriamo l'Indicatore di CO<sub>2</sub> emessa (come indicatore di pressione), ma la riduzione della domanda di Energia Elettrica comporta anche una riduzione delle emissioni acidificanti, SO<sub>x</sub>, ed NO<sub>x</sub>, di polveri e metalli pesanti. In particolare essendo in Sardegna l'Energia elettrica prodotta da Carbone la riduzione dell'indicatore I(CO<sub>2</sub>) comporta anche una riduzione di fanghi e ceneri e di consumo di calcare (con apertura di nuove cave) per la desolforazione dei fumi.

L'Indicatore di emissione di CO<sub>2</sub> (I<sub>CO2</sub>) è un indicatore di pressione; la Risposta è costituita dalla misura di ricorso alle FER e di URE e di risparmio nel settore civile e comporta una diminuzione della pressione di CO<sub>2</sub> sull'Ambiente espresso mediante l'indicatore di Risposta  $\Delta I_{CO2}$ .

ICO <sub>2</sub>	I <sub>CO2</sub> scenario Tendentiale		Indicatore Risposta Misure di URE $\Delta I_{CO2}$		Indicatore Risposta Misure di ricorso a FER $\Delta I_{CO2}$		Riduzione Totale $\Delta I_{CO2}$	
	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario	Residenziale	Terziario
	tonCO <sub>2</sub> /a	tonCO <sub>2</sub> /a		tonCO <sub>2</sub> /a		tonCO <sub>2</sub> /a	tonCO <sub>2</sub> /a	tonCO <sub>2</sub> /a
2005						04,8 · 10 <sup>3</sup>		
2010		01,764 · 10 <sup>6</sup>		- 61 · 10 <sup>3</sup>		- 64,8 · 10 <sup>3</sup>		129,8 · 10 <sup>3</sup>
2014		2,0 · 10 <sup>6</sup>		- 81,3 · 10 <sup>3</sup>		114,6 · 10 <sup>3</sup>	0,914 · 10 <sup>6</sup> (*)	203 · 10 <sup>3</sup>
(*) Riduzione dell'Indicatore di Impatto della CO <sub>2</sub> dovuta alla misura di URE di graduale eliminazione degli scaldacqua elettrici.								

**Tab. VIII.4-** Indicatori energetici di pressione e di risposta per analizzare le misure di riduzione e compensazione degli effetti negativi sull'Ambiente

Per valutare l'indicatore di pressione I<sub>CO2</sub> e la riduzione si adottano i valori di "emissione specifica " di CO<sub>2</sub> calcolati per lo sviluppo del sistema elettrico regionale (vedi tab. 11 del PEARS proposto) che consegue una riduzione dell'emissione specifica verso il 2014.

Anno	Emissione specifica kg CO <sub>2</sub> /kWh
2002	0,92
2004	0,89
2010	0,72
2014	0,73

**Tabella VIII.5 –** Evoluzione degli Indicatori di Programma di emissione di CO<sub>2</sub> del sistema elettrico della Sardegna secondo lo scenario principale proposto dal PEARS.

PRODUZIONE DI ENERGIA UTILE		INDICATORI DI PRESSIONE O DI IMPATTO AMBIENTALE														INDICATORIE ESTETICO_PAESAGGISTICO		
FONTI DI ENERGIA FOSSILI (FEF)	Fonti	Tecnologica	CHIMICO_FISICI				IDROGEOLOGICI			BIOLOGICI_ASTRONOMICI				Termod				
			CO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub>	PM	IDROSF	Sotto suolo	Sopra suolo	Flora	Fauna	Biodiv.	Astron.	1 °P	2 °P	Impatto orizz.	Flora	Impatto oriz. Vert.
	Carbone	Conven.	>>>>	>>>>	>>>>	>>>>	>	>>	>>	>	>	>	>	>	>	>>	>	>
		Ipercr.	>>>	>>>	>>>	>>>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>>	>	>
		IGCC	>>	>>	>>	>>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>>	>	>
		Sequestro CO <sub>2</sub>	>	>	>	>	>	>	?	0	0	0	0	>	>	>>	>	>
	Petrolio	Convenzionale	>>>	>>>	>>	>>	>>>>	>	>	>	>	>	>	>	>	>>	>	>
		Ipercritica	>>	>>	>	>	>>>>	>	>	>	>>	>	>	>	>	>>	>	>
	Gas Nat.	Convenzionale	>>	0	>>	>	0	>	0	>	>	>	>	>	>	>>	>	>
		NGCC	>	0	>	>	0	>	0	>	>	>	≈ 0	>	>	>>	>	>
		Celle a combustibile	>	0	>	0	0	>	0	0	0	0	≈ 0	>	>	>>	>	>
FONTI DI ENERGIA RINNOVABILI (FER)																		
	Idroelettrica	Acqua Fluente	0	0	0	0	>	0	>>	0	>	0	0	0	0	>	0	0
		Diga	0	0	0	0	>>>	>>>	>>>	>	>	0	0	0	0	>>>	>	>
	solare	Term. Civ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Termoel.	0	0	0	0	0	0	>	>	0	0	0	0	0	>>>>	>>	>
		FV-Civ.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		FV Ind.	0	0	0	0	0	0	≈ 0	>	0	0	0	0	0	>>>>>	>>	>
	Biomassa	Termico	0	0	>>	>>	0	0	0	>	>	>	0	0	0	0	0	0
		Termoel.	0	0	>>	>>	0	0	0	>	>	>	0	0	0	>>>>>	>	>
		Carbur.	0	0	>>	>>	0	0	0	>	>	>	0	0	0	>>>>>	>	0
	Eolica	mini	0	0	0	0	0	0	0	>	>	0	0	0	0	>>>>>>	>>>>	>
		Norm	0	0	0	0	0	0	0	>	>	0	0	0	0	>>>	>>	>>
		Mega	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	>>	>	>>>

**Tabella VIII.6 –** Indicatori di pressione o di impatto ambientale caratteristici dei processi di produzione di Energia utile. Valore relativo di effetto ambientale per ciascuna fonte e tecnologia di produzione elettrica.

## PROPOSTA DI SVILUPPO DELLA GENERAZIONE ELETTRICA

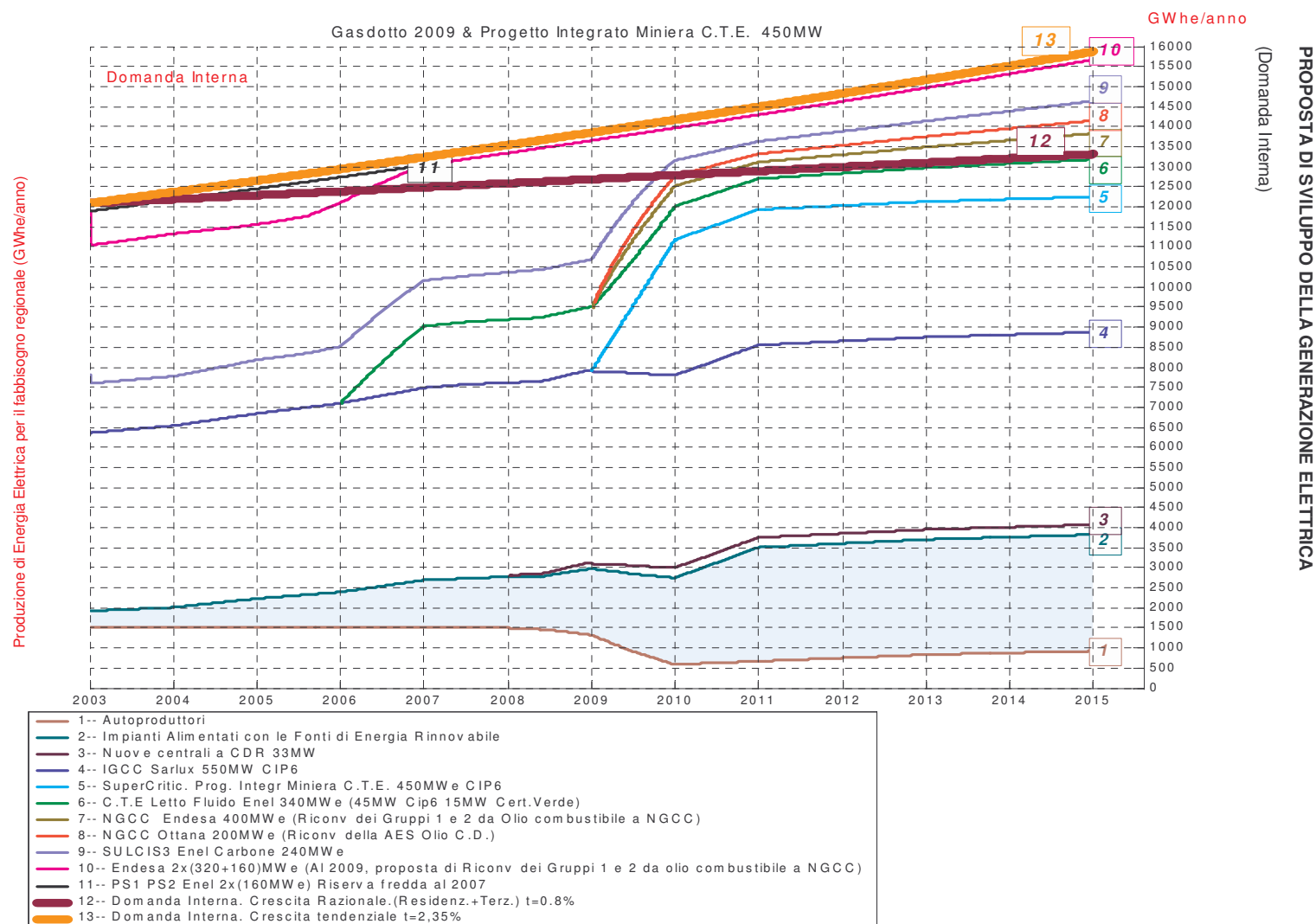


Figura 5. **Proposta di sviluppo della Generazione Elettrica** per la domanda interna. Prevalenza del Carbone: 1Mton/a Carbone Sulcis + 0.4Mton/a Carbone Estero. Progetto Integrato Miniera C.T.E. da 450MW con tecnologia idonea alla minimizzazione delle emissioni inquinanti e alla massimizzazione del rendimento energetico complessivo (gassificazione, ciclo supercritico o altro equivalente). Utilizzo del Gas Naturale con le centrali NGCC dal 2009.

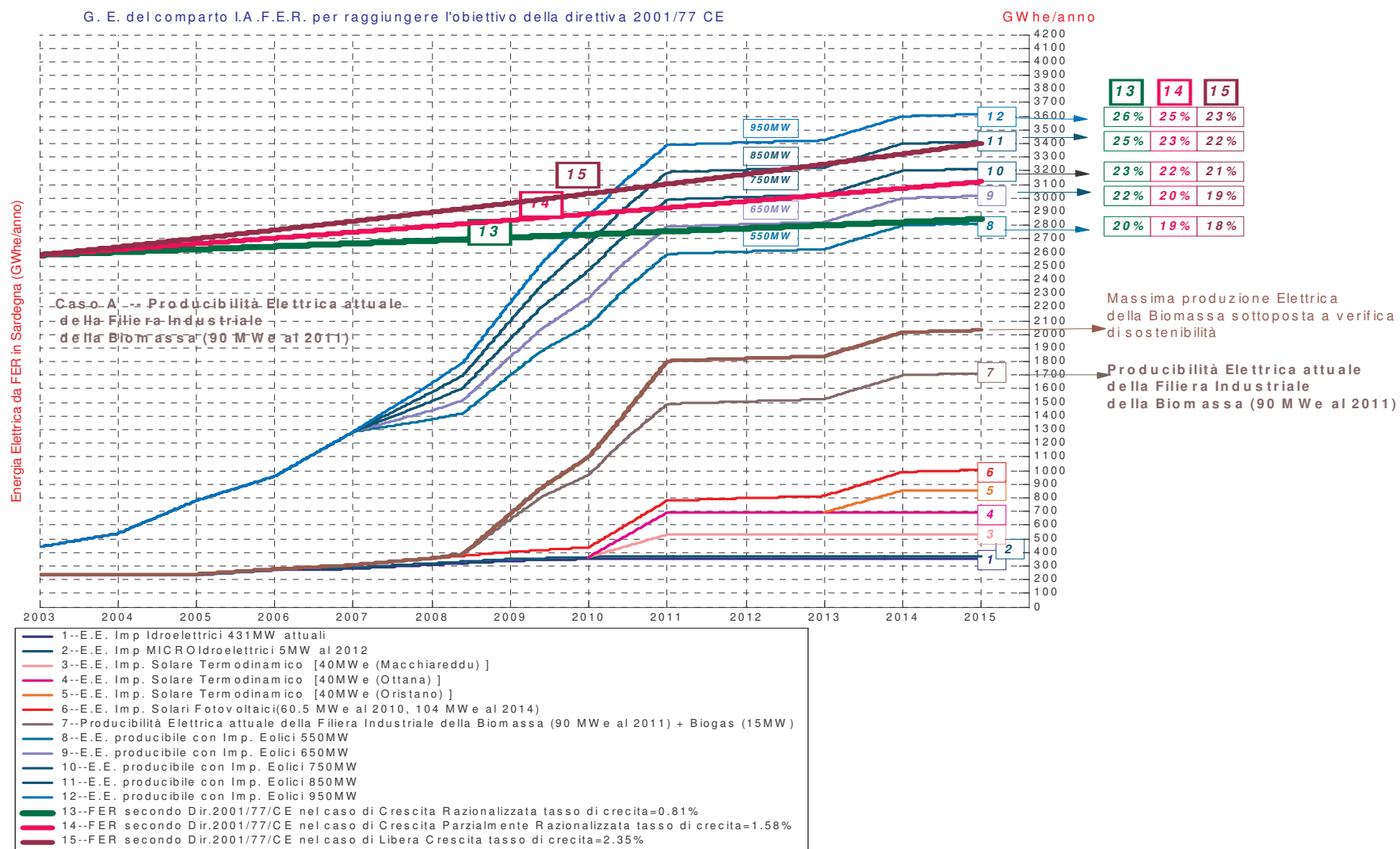


Figura 3. Scenari di Generazione Elettrica da FER. Diagramma cumulativo dell'Energia Elettrica producibile da FER per rispettare la Direttiva 2001/77/CE.  
 Caso A Produciibilità Elettrica attuale della Filiera Industriale della Biomassa (90 MWe al 2011)

Si riassumono nel seguente prospetto gli indicatori esibiti nel presente capitolo.

Simbolo	Unità di misura	Indicatore
$I_{EAl}$	kWh/kg Al	Indicatore di Energia del processo di produzione di Al
$I_{fr}$	Kg <sub>fr</sub> /kgAl	Indicatore di fanghi rossi prodotti dalla lavorazione della bauxite
$I_{CO_2}$	Kg <sub>CO2</sub> /kgAl	Indicatore di emissione della produzione di CO <sub>2</sub> dell'Al dalla miniera al prodotto finale
$(\Delta I_{CO_2})_{riciclato}$	Kg <sub>CO2</sub> /kgAl	Indicatore di riduzione impatto Al riciclato
$(\Delta I_{CO_2})_{evitata}$	Kg <sub>CO2</sub> /kgAl	Indicatore CO <sub>2</sub> evitata
$I_{CO_2 \text{ legno}}$	Kg <sub>CO2</sub> /kg <sub>legno</sub>	Indicatore riduzione emissioni con infisso in legno
$(I_{fv})_{PMI}$	Kwh FV/kWh T.E.	Indicatore FV per l'industria "non energivora" (cioè escludendo il settore metallurgico )
$(I_{CO_2})_{biomassa}$	ton <sub>CO2</sub> /a.ha	Indicatore di vantaggio nel periodo di crescita della foresta
$(I_{ec})_{fv}$	ha/MWp	Indicatore di pressione "Impronta ecologica" specifica dell'impianto solare FV
$(E_{ut})_{ten}$	GWh/a	Indicatore tendenziale di Pressione Energia utilizzata
$\Delta E_{ut}$	GWh/a	Indicatore di Risposta URE
$\Delta(E_{ut})_{FER}$	GWh/a	Indicatore di Risposta produzione FER
$\Delta(E_{ut})$	GWh/a	Indicatore energetica di Riduzione della domanda
$\Delta(I_{CO_2})_{URE}$	ton <sub>CO2</sub> /a	Indicatore Risposta Misure di URE
$\Delta(I_{CO_2})_{FER}$	ton <sub>CO2</sub> /a	Indicatore Risposta alla pressione di CO <sub>2</sub> con Misure di ricorso a FER
$\Delta(I_{CO_2})_{tot}$	ton <sub>CO2</sub> /a	Indicatore Riduzione Totale
$\Delta(I_{CO_2})$	ton <sub>CO2</sub> /a	Indicatore di Risposta (riferito a impianto termoelettrico a cogenerazione)

**Tabella VIII.7** – Elenco degli indicatori del VIII Capitolo



## INDICE Cap. VIII

### MISURE PER IMPEDIRE, RIDURRE E COMPENSARE GLI EFFETTI NEGATIVI SULL'AMBIENTE

VIII.1 Sintesi degli indicatori di alterazione ambientale delle diverse fonti di Energia	pag. 01
VIII.2 - Le Misure per impedire o mitigare gli effetti “negativi” sull'Ambiente	pag. 02
VIII.2.1- Settore industriale. Misure di riduzione di Impatto	pag. 03
VIII.2.1.1- Processi industriali generali	pag. 03
VIII.2.1.2- Industrie di conversione dell'Energia	pag. 05
VIII.2.2 - Misure per impedire o ridurre gli effetti negativi sull'Ambiente per il settore civile	pag. 09