



Le nuove tecnologie delle rinnovabili e il progetto LOUDER

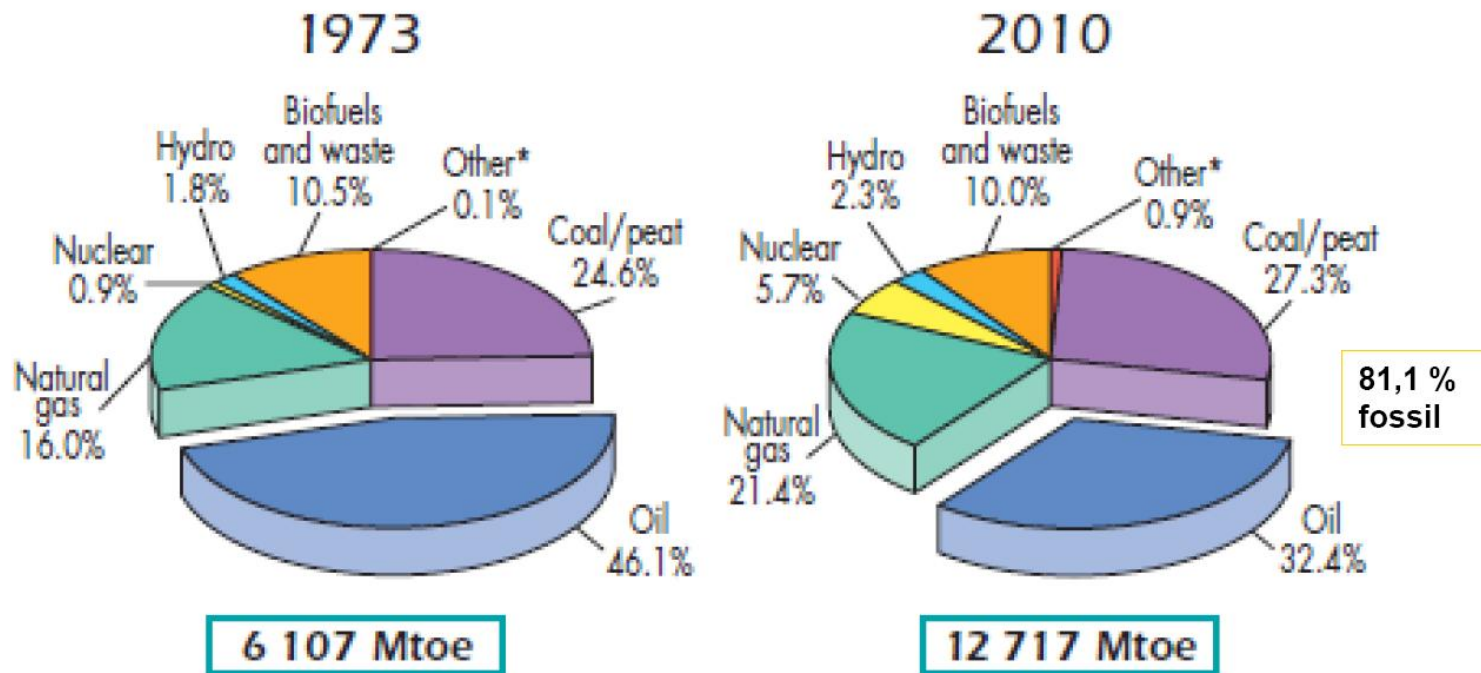
Eileen Tortora

Sistemi per l'Energia e l'Ambiente, Facoltà di Ingegneria – Sede di Latina

Sapienza, Università di Roma

e.mail: eileen.tortora@uniroma1.it

Sfruttamento delle fonti primarie di energia



**Other includes geothermal, solar, wind, heat, etc.*

Le fonti rinnovabili: generazioni

Le risorse rinnovabili non hanno ancora una lunga storia.

Per questo motivo ci sono molti problemi da risolvere prima che possano affermarsi tutte nel mercato energetico.

PRIMA GENERAZIONE: tecnologie emerse dalla rivoluzione industriale alla fine del 19° secolo e ancora in uso.

Energia idroelettrica: è una fonte flessibile e a basso costo, ma i siti per grandi impianti sono esauriti. Rimangono gli impianti di piccola scala, attualmente sfruttati solo al 5% della potenzialità. Barriere: accesso al sistema di trasmissione e aspetti socio-ambientali.

Combustione di biomassa: offre economicità e possibilità di utilizzo di materie di scarto agricolo e industriale. Barriere emissioni, approvvigionamento.

Geotermia profonda: può fornire energia in continuo. Barriere: limiti spaziali della risorsa ai fini della generazione di potenza e rischi e costi legati alla perforazione del suolo.

Le fonti rinnovabili: generazioni

SECONDA GENERAZIONE: derivante dalle attività di ricerca operate su tecnologie di captazione delle fonti rinnovabili e sui materiali a cominciare dagli anni '80 ed entrate sul mercato da pochi anni.

Collettori solari termici: utilizzati da tempo per acqua calda. Potrebbero essere utilizzati anche per la climatizzazione di edifici residenziali su grande scala, ma solo a seguito di una effettiva riduzione dei costi.

Solare fotovoltaico: Il mercato è cresciuto notevolmente dal 1992 grazie a marcate riduzioni dei costi, politiche di inserimento. R&S: materiali, miglioramento dell'interfaccia con la rete e delle applicazioni stand-alone.

Eolico: Molto utilizzata e inoltre la riduzione del costo è andata di pari passo con i miglioramenti tecnici. Barriere: variabilità, integrazione con la rete, accettazione pubblica. R&S su : previsione producibilità, riduzione dei costi, riduzione dei costi di accumulo, riduzione dell'impatto ambientale.

Forme moderne di bioenergia: cogenerazione, co-firing, biocarburanti, coltivazioni brevi dedicate. Barriere: costi per sistemi di stoccaggio, raccolta, trasporto, tecnologie di conversione e sostituzione delle colture alimentari.

Le fonti rinnovabili: generazioni

TERZA GENERAZIONE: ancora in fase di studio, nonostante siano già presenti alcune applicazioni.

Concentrazione solare: ci sono diverse tecnologie tutte basate su processi termodinamici. R&S: problemi a causa di scarsi finanziamenti. Barriere: applicazione a zone climatiche con elevato DNI, consumo di suolo.

Energie marine: negli ultimi 20 anni hanno ricevuto fondi limitati per R&S, tuttavia progetti e brevetti sono in continuo aumento. Barriere: dimostrazione del potenziale di conversione e abbattimento dell'elevato rischio industriale. Inoltre servono studi su previsione della producibilità, strumenti di progettazione, test.

Sistemi geotermici potenziati: noti come sistemi a rocce calde sfruttano risorse prima non-economicamente sfruttabili. Ancora in fase di R&S per il miglioramento dei sistemi e la riduzione delle unità per l'economia di scala. R&S: esplorazione delle risorse, tecnologie di perforazione. Barriere: ambiente, sismicità.

Il progetto LOUDER

per il polo di Latina della Sapienza Università di Roma

LOUDER: Laboratori OUtDoor per Energie Rinnovabili

Si propone di dotare il campus universitario di laboratori per attività sperimentali rivolte al monitoraggio delle prestazioni in condizioni reali ed alla certificazione di prestazioni delle tecnologie di sfruttamento delle fonti rinnovabili di energia.

Laboratorio solare

Impiego del lastrico solare

- Potenza elettrica da 39.6 kWp
- Potenza termica da 44 kWp

Impiego di diverse tecnologie a CPV di ultima generazione

- Lenti Fresnel
- Specchi parabolici con fattore di concentrazione > 400

Test e monitoraggio dell'impianto

Software dedicati alla gestione dell'impianto CPV

- Incrocio curva domanda e offerta

Laboratorio geotermico

Stanze di prova climatizzate

Test di sonde geotermiche

Test di pompe di calore acqua-acqua

Software dedicati alla progettazione di impianti geotermici

Laboratorio biomasse

Reattori per la coltivazione di alghe

Laboratorio per l'analisi delle alghe

Data-base dei classificazione energetica delle alghe

Studio di sistemi di conversione

Risorsa solare e concentrazione

Sfruttamento delle fonti primarie di energia

Prospettive della produzione elettrica (TWh)

Scenario con l'obiettivo di limitare a 2°C l'incremento globale della temperatura e a 450 ppm di CO2 la concentrazione di gas serra nell'atmosfera (WEO 2011)

	2010	2020	2035	2050
Coal	8.670	9.648	4.797	4.550
Oil	986	644	360	0
Gas	4.745	5.540	5.608	4.600
Nuclear	2.736	3.740	6.376	7.400
Hydro	3.516	4.547	6.052	7.010
Biomass&waste	300	700	2.040	3.750
Wind	360	1.486	4.320	6.120
Geothermal	70	148	407	520
PV	45	279	1.332	2.800
CSP	2	100	850	3.100
Marine	1	3	82	150
	21.431	26.835	32.224	40.000

Fossile 67.2% 59.0% 33.4% 22.9%

Nucleare 12.8% 13.9% 19.8% 18.5%

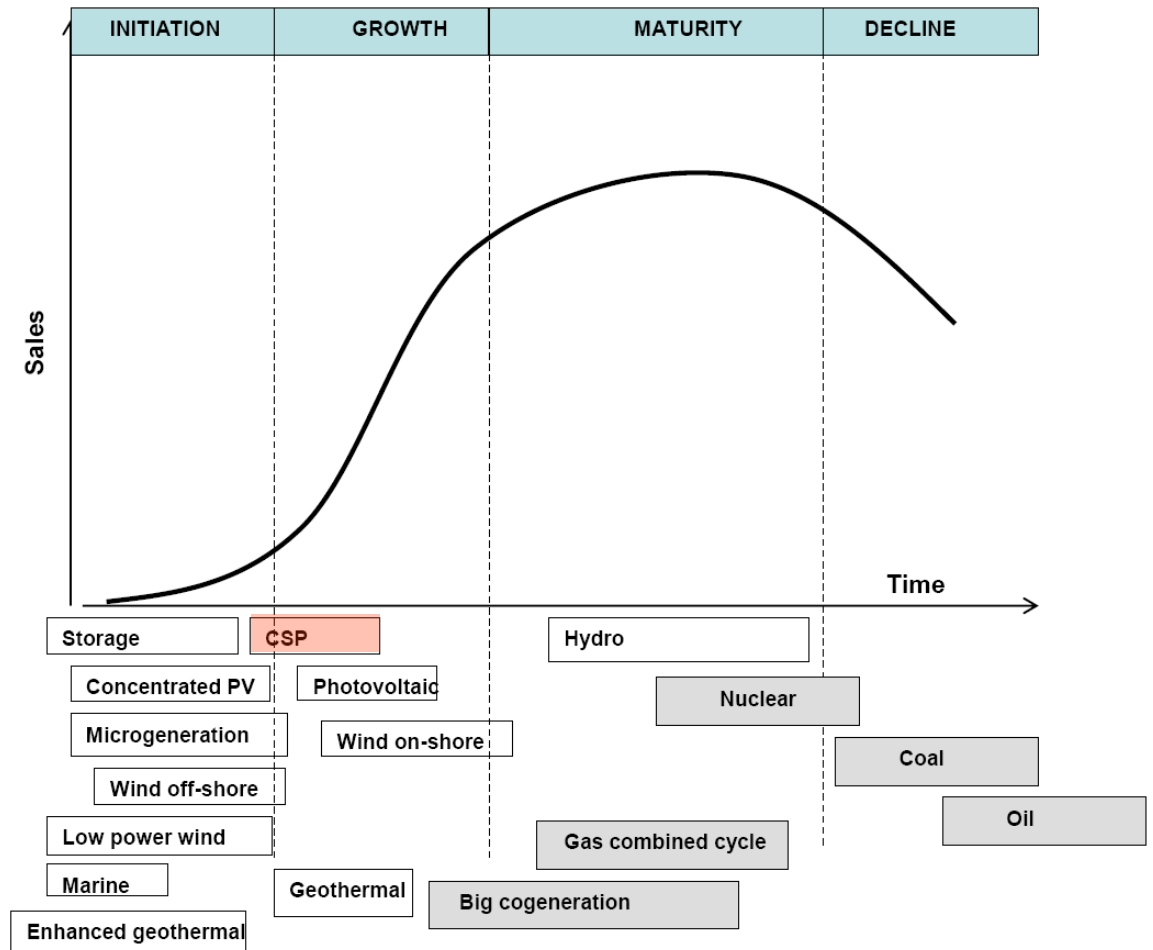
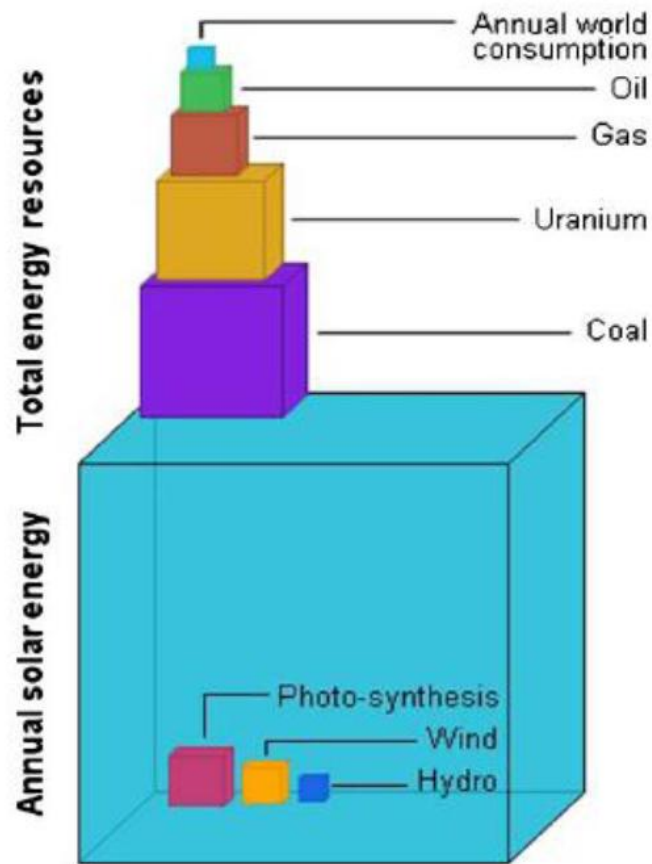
Rinnovabili 20.0% 27.1% 46.8% 58.6%

CSP 0.4% 2.6% 7.8%

27 GW 226 GW 800GW

Risorsa solare e concentrazione

Stato delle risorse e delle tecnologie



Risorsa solare e concentrazione

Energia solare e concentrazione

L'energia solare

- maggiore fonte di energia sulla Terra
- è la fonte rinnovabile primaria, quella che dà origine a tutte le altre
- è abbondante e distribuita

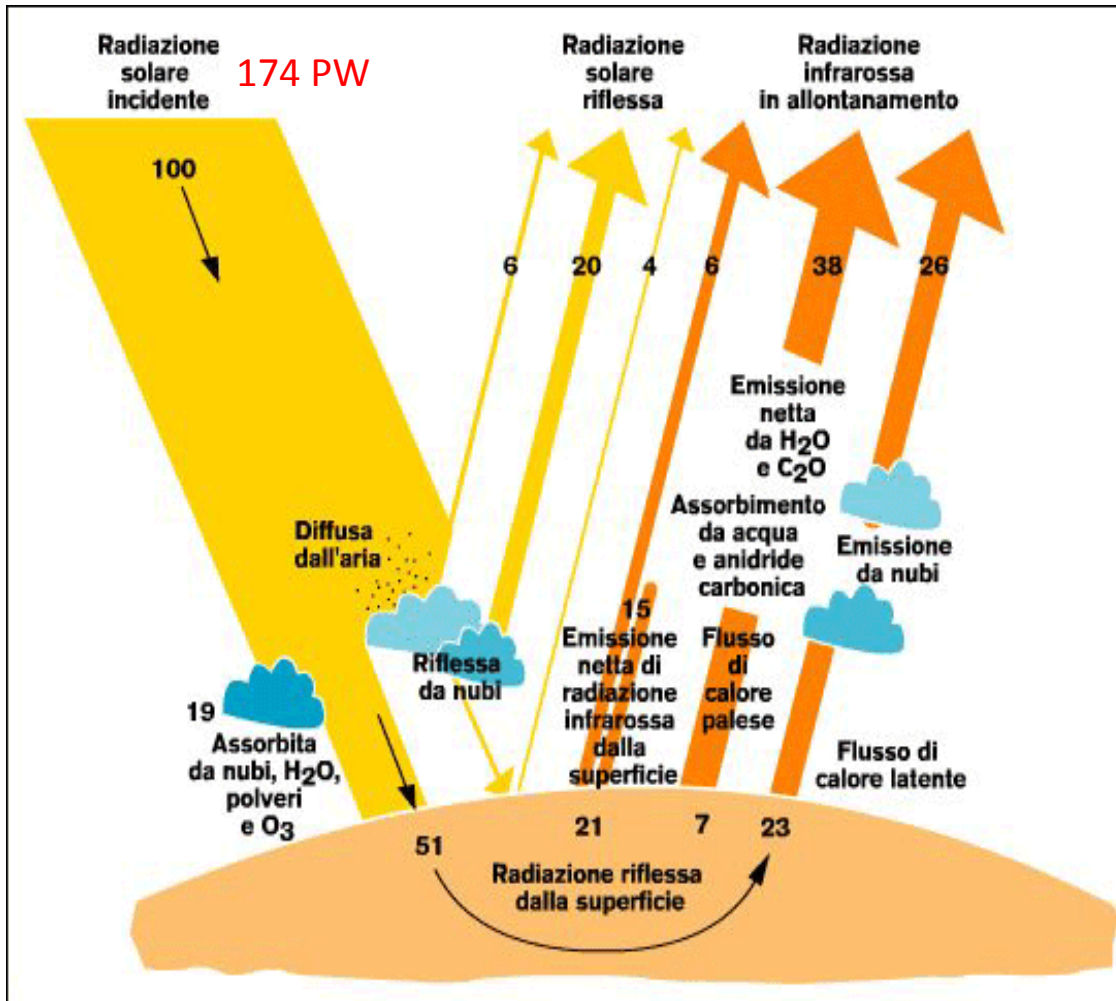
La concentrazione solare è importante per ragioni

- termodinamiche
 - ridotte perdite termiche
 - migliori efficienze di conversione
- economiche

Risorsa solare e concentrazione

Fonte solare – interazione con l'atmosfera

Distribuzione della radiazione solare nell'attraversamento dell'atmosfera



La parte di irraggiamento che raggiunge direttamente il suolo costituisce la **radiazione diretta** mentre la parte rimanente costituisce la **radiazione diffusa** dalle molecole presenti in atmosfera. A queste va infine aggiunta la **radiazione riflessa** o **albedo**, che rappresenta la percentuale di radiazione diretta e diffusa che viene riflessa dal suolo o dalle superfici circostanti sulla superficie considerata.

(PW = Peta Watt = 10^{15} W)

Risorsa solare e concentrazione

Radiazione normale diretta

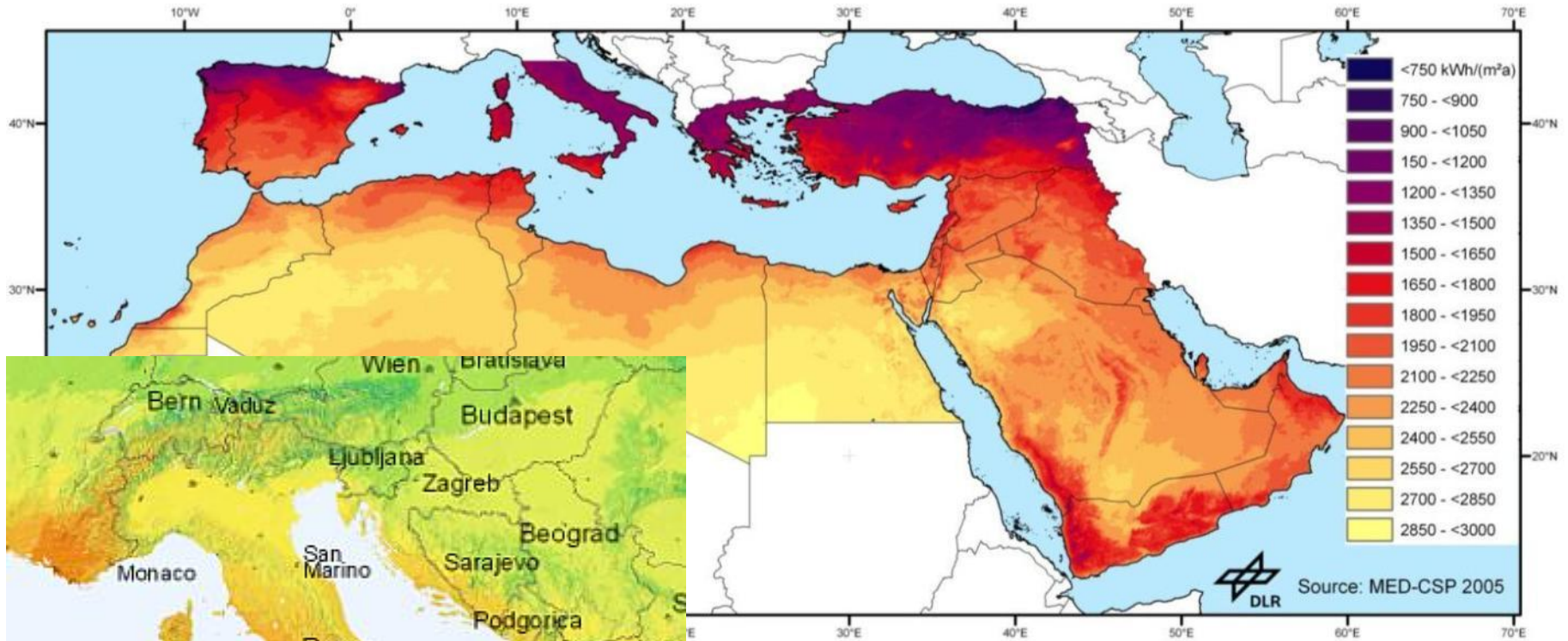
Radiazione normale diretta (Direct Normal Irradiance – DNI):

- radiazione solare derivante direttamente dal disco solare (raggi solari)
- alta qualità dell'energia
- modulazione ad opera dell'attraversamento di atmosfera, aerosols, vapore acqueo e nuvole
- la DNI è approssimativamente pari alla radiazione di cielo pulito, in assenza di nuvole, o nulla in caso di nuvolosità.

Risorsa solare e concentrazione

DNI annuale

Somma annuale della DNI (kWh/m²/a), anno 2002



Average annual sum (4/2004 - 3/2010)



< 700 1000 1300 1600 1900 2200 > kWh/m²

Risorsa solare e concentrazione

Previsione della DNI

Previsioni di **lungo termine**: statistiche

richieste per analisi di fattibilità

metodi statistici. Serie temporali di dati misurati o desunti, stime satellitari

Previsioni a **medio, breve e brevissimo termine** (nowcasting)

basate su modelli meteorologici, processazione di immagini da satellite, serie
temporali, reti e sensori

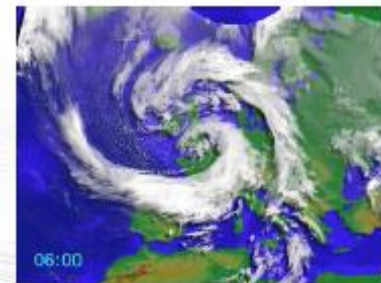
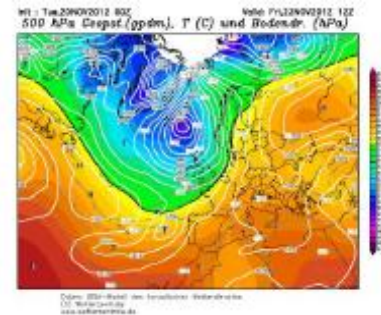
```
previsioni e medio e breve termine necessarie per
```

pianificazione delle operazioni del sistema di potenza

operazioni nel mercato elettrico (su differenti orizzonti temporali)

ottimizzazione delle operazioni

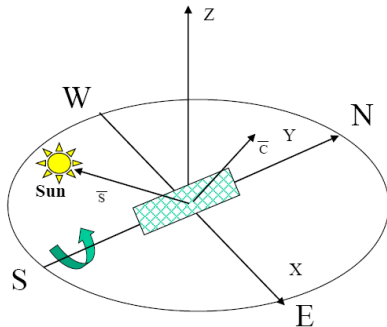
previsioni a brevissimo tempo per l'ottimizzazione delle operazioni



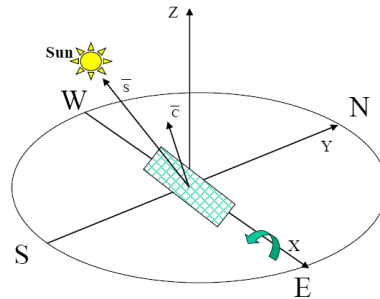
Risorsa solare e concentrazione

Inseguimento solare

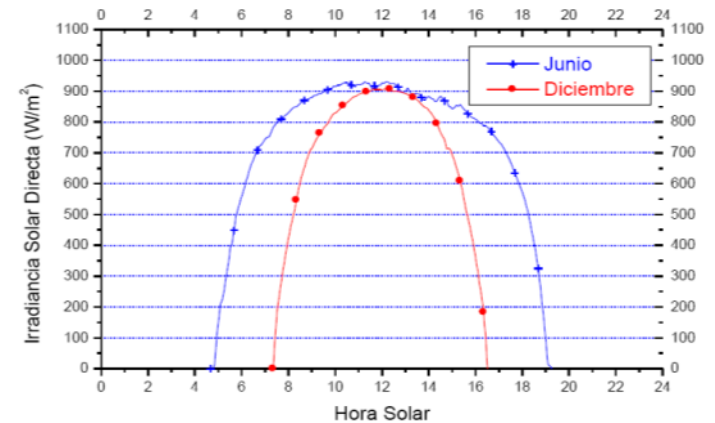
Orientazione N-S



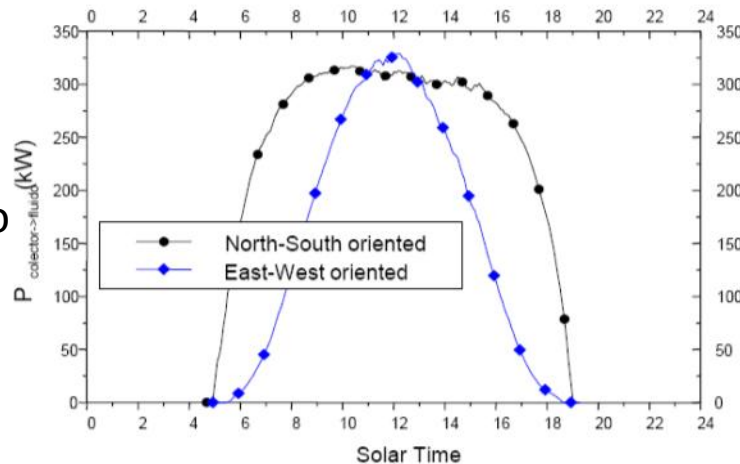
Orientazione E-O



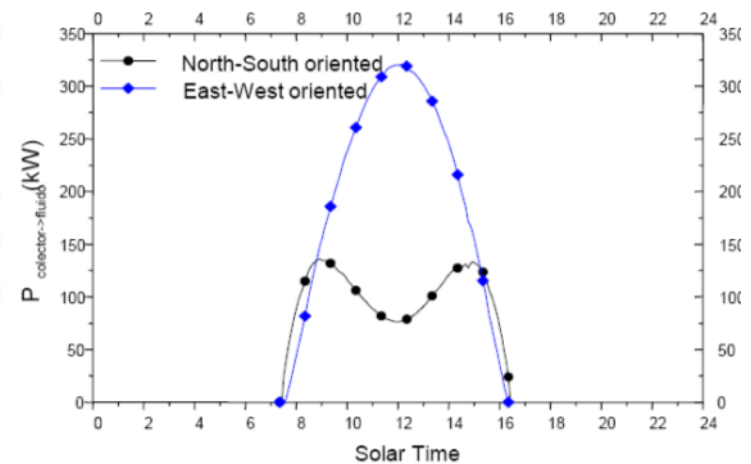
DNI tipico in un giorno estivo e invernale



Influenza dell'orientamento dei collettori



Prestazioni giorno estivo



Prestazioni giorno invernale

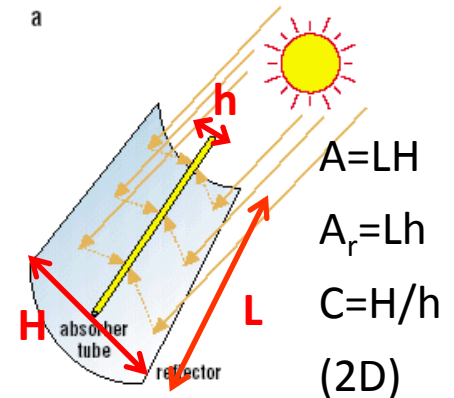
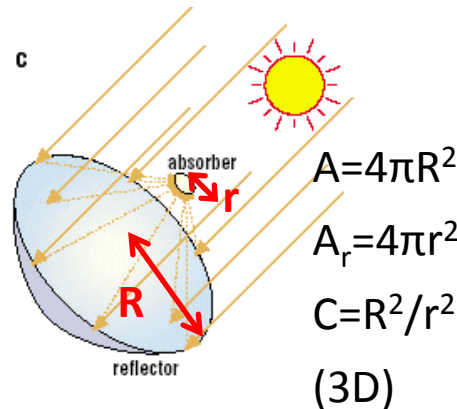
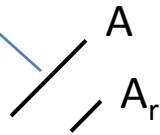
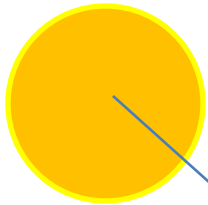
Risorsa solare e concentrazione

Rapporto di concentrazione

Rapporto di concentrazione $\rightarrow C=A/A_r$

A area di apertura del concentratore, rende conto dell'energia solare ricevuta

A_r area del ricevitore che intercetti il 100% dei raggi riflessi ed è da tenere in conto per il calcolo delle perdite



Limiti termodinamici

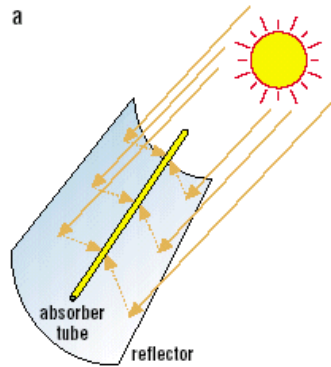
Secondo principio della termodinamica - enunciato di Kelvin-Planck: Nessuna macchina termica che funzioni con un ciclo può assorbire energia termica da un serbatoio e produrre una eguale quantità di calore

Limiti ottici

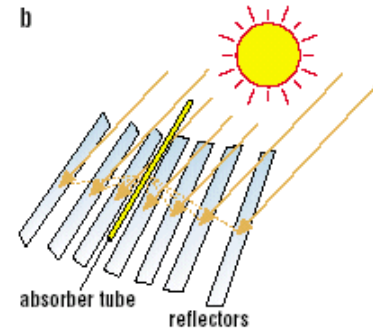
Riflessione imperfetta con conseguente perdita di alcuni fasci luminosi

Tecnologie

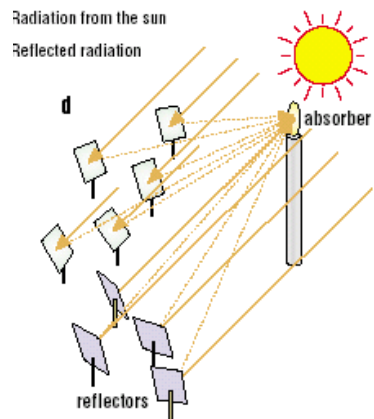
Concentratori parabolici lineari



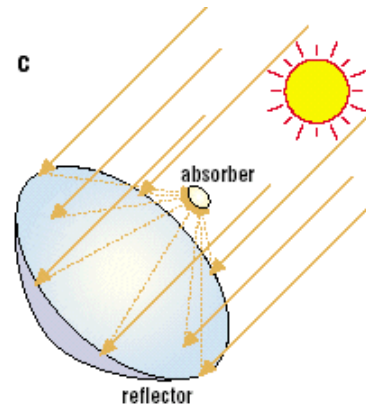
Concentratori lineari di Fresnel



Concentratori a torre

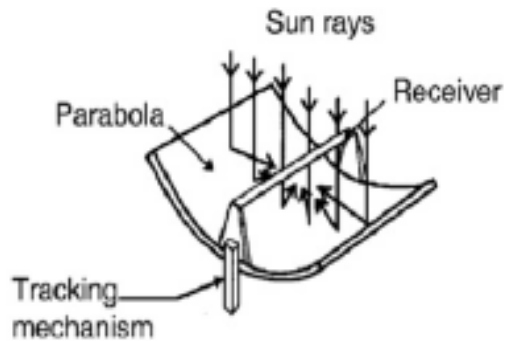


Concentratori parabolici a disco



Tecnologie

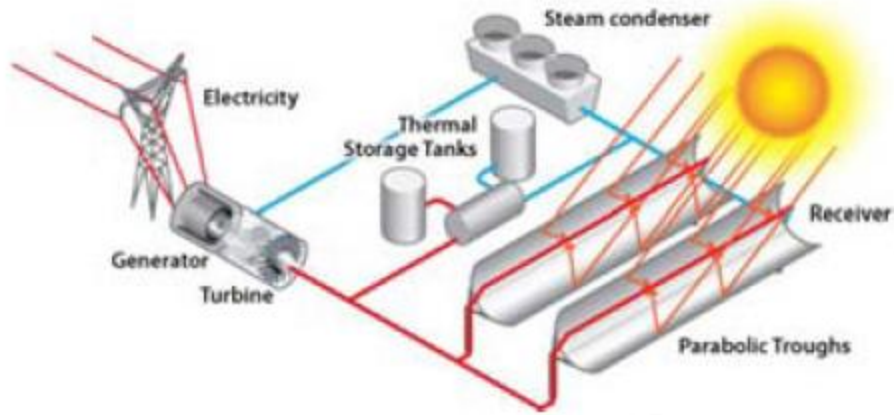
Concentratori parabolici lineari



T: 150-350 °C

C: 10-80

η : 15%



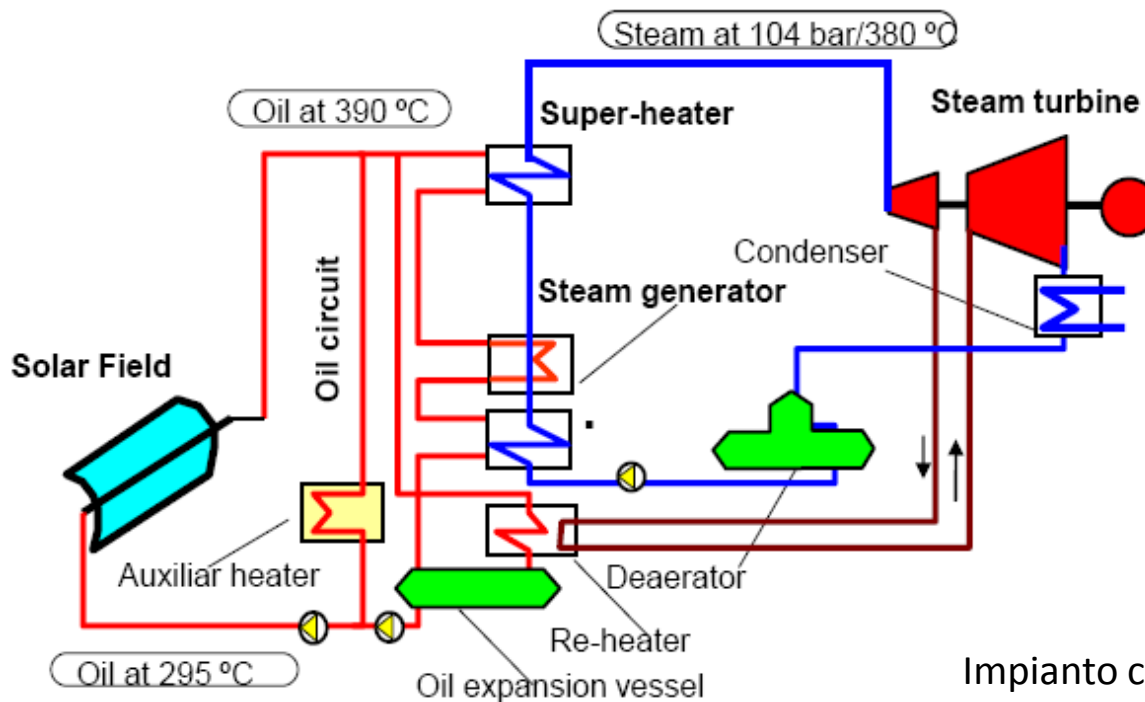
IBERSOL (Ciudad Real, Spagna)

Tecnologie

Concentratori parabolici lineari

Centrale di conversione

Impianto base con olio diatermico



Impianto con olio diatermico e TES con Sali fusi

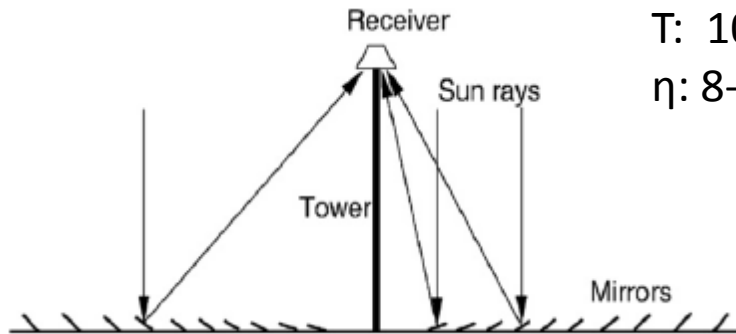
Impianto ISCCS (Integrated Solar Combined Cycle System)

Impianto DSG (Direct Steam Generator)

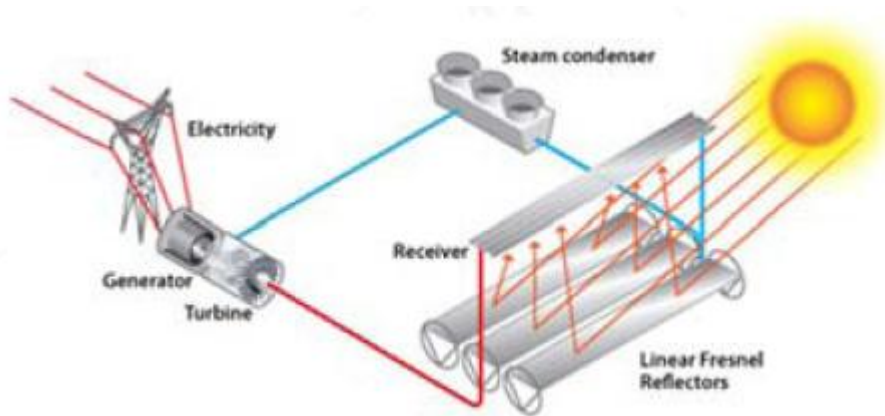
Produzione diretta di vapore

Tecnologie

Concentratori lineari di Fresnel



T: 100-450 °C
 η : 8-10%



livellazione del terreno con max 3% di errore

Tecnologie

Concentratori lineari di Fresnel

Stadi di funzionamento

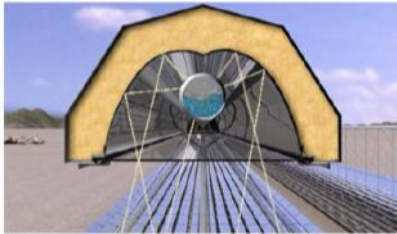
1



File parallele di specchi piani riflettono la radiazione solare sul sistema di ricevimento

Inseguimento continuo dei riflettori primari per mantenere la focalizzazione del sole sul ricevitore

2

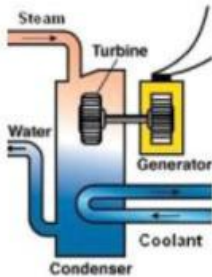


L'acqua nel ricevitore è riscaldata fino a 270°C @ 55 bar

Vaporizzazione diretta dell'acqua

Il vapore generato per via solare è inviato ad una turbina per la generazione elettrica

3



Il vapore generato per via solare è inviato ad una turbina per la generazione elettrica

4



L'energia elettrica è distribuita in rete

Tecnologie

Concentratori lineari di Fresnel

Caratteristiche

Specchi piani, quindi minore materiale e costi minori

Semplicità dell'inseguimento

Assorbitore fisso senza giunti mobili resistenti ad alte pressioni

Assorbitore unico senza necessità di mantice di espansione

Nessuna parte sottovuoto o saldature vetro/metallo

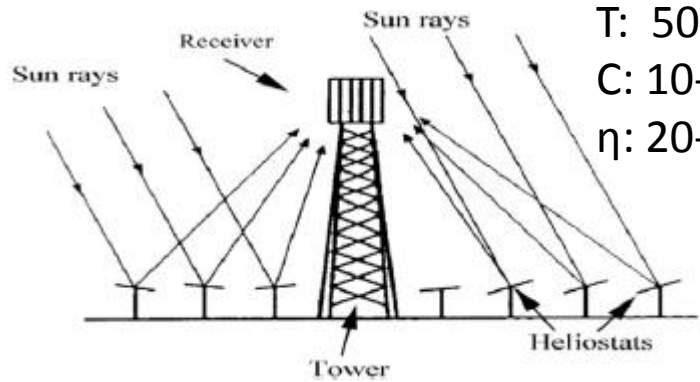
Riduzione dell'influenza dei carichi del vento a causa della planarità dei riflettori (si arriva a triplicare la larghezza degli specchi per un singolo assorbitore rispetto ai concentratori parabolici lineari)

L'applicazione del DSG non richiede scambiatori di calore intermedi

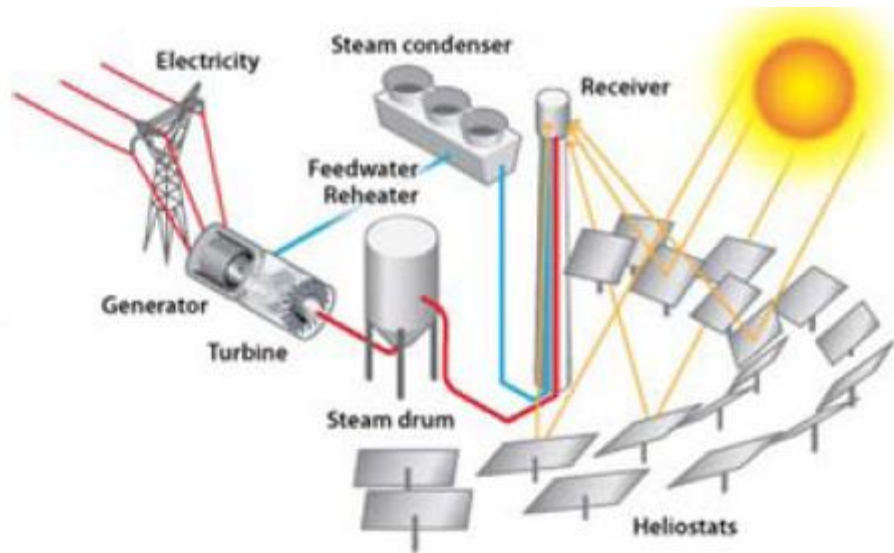
Uso efficiente del suolo in quanto i collettori possono essere posti uno a fianco all'altro.

Tecnologie

Concentratori a torre solare



T: 500-1000 °C
C: 10-1000
 η : 20-25%



Tecnologie

Concentratori a torre solare

Vantaggi di un sistema odierno con tecnologia a Sali fusi

- Alta capacità dell'accumulo termico
 - Grazie al sistema di accumulo, le operazioni della turbina non sono immediatamente connesse con le variazioni climatiche (passaggio di nubi, vento improvviso). Una nuvola provoca effetti con 6-15 ore di distanza.
 - La turbina non si spegne tutte le notti → vita attesa più lunga.
 - La potenza della turbina è gestibile. Si può diminuire la potenza notturna, nelle ore di minore richiesta, raggiungendo una operatività continua di 24 h.
 - Aspettativa di 6500 h/anno di funzionamento, massimizzando la redditività.
- Bassi rischi operativi
 - Non ci sono tubazioni mobili. Non ci sono giunti mobili. Non c'è olio diatermico. Non ci sono pericoli di incendio o perdite.
 - Tutti i fluidi sono concentrati in un'area piccola. Minori perdite termiche e costi di manutenzione. Tubazioni auto drenanti.
 - Lo stesso fluido è utilizzato per lo scambio termico e per lo storage. minori scambi termici.
- Più alta efficienza del ciclo
 - I Sali fusi raggiungono temperature più alte (565°C) massimizzando l'efficienza termodinamica.

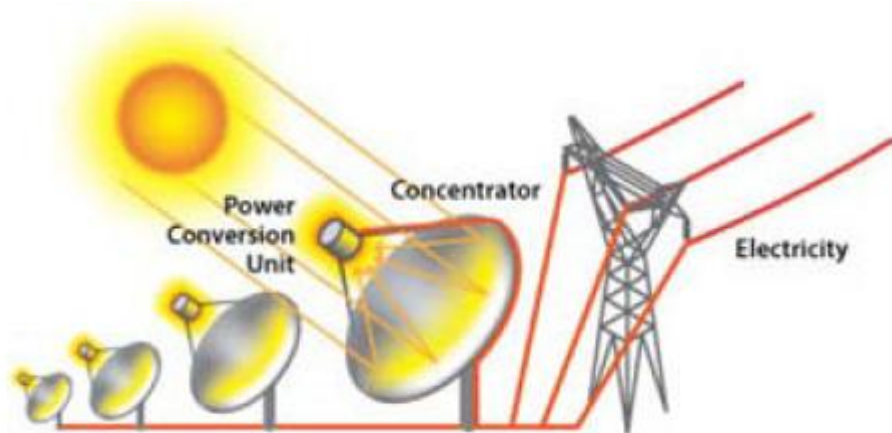
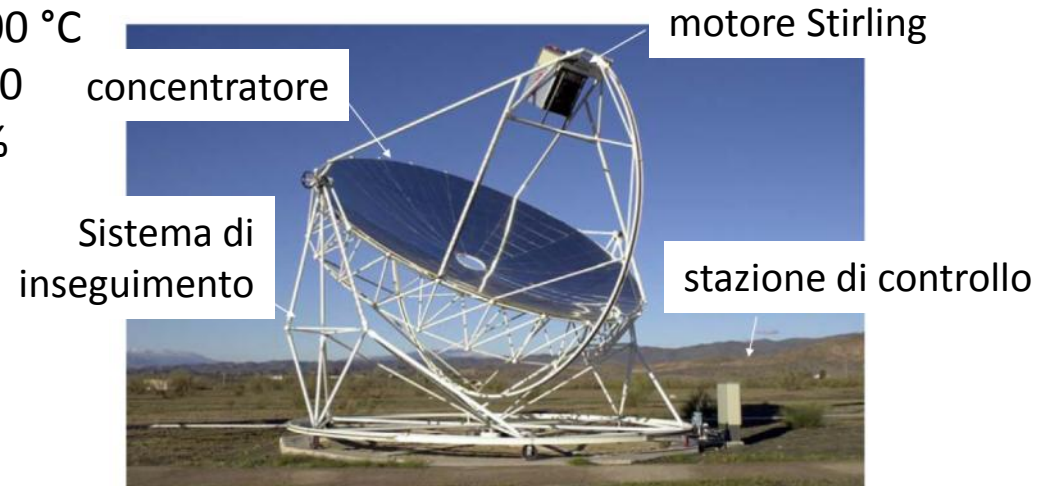
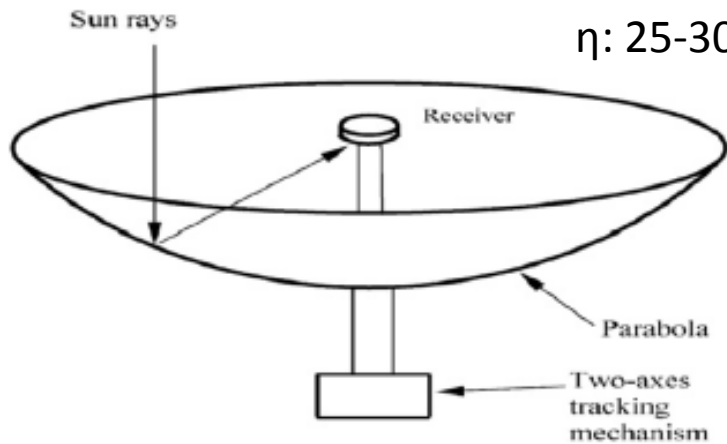
Tecnologie

Concentratori parabolici a disco

T: 300-800 °C

C: 50-1000

η : 25-30%



Tecnologie

Concentratori parabolici a disco

Motore Stirling

Il motore Stirling è **un motore a combustione esterna**, Inventato nel 1816 da Robert Stirling.

Funziona in base alla differenza di temperatura di un gas (e.g. azoto, elio, idrogeno) tra un punto caldo e un punto freddo del circuito chiuso. In particolare si sfruttano due proprietà dei gas:

- una data quantità di gas in un dato volume aumenta la sua pressione quando sottoposto ad un aumento di temperatura
- Una data quantità di gas quando compressa (ridotta in volume) subisce un aumento di temperatura.

Tecnologie

Concentratori parabolici a disco

Caratteristiche

L'inseguimento su due assi massimizza la raccolta della radiazione solare.

Efficienza più alta tra le tecnologie CSP: 32% di conversione della radiazione solare incidente contro i 15-16% di concentratori parabolici lineari e torri solari.

Design altamente modulare che permette la più ampia scalabilità di taglia dell'impianto.

Brevi tempi di messa in opera (10 mesi/20 MW).

Montaggio semplice senza necessità di particolari capacità.

Non necessita di accumuli termici a causa della produzione diretta di energia elettrica (anche svantaggio al confronto con PV che è più economico).

Produzione elettrica più stabile dei PV.

Ha il minore consumo di suolo in relazione a potenza e produzione energetica rispetto alle altre tecnologie CSP (2.5 ha/MW).

Non necessità di terreno in piano.

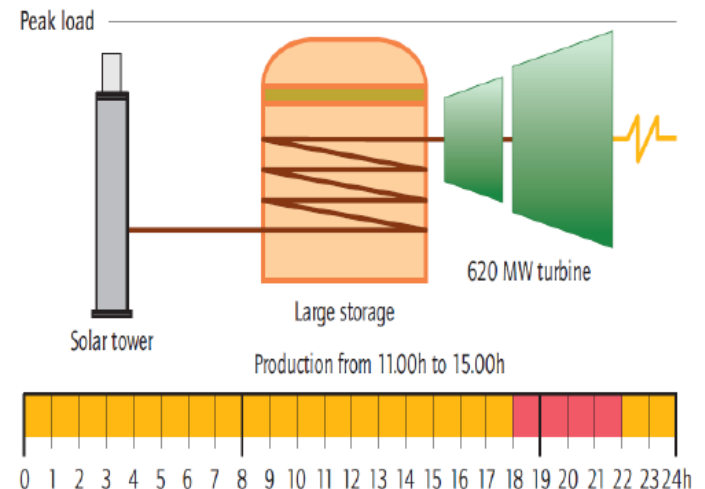
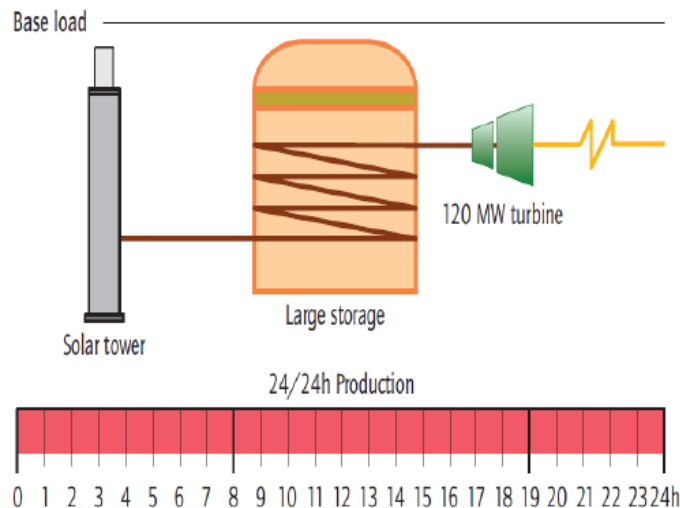
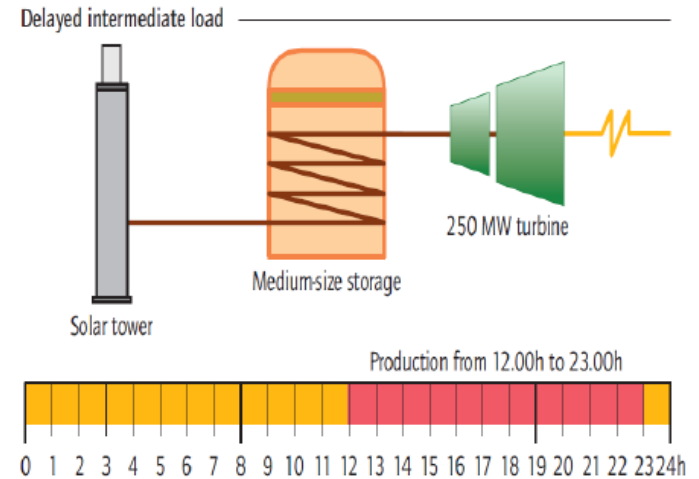
L'alta temperatura di lavoro del motore permette il raffreddamento ad aria, senza necessità di acqua a tale scopo.

Accumulo termico

Ruoli dell'accumulo termico

L'accumulo termico, a valle di uno stesso campo solare, può essere impiegato per:

- Coadiuvare la produzione quando la produzione diretta copre carichi di picco e “spalle”
- Differire la produzione di energia elettrica (delayed intermediate load)
- Estendere la produzione creando un sistema di base (base-load)
- Concentrare la produzione creando un sistema di picco (peak load)

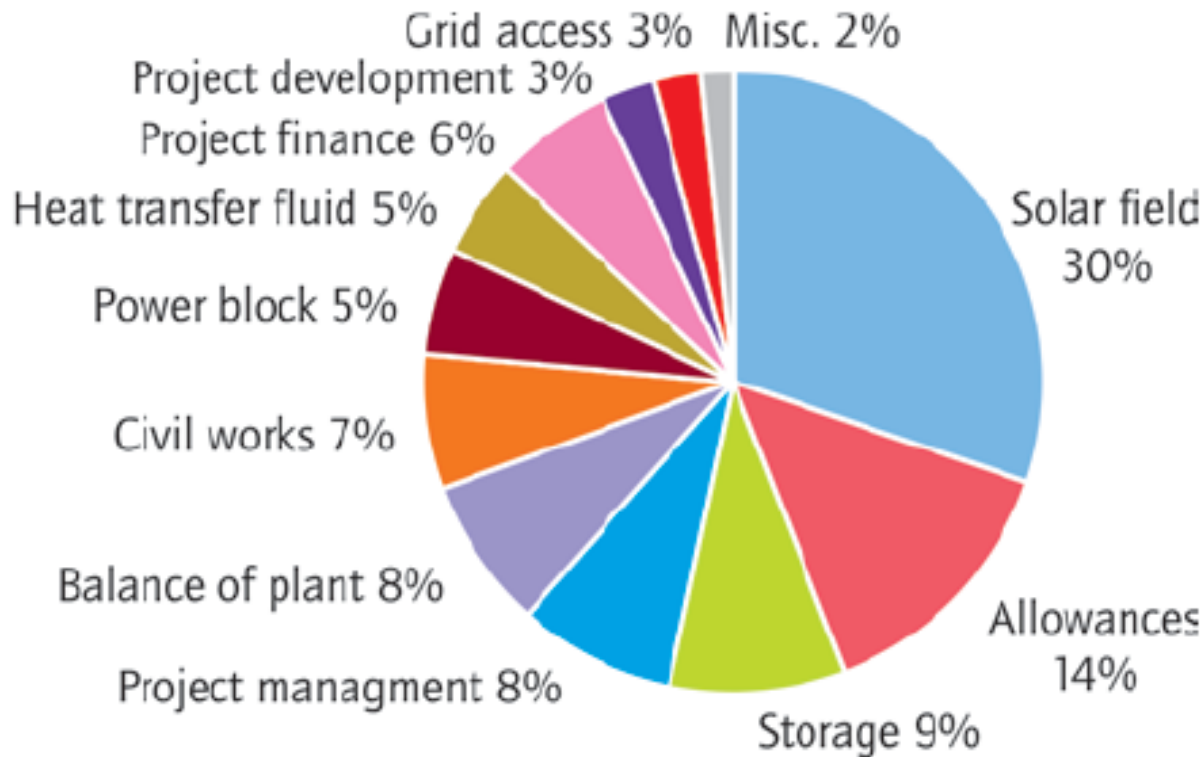


Mercato

Costi

Investimenti

I costi sono il fattore determinante per lo sviluppo delle tecnologie (al momento)

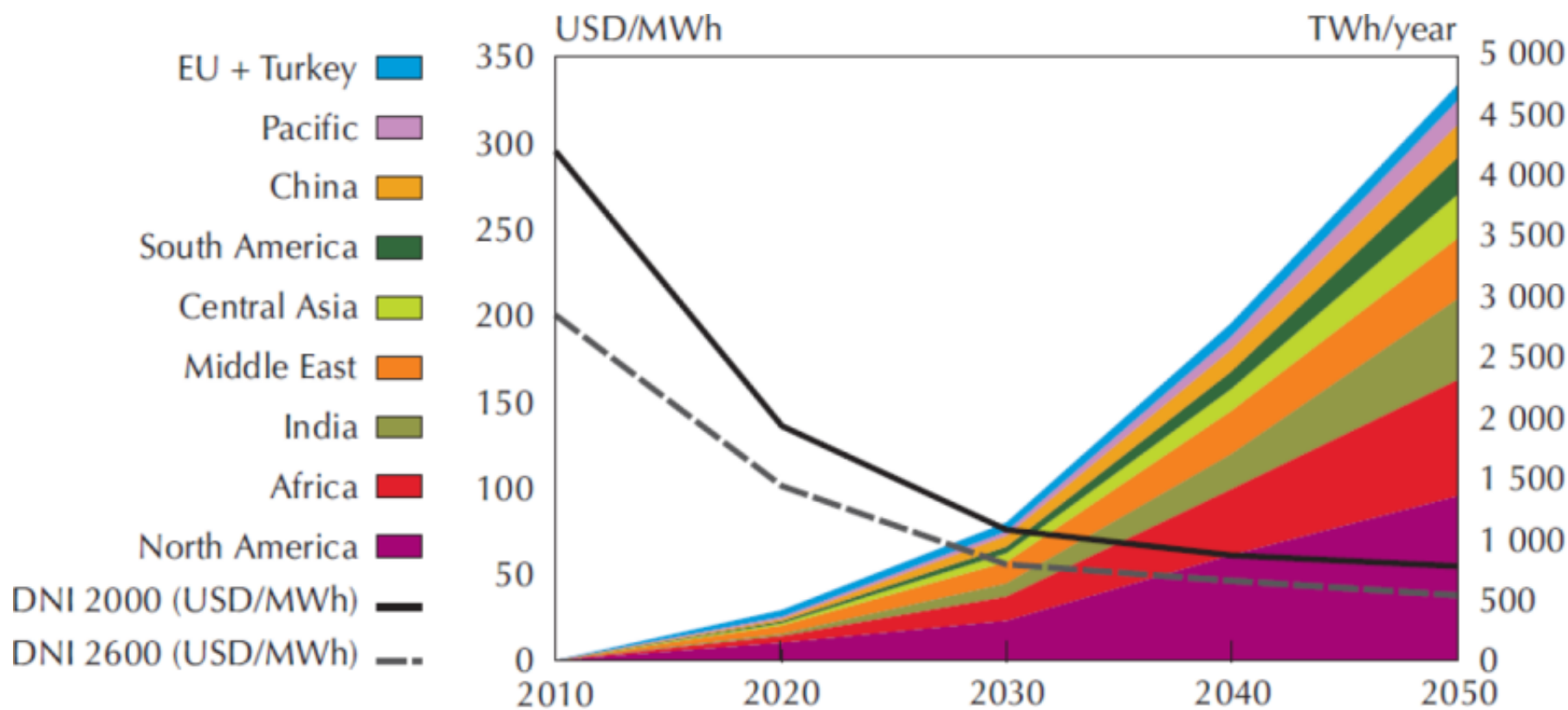


Distribuzione dei costi di investimento per un impianto a concentratori parabolici lineari di 50 MW e accumulo termico di 7 ore.

Mercato

Costi

Stima della riduzione dei costi – visione dell'IEA



Impatto ambientale

Utilizzo di acqua

Raffreddamento del ciclo di generazione

Un impianto da 50 MW a concentratori parabolici lineari consuma 0.4-0.5 mln m³/anno

Pulizia degli specchi: Circa 100 volte minore dell'acqua richiesta per il raffreddamento.

Fluidi termovettori

Componenti a rischio: suolo, acque superficiali, acque di falda, aria, attività umane.

Localizzazione delle perdite nell'impianto

Sistemi PTC e Fresnel: rischio altamente distribuito sull'intera area del campo solare.

Sistemi a torre: non c'è alcun rischio in corrispondenza degli eliostati, ma l'altezza della torre faciliterebbe la dispersione su una larga area nel suo intorno.

Impatto ambientale

Consumo di suolo e impatto visivo

Consumo di suolo: area direttamente occupata dalla struttura dell'impianto di potenza ($\text{m}^2/\text{MWh}/\text{anno}$).

Impatto visivo: area per la quale l'impianto disturba il panorama ($\text{m}^2/\text{MWh}/\text{anno}$).

Gli impianti CSP sorgono di solito in luoghi privi di valore estetico e naturale permettendo di sfruttare zone altrimenti inutilizzate (desertiche).

Tuttavia, anche le zone aride hanno un valore ambientale e contengono biotopi e specie da salvaguardare.

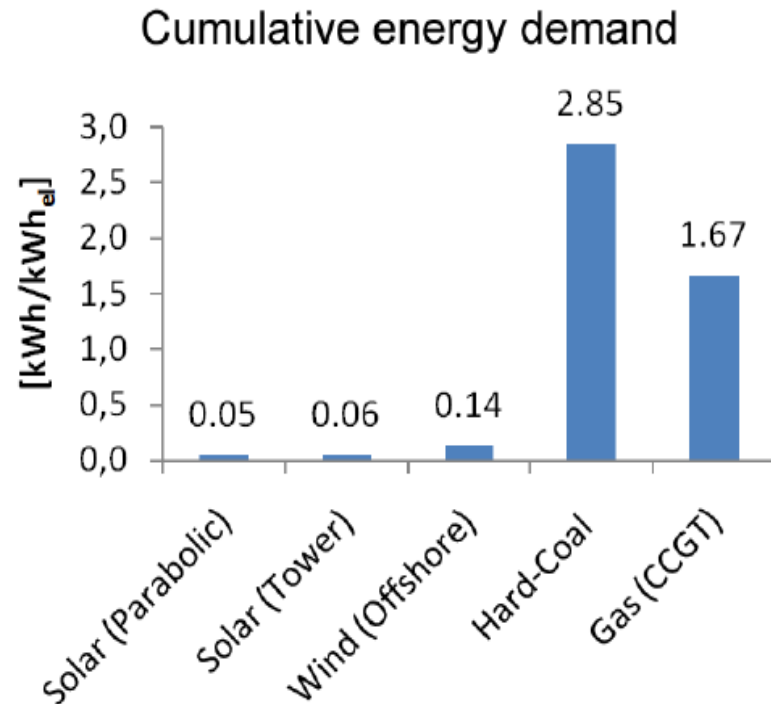
	Land use [$\text{m}^2/(\text{MWh}/\text{y})$]	Visual impact [$\text{m}^2/\text{MWh}/\text{y}$]
Parabolic solar power, Spain	11	15
Solar tower power, Spain	24	1100
Photovoltaic power plant, Germany	56*	
Wind power	< 5	8600
Biomass plantation, France	550	
Open cast mining (lignite), Germany	60	
High voltage power transmission line across Europe	0.4	



Torri solari: impatto visivo dovuto a punti luminosi visibili in paesaggi rurali. Le nuove attitudini sociali possono far percepire tale impatto come un segno di innovazione tecnologica e progresso, senza causare rifiuto.

Impatto ambientale

Uso di energia primaria



L'energia primaria (non rinnovabile) utilizzata per la costruzione e le operazioni di impianto durante i 30 anni di vita di un impianto è **riguadagnato** sottoforma di energia prodotta da rinnovabili **in meno di un anno**.

Figure a. The cumulative (non-renewable) primary energy over the lifetime of the plant needed to produce a unit of electricity from different power plants: parabolic CSP plant (May, 2005), CSP tower plant (Weinrebe, 1999), offshore wind farm (Wagner et al, 2010) hard coal- (GaBi, 2007) and gas combined cycle gas turbine (CCGT) power plant (Ecoinvent-Database, 2007).

Impatto ambientale

Uso di materiali

Gli impianti CSP necessitano di molto **più materiale rispetto agli impianti convenzionali** a fonti fossili. Tuttavia, i materiali maggiormente utilizzati, i.e. acciaio, vetro e calcestruzzo, hanno **alti tassi di riciclaggio** ($\approx 95\%$ per vetro e metalli) e **riuso** (inerti come riempimento per nuove costruzioni). I materiali non riciclabili/riutilizzabili possono essere inviati a discarica senza problemi ambientali.

Alcuni materiali sono invece tossici, come gli HTF, i quali potenzialmente possono incendiarsi, contaminare il suolo ecc e devono essere trattati come rifiuti pericolosi.

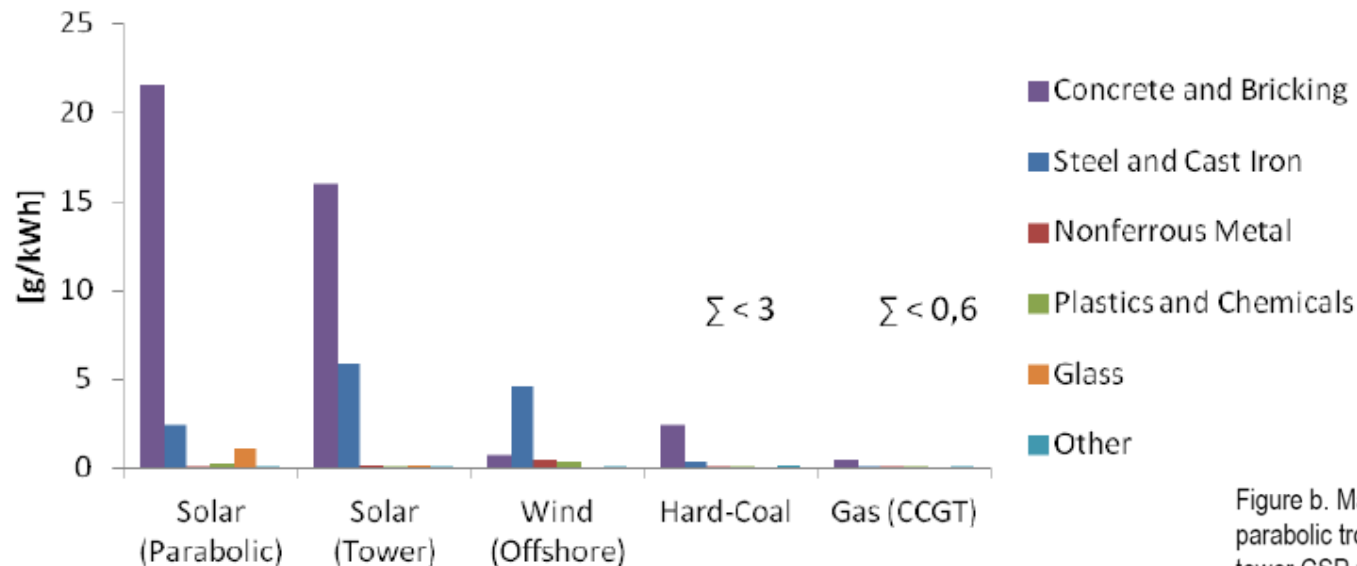


Figure b. Material intensity for different power plants: parabolic trough CSP plant with storage (May, 2005), tower CSP plant without storage (Weinrebe, 1999), offshore wind farm (Wagner et al, 2010) hard-coal power plant (Köhler et al, 1996) and CCGT power plant (Hoffmayer et al, 1996).

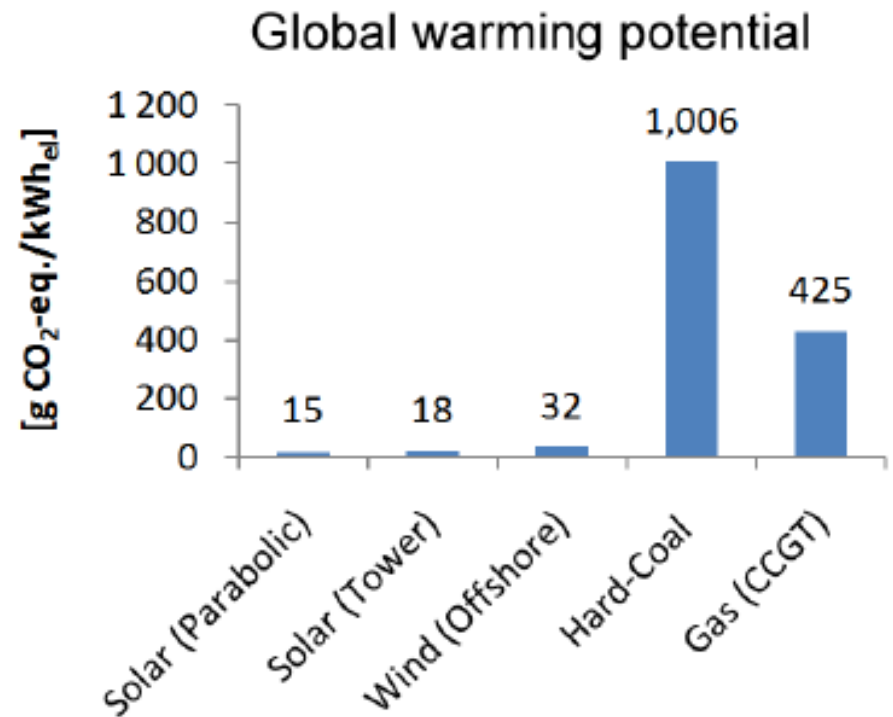
Impatto ambientale

Emissioni

Le emissioni di gas ad effetto serra sono strettamente **legate alla domanda cumulativa di energia primaria** (non rinnovabile).

Per gli impianti CSP le emissioni di GHG sono stimate sui 15-20 gCO_{2eq}/kWh, molto meno degli impianti a fonti fossili (400-1000 gCO_{2eq}/kWh).

L'utilizzo di Sali induce emissioni di ossido di azoto (N₂O). Per quanto le stime siano circa 500-1000 volte più piccole delle emissioni di CO₂, non sono trascurabili in quanto N₂O come gas serra è circa 300 volte più dannoso della CO₂.



Impatto ambientale

Fauna e flora

Gli impatti del CSP sull'ambiente possono essere associati a **traffico, lavori di costruzione, disturbo dell'ecosistema e perdita delle funzioni dell'ecosistema**. Traffico, costruzioni e parcheggi causano mortalità animale **in funzione dell'area occupata e dal tipo di uso che se ne faceva in precedenza**.

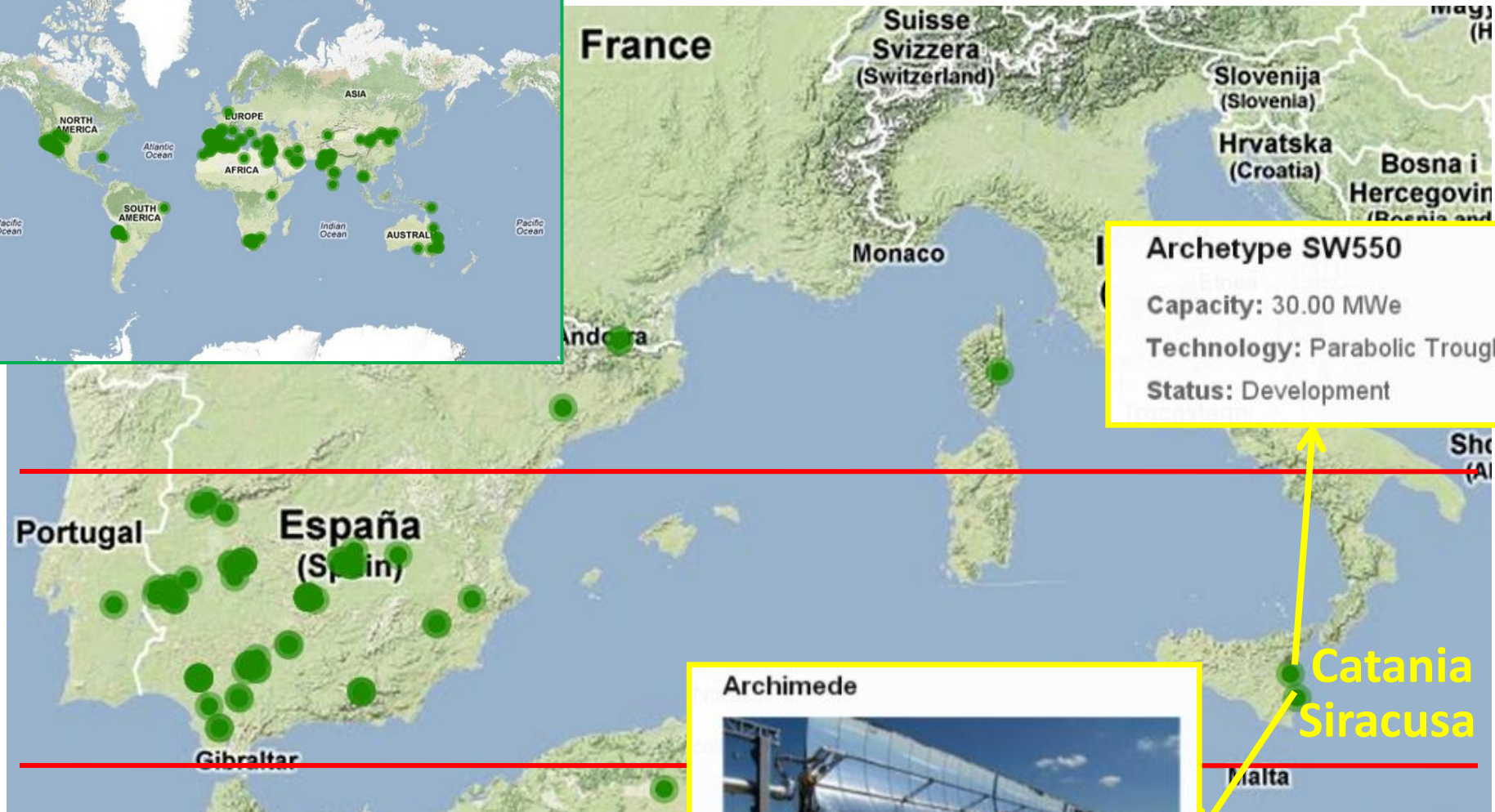
La mortalità dei vertebrati è la questione più critica e può avvenire principalmente per **urto** con specchi e torre, quando la visibilità è scarsa o durante la notte. Shock termico o problemi di bruciatura non sussistono. (In Spagna al 2011 si erano registrati solo 2 morti di volatili). Anche gli insetti hanno problemi con gli specchi quando li scambiano per superfici acquatiche e/o tentano di deporvi le uova.

Se l'impianto si trova su un terreno precedentemente utilizzato a fini agricoli, i nutrienti presenti nel suolo possono favorire **la crescita di specie vegetali**. Nei climi mediterranei l'erba può seccarsi ed essere un **rischio per gli incendi**. L'utilizzo di **diserbanti** è negativo per l'ambiente. Trattamenti alternativi sono il **compattamento del suolo**, il favorire la formazione di una crosta superficiale o aggiungere breccia.

L'acqua usata nella pulizia di vecchia concezione permea nel suolo nell'intorno dei concentratori, creando una fascia umida che favorisce la crescita vegetale anche in climi aridi.

Altra problematica è la possibile **introduzione di specie prima non presenti nell'area**, veicolate da attività di giardinaggio prospicienti le costruzioni, e la presenza di macchinari provenienti da altre aree. Inoltre, alcune specie arrivano nel territorio favorite dallo spostamento delle specie locali prima presenti.

Il CSP in Italia



Archetype SW550

Capacity: 30.00 MWe

Technology: Parabolic Trough

Status: Development

Archimede



Capacity: 5.00 MWe

Technology: Parabolic Trough

Status: Operation

Catania
Siracusa

<http://social.csptoday.com/tracker/projects>

Il CSP in Italia

Normativa

[D.Lgs 29/12/2003 n. 387](#) Attuazione della Direttiva 2001/77/CE sulla promozione delle fonti rinnovabili

[Decreto del Ministro dello Sviluppo Economico di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 11/04/2008](#) Attuazione della Direttiva 2001/77/CE sulla promozione delle fonti rinnovabili. Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica da fonte solare mediante cicli termodinamici.

[Delibera AEEG 95/08](#) Attuazione del decreto 11 aprile 2008, ai fini dell'incentivazione della produzione di energia elettrica da fonte solare mediante cicli termodinamici

[Decreto Attuativo FER elettriche 6 luglio 2012](#) Attuazione dell'art. 24 del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28, recante incentivazione della produzione di energia elettrica da impianti a fonti rinnovabili diversi dai fotovoltaici.

***Diffusione a larga scala delle tecnologie solari a
concentrazione affermate***

Perché non avviene?

Problematiche

Impianti multi-MW

Uso del suolo

Assenza in Italia di ampie zone
non antropizzate

Alta variabilità della produzione e
bassa efficienza di impianto in
caso di uso esclusivo della fonte
solare senza TES

Ibridazione con fonti fossili

Soluzioni

Semplificazione della tecnologia

Riduzione delle taglie

Ibridazione con altre FER

Miglioramento delle previsioni e dei
controlli per aumentare le prestazioni

Studio del comportamento di impianto
tramite simulazioni non stazionarie

Integrazione negli edifici (salva-spazio)

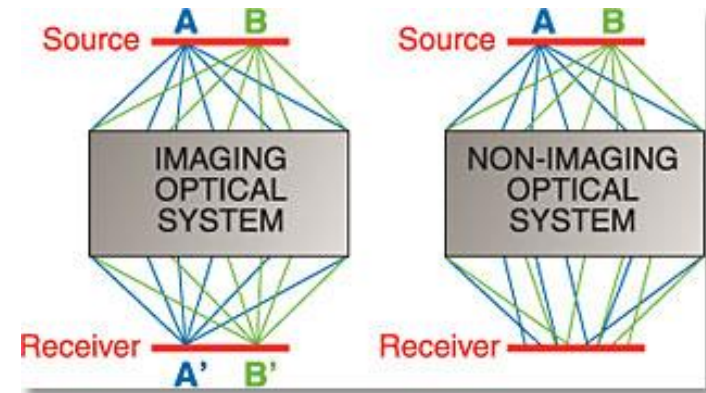
Semplificazione della tecnologia

Concentratori parabolici composti

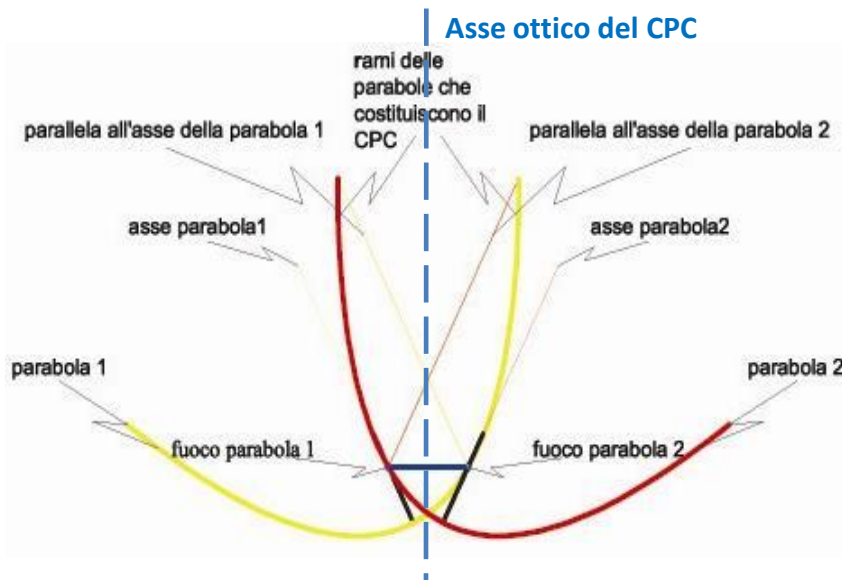
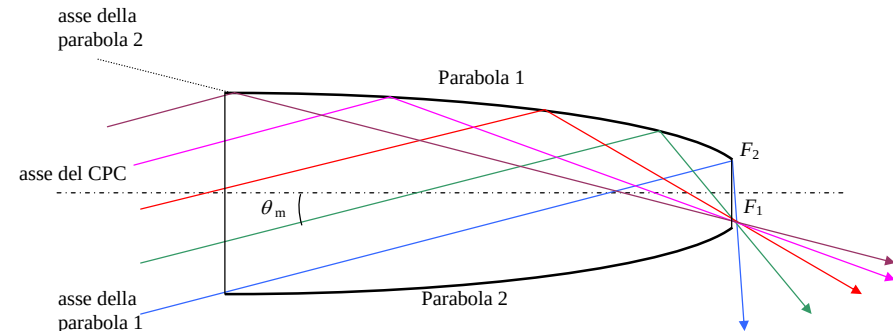
Ottica senza immagine

Categoria di concentratori basata su ottica senza immagine (non imaging optic) il cui scopo è quello di catturare la radiazione e non di ottenere un'immagine.

- Riduce la taglia (e i costi) degli assorbitori
- Semplifica l'inseguimento solare
- Tolleranza errori ottici maggiori
- Raggiunge alte temperature



Il CPC si costruisce ruotando i profili parabolici attorno al suo asse ottico.

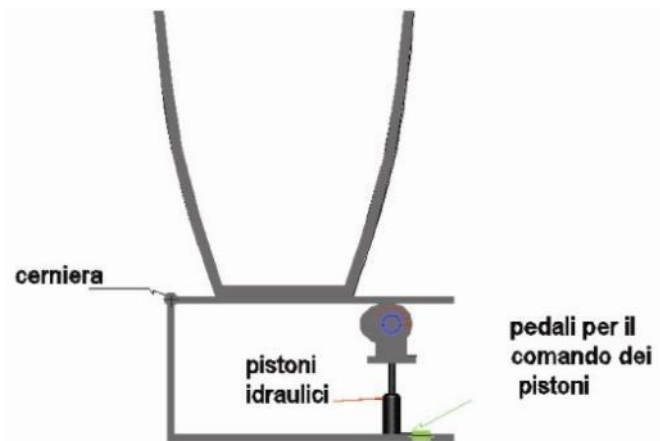


Semplificazione della tecnologia

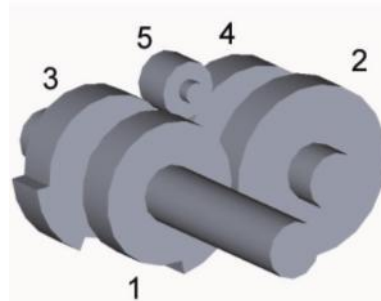
Concentratori parabolici composti

Inseguimento solare

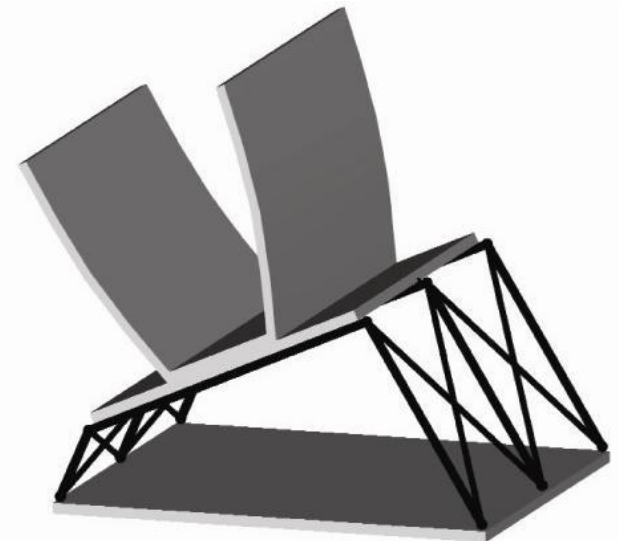
I concentratori parabolici composti riescono a captare i raggi che formano con l'asse ottico un certo angolo caratteristico (angolo di accettazione), non necessitano quindi di avere l'asse ottico parallelo ai raggi solari in ogni istante. Ne consegue una semplificazione del sistema di inseguimento.



Meccanismo a camme e pistoni idraulici

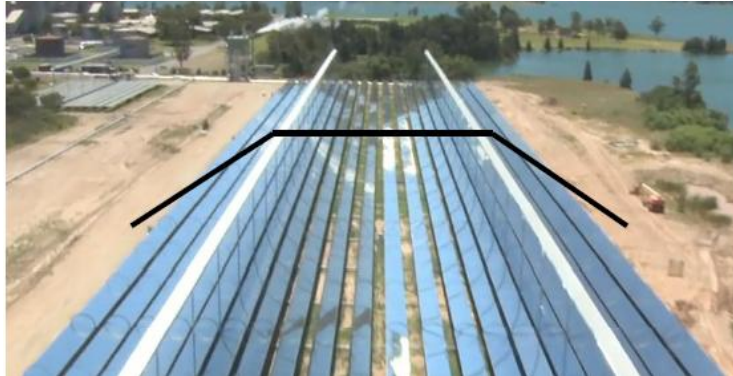


Meccanismo a ruote dentate



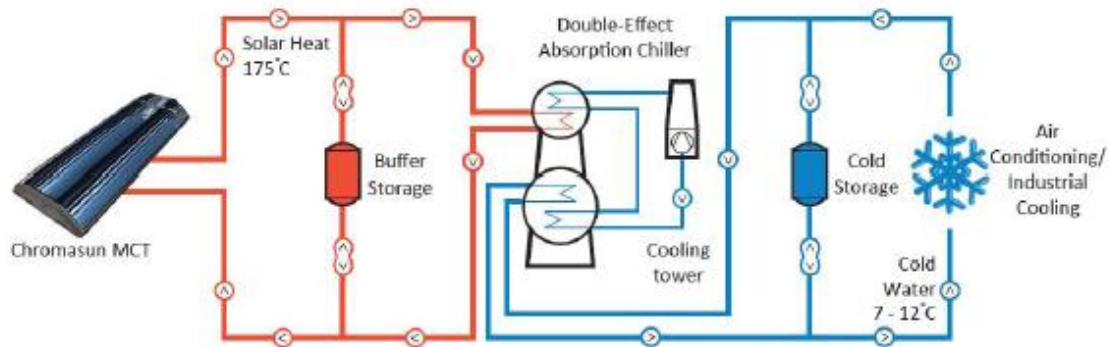
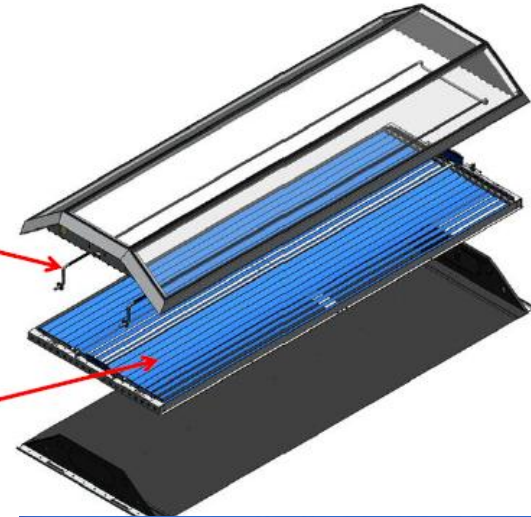
Meccanismo con quadrilatero articolato

Riduzione della taglia: micro Fresnel



Receiver Pipe
(SS 304 A213 Tube)

Parallel Mirrors



I singoli specchi ruotano per inseguire il sole.
Concentrazione di 25 soli.
Possibilità di produrre vapore fino a 200°C.

Ibridazione

Motivazioni

Riduzione degli effetti di intermittenza della risorsa solare

Possibilità di funzionamento in continuo

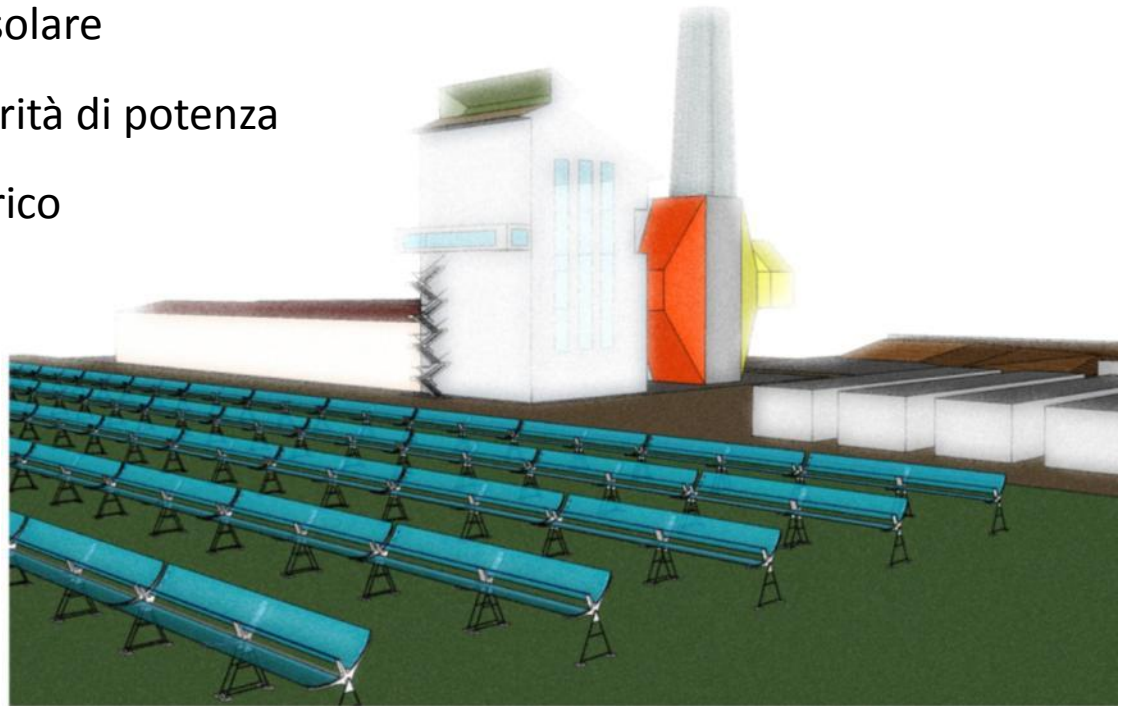
Maggiore facilità di integrazione con la rete

Indipendenza dal ricorso a fonti fossili

Riduzione della taglia del campo solare

Minore costo d'investimento a parità di potenza

Possibilità di inseguimento del carico



Ibridazione

Spunto di riflessione

La chiave per convertire l'attuale economia basata sulle fonti fossili in una basata sulle tecnologie pulite, alimentata da fonti energetiche rinnovabili, è l'abbandono dell'approccio di sostituzione delle singole tecnologie a favore della sostituzione dei sistemi.

La sfida non è l'invenzione di una nuova tecnologia, ma l'ideazione di un sistema completamente funzionante.

A tal fine sono necessarie tecnologie funzionanti, un innovativo modello di investimenti, una strategia di mercato e politiche di governo favorevoli.

Ibridazione

Sistema ibrido a concentrazione solare e biomassa di piccola scala

Contenuti innovativi

Tecnologie ben sperimentate e reperibili a livello commerciale

Tendenza alla diminuzione delle dimensioni

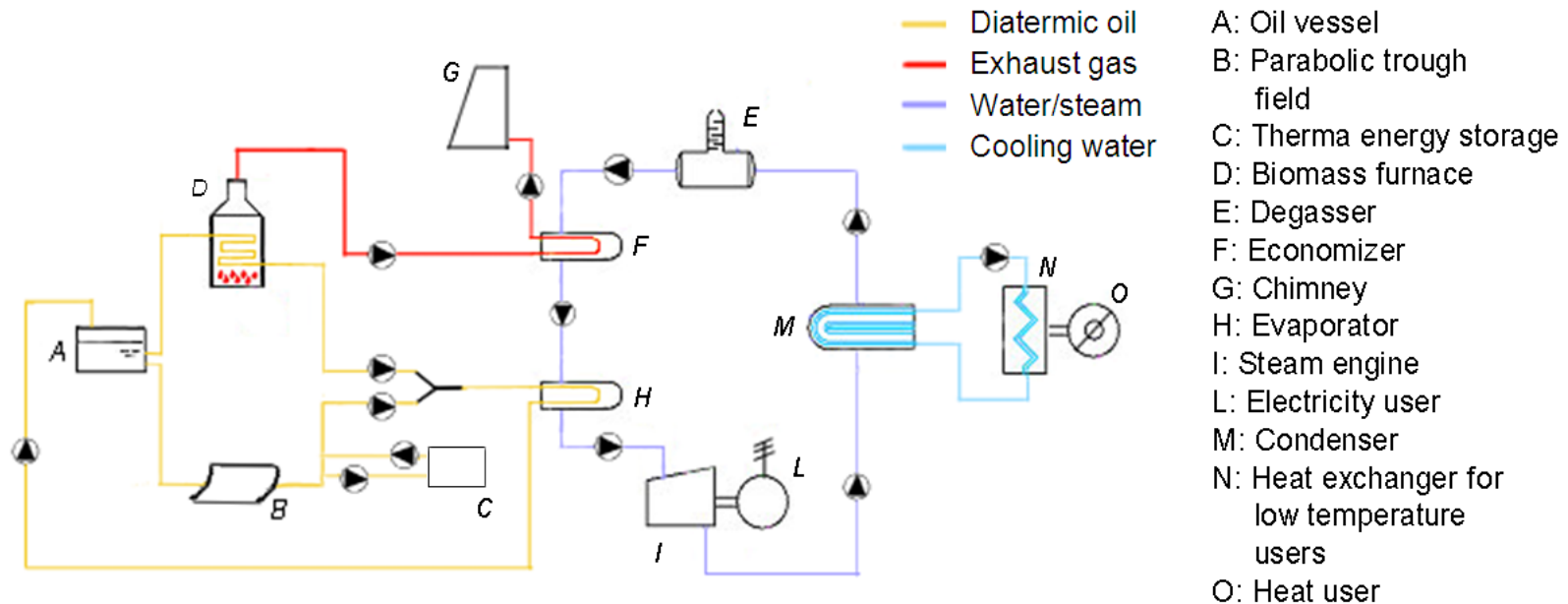
Composizione non standard di sistemi noti:

campo solare di piccola taglia, invece che impianto multi-MW

ausilio di biomasse invece che impianto a gas naturale

ciclo Rankine non surriscaldato

motore a vapore invece che turbine



Ibridazione

Sistema ibrido a concentrazione solare e biomassa di piccola scala

Progettazione

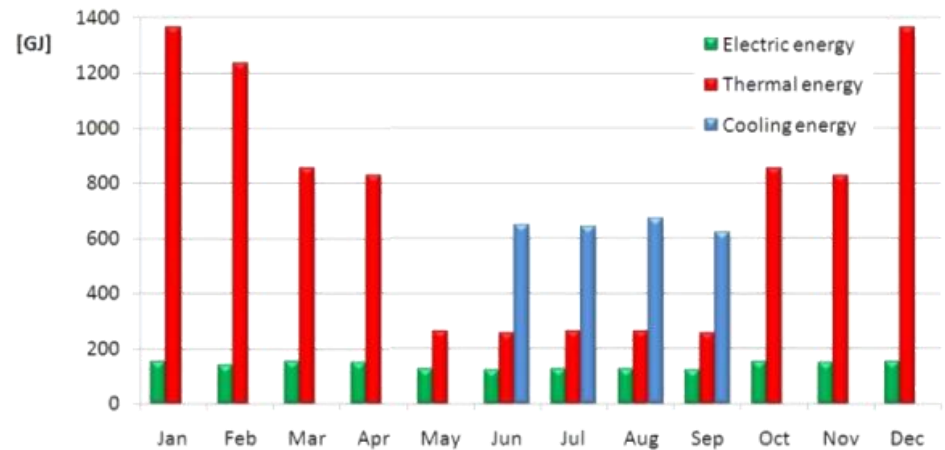
Concentratori parabolici lineari da 1294 kW su 2580 m² di specchi

Fornace a biomassa da 1163 kW

Accumulo termico da 72 MWh

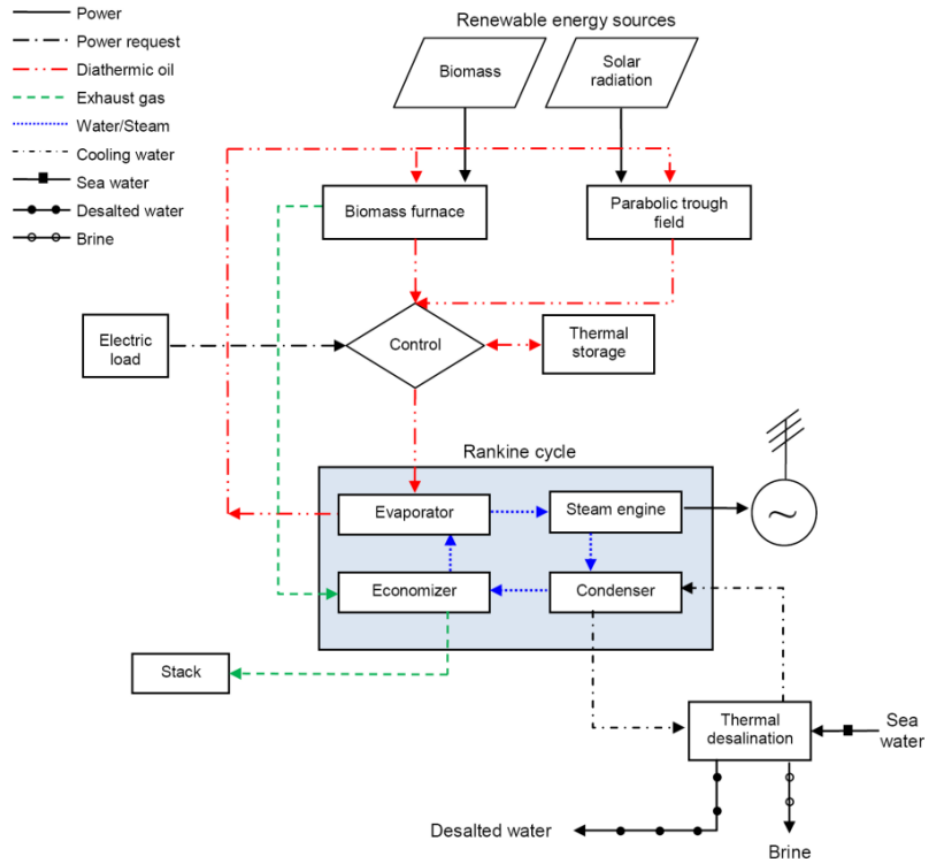
Hotel 4* da 350 posti letto

Impianto di dissalazione da 27 m³/giorni



Ibridazione

Sistema ibrido a concentrazione solare e biomassa di piccola scala



Output energetici costanti

Massimizzazione del contributo solare

invio diretto al RC

accumulo del calore di supero

Caldaia a biomasse sempre in funzione ad un livello minimo (35% della potenza nominale)

per evitare problemi di accensione

incrementato in caso di deficit solari

Logica di controllo

la potenza eccedente è inviata al TES

la potenza mancante è richiesta al TES

deficit di solare e TES vuoto: contributo addizionale da biomassa

Simulazioni non stazionarie

Corsini A., Rispoli F., Tortora E., Gamberale M., *Assessment of H_2 and H_2O -based renewable energy-buffering systems in minor islands*, Renewable Energy 34 (2009) 279–288.

Corsini A., Marro E., Rispoli F., Tortora E., *Wave energy conversion potential from small scale systems in the Pontinian Archipelago*, Proceedings of OWEMES 2009 Conference.

Borello D., Corsini A., Rispoli F., Tortora E., *A combined solar-biomass Rankine cycle concept for small-size cogeneration*, Proceedings of ECOS 2009 Conference.

Borello D., Corsini A., Rispoli F., Tortora E., *Load matching for a combined solar biomass Rankine cycle plant*, Proceedings of ASME-ATI-UIT 2010 Conference.

Corsini A., Marro E., Rispoli F., Tortora E., *Space-time mapping of wave energy conversion potential in Mediterranean sea states*, Proceedings of ASME-ATI-UIT 2010.

Corsini A., Rispoli F., Tortora E., Gonella M., Piccini M., *Desalination performance of a concentrated solar power plant for energy and water production*, Proceedings of 4th international Energy Conference In Palestine, 2011.

Ibridazione

Sistema ibrido a concentrazione solare e biomassa di piccola scala

Risultati

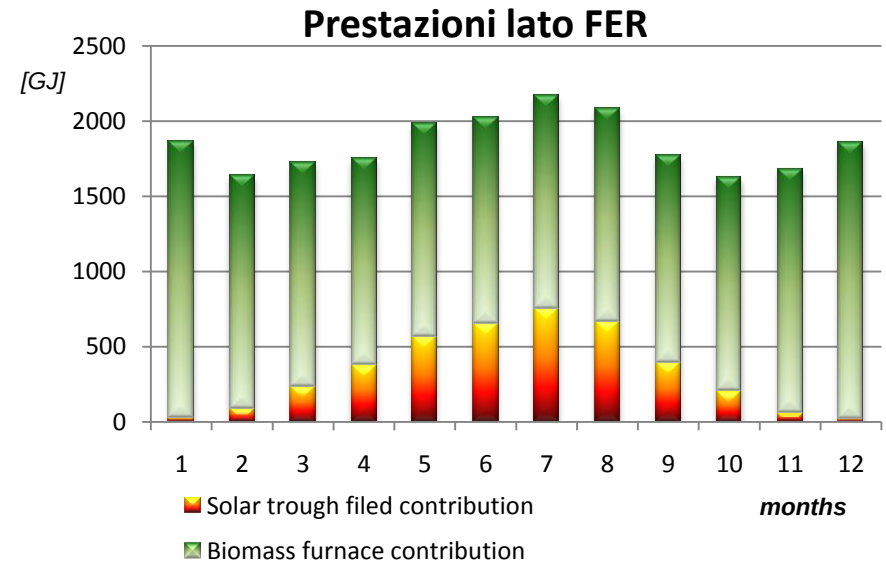
Energia da solare e biomassa: 22300 GJ/anno

Frazione solare 19%

Copertura carico elettrico 99.5%

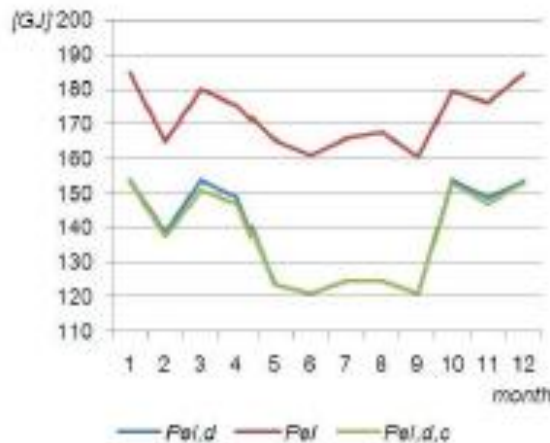
Copertura carico termico/frigorifero: 0% (89% in assenza di dissalazione)

Capacità di dissalazione: 6600 ton/anno

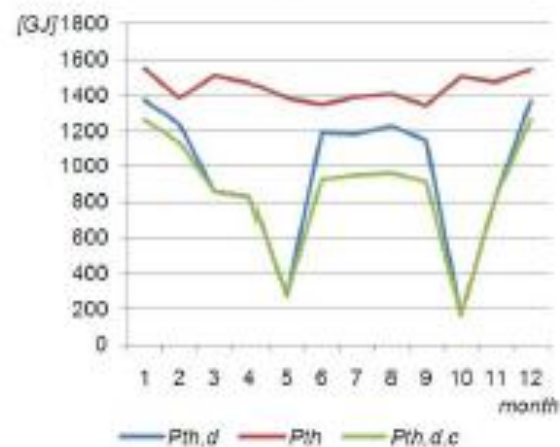


Prestazioni lato carico

a) Electric tracking, electric energy output



c) Electric tracking, thermal energy output



Ibridazione

Caso studio reale: l'impianto TERMOSOLAR BORGES

Impianto costruito da Abantia presso Les Borges Blanques, Lleida (Nord Est della Spagna)

Area totale occupata 70 ha

Impianto CSP a concentratori parabolici lineari da 22.5 MW_{el} 336 collettori per 181000 m² di specchi.

Ibridazione con 2 caldaie a biomassa da 22 MW_{th} ognuna

Efficienza elettrica alla turbina pari a circa il 37%

Produzione annuale attesa 98000 MWh_{el}/anno

Investimento: circa 153 mln€



Ibridazione

Caso studio: l'impianto TERMOSOLAR BORGES

Aspetti salienti

Produzione: la **produttività** attesa dall'impianto CSP da 22.5 MW ibridato (98 GWh/a) è molto simile a quella di un equivalente impianto da 50 MW (110 GWh/a).

Generazione: consente la **generazione di energia con limitata o assente radiazione solare**, raggiungendo un'operatività di 6354 h/a.

Turbina in operazione continua: possibile grazie all'ibridazione, evita accensione e spegnimento giornaliero, consentendo un uso più efficiente del blocco di generazione e dell'infrastruttura elettrica.

Minore investimento a parità di produzione elettrica: 153 mln€ rispetto a 190-210 mln€ di un impianto solo solare da 50MW (dati per la Spagna, senza il costo per l'acquisto del terreno).

Possibilità di ibridazione in funzione dell'ambiente circostante.

Impianto maggiormente **indipendente dalle previsioni meteo**

L'impianto è “**bancabile**” il quanto l'uso di due fonti rinnovabili complementari offre maggiori garanzie.

