



CIRIAT

Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento e
sull'Ambiente - mauro Felli



TRANSIZIONE ENERGETICA Idrogeno sostenibile

ROTARY Club di Cento
20 maggio 2022



prof. Franco Cotana

(Rotary Perugia Est)

EU Co-Chair IWG8 - Renewable Fuels for
Sustainable Transports and Bioenergy



CIRIAF
Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento e
sull'Ambiente - mauro Felli

**CIRIAF – Interuniversity Research Centre on Pollution
and Environment M. Felli**

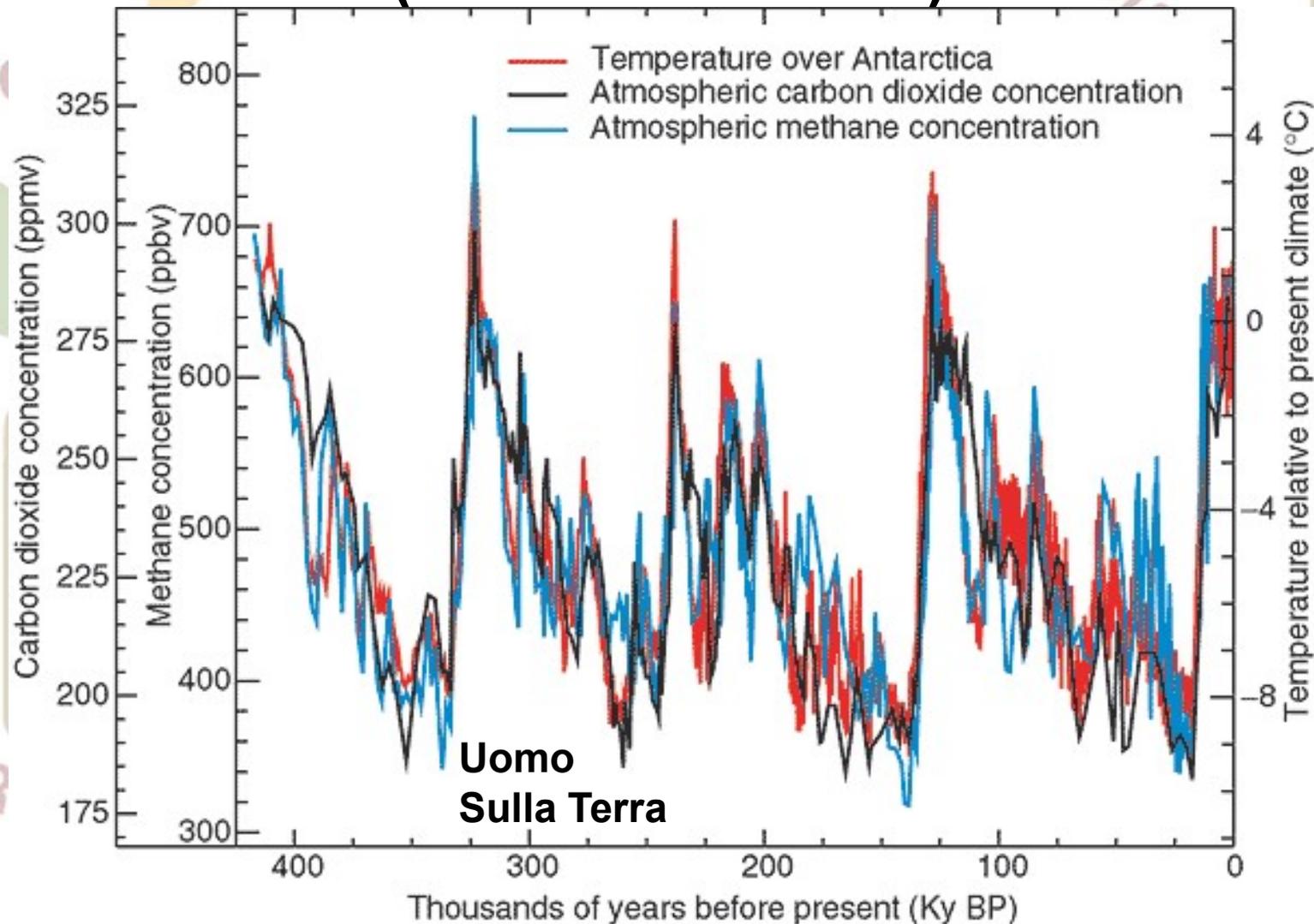


CRB – Biomass Research Centre



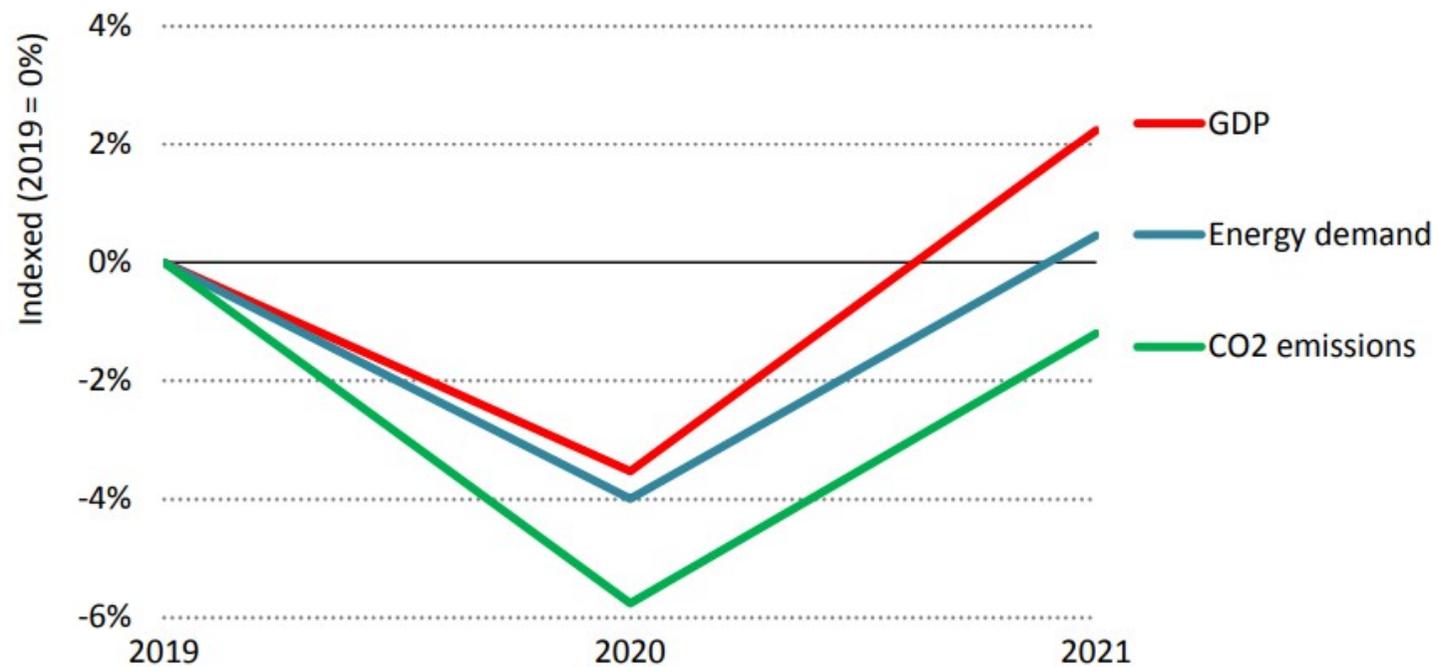
**Department of
Engineering**

Variazione della temperatura negli ultimi 400.000 anni. $+4^{\circ}\text{C}/-9^{\circ}\text{C}$ (Fonte: IPCC)



PIL Mondiale, Energia e Emissioni

Evolution of global GDP, total primary energy demand, and energy-related CO2 emissions, relative to 2019.



IEA. All rights reserved.

PREMESSE G20/COP26

Attuazione Accordo di Parigi 2015/COP21

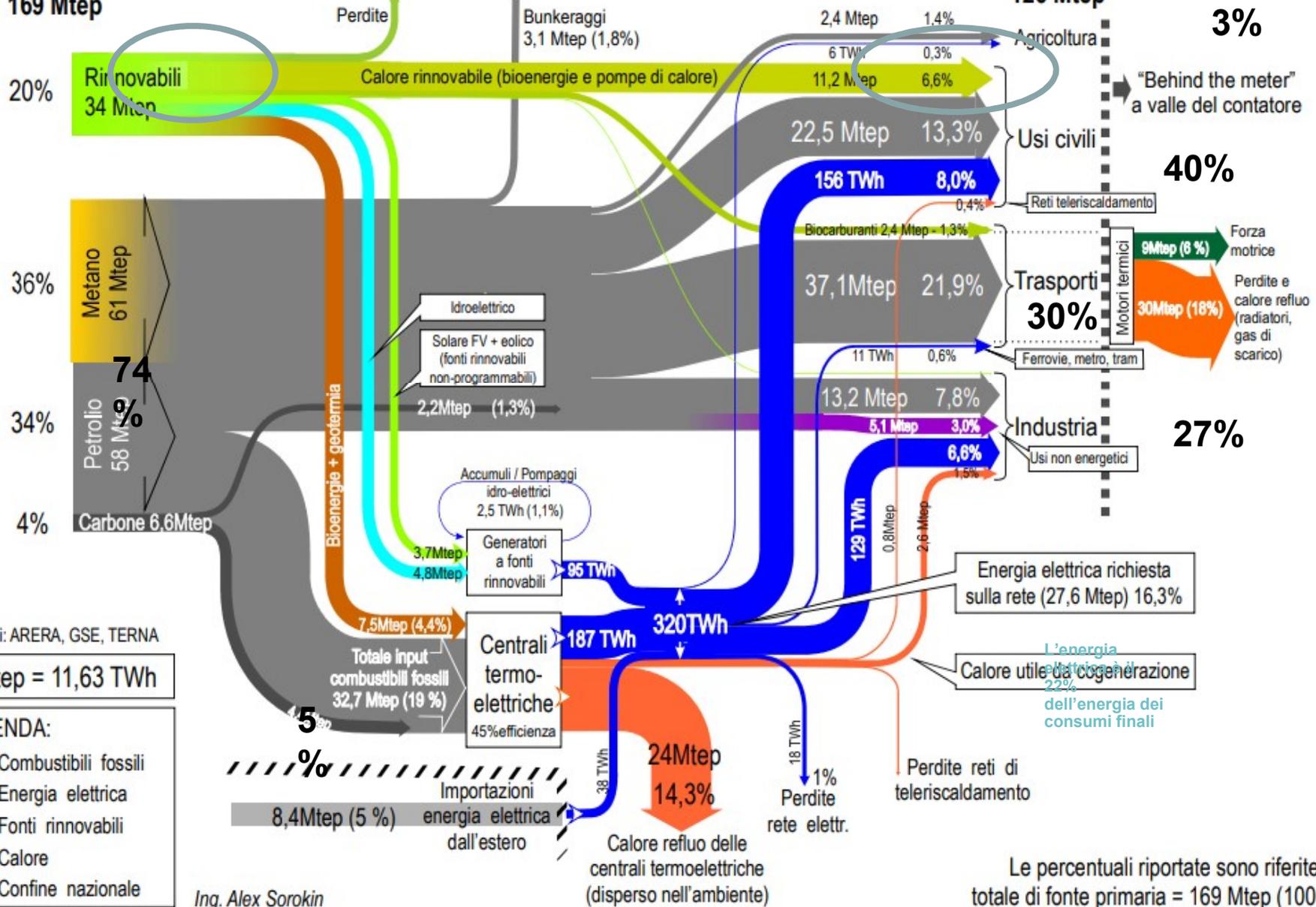
- **T= 1,5 °C max**
- **ADATTAMENTO**
- **MITIGAZIONE**
- **FINANZA**
- **COMBUSTIBILI FOSSILI**
- **RENDICONTAZIONE**

BILANCIO ENERGETICO - ITALIA 2019

Principali fonti, flussi ed usi finali dell'energia

Totale consumo fonte primaria
169 Mtep

Totale consumi finali
126 Mtep

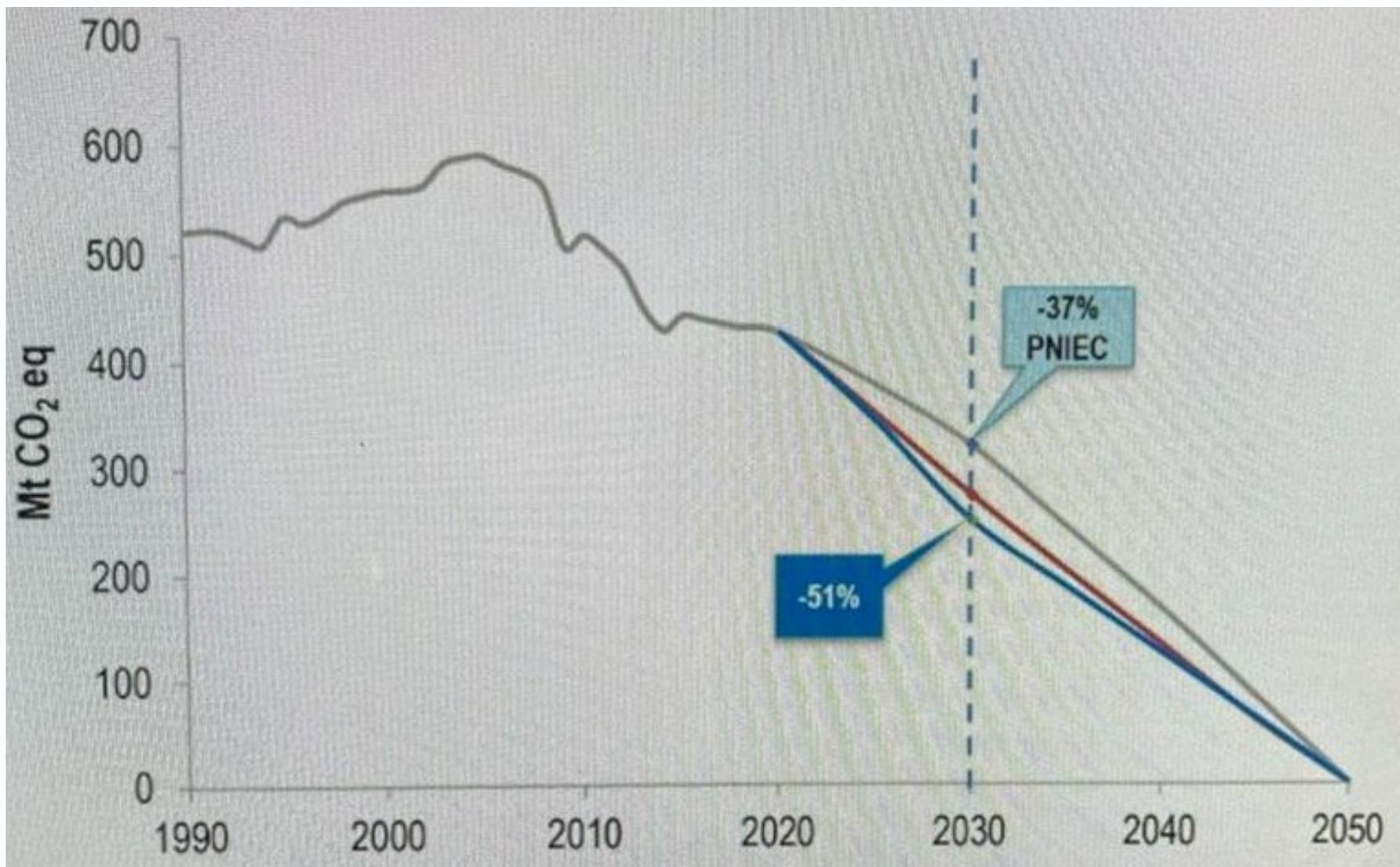


Ing. Alex Sorokin

Le percentuali riportate sono riferite al totale di fonte primaria = 169 Mtep (100%)

Scenari di decarbonizzazione al 2050

PNIEC -40%di CO2 (Italia -37%) EU fit for 55/2021:
14 direttive (Italia -51%di CO2)



Decarbonizzazione dell'economia italiana entro il 2050 piano ambiziosissimo in 28 anni

a) Incrementare l'Efficienza energetica del 30%: riducendo i consumi da **126 Mtep** a **90 Mtep**.

b) Incrementare la Produzione di Energia Rinnovabile del 77% : incrementando la prod.FER **+70 Mtep**

Il mix di energie rinnovabili sfruttabile annuo per la decarbonizzazione:

-Eolico	+ 10,0% (pari a 9 Mtep)
-Idroelettrico	+ 2,0% (pari a 1,8 Mtep)
-Fotovoltaico	+ 35,0% (pari a 31,5 Mtep _280 GWp 170.000 ha)
-Biomasse (incluso biogas)	+ 15,0% (pari a 13,5 Mtep)
-Geotermia a alta entalpia	+ 1,5% (pari a 1,35 Mtep)
-Geotermia a bassa entalpia per Usi termici –Riscaldamento , aria e acqua di falda con Pompe di Calore	+ 12,0% (pari a 10,8 Mtep)
-Rifiuti (9 Mton/y indiff=3Mton CSS)	+ 1,5% (pari a 1,35 Mtep)

del totale FER circa il 18% sottoforma di **idrogeno verde (16 Mtep pari a 5,4 Milioni ton H₂ 18%)**

Totale incremento FER +77% (pari a circa 70 Mtep)

RINNOVABILI % CFL consumi finali lordi 2050 + **23% OGGI** (pari a **20,7 Mtep**)..**NUCLEARE?**

..... **Ma..... La temperatura media della Terra continuerà a salire?!.. Cosa FARE?**

REPOWER EU

PACCHETTO VARATO DALL'UE IL 18 MAGGIO 2022: 300 miliardi di euro

Addio alle fonti fossili importate dalla Russia nel giro di 5 anni

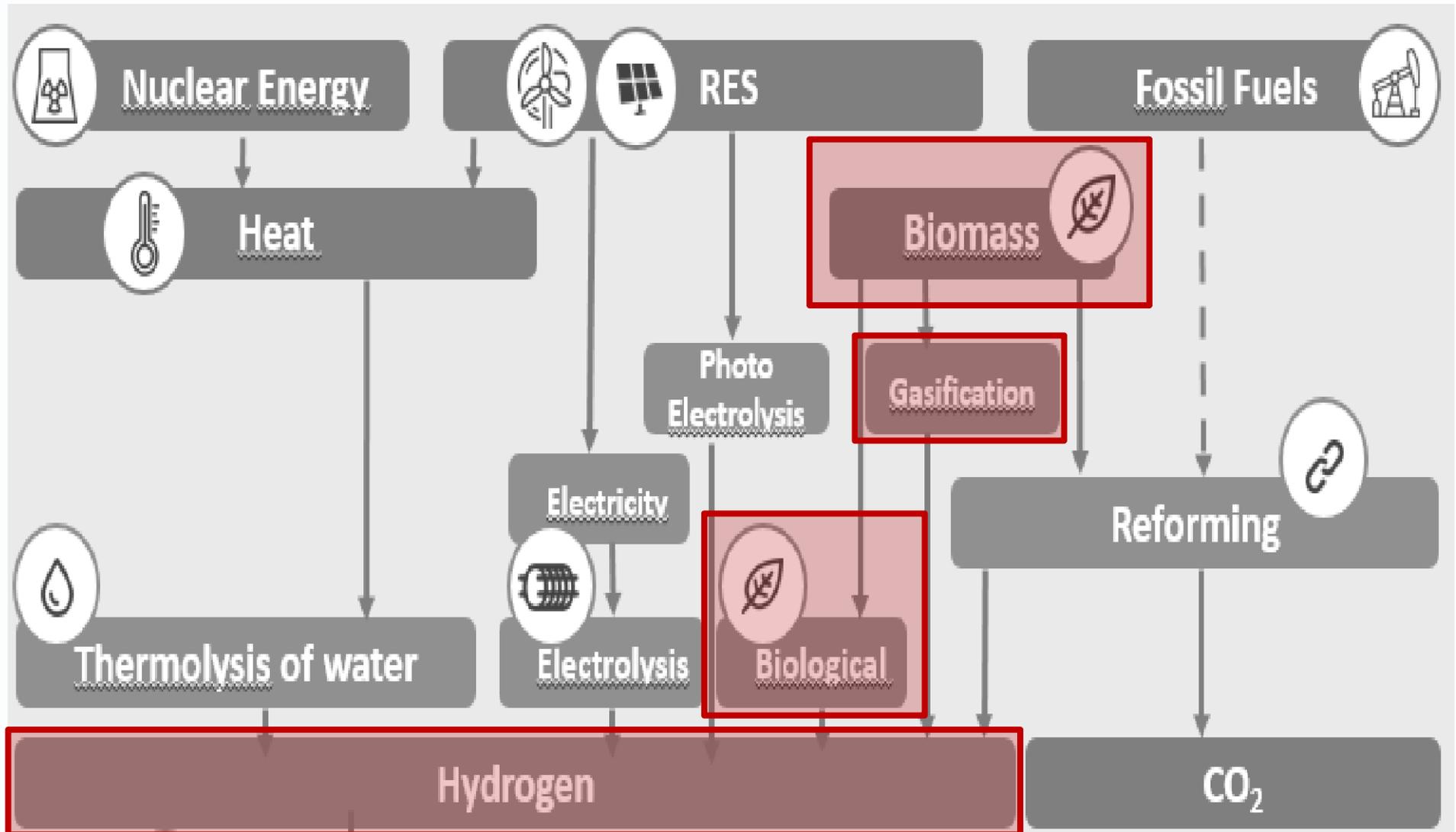
- Maggiori target al 2030 per le rinnovabili (dal 40 al 45%) .
- l'efficienza energetica dal 9 al 13% entro il 2030.
- Installare nuova capacità rinnovabile diventa “**interesse pubblico prevalente**” con una modifica della RED II.
- I tempi del permitting scendono a massimo 1 anno nelle aree speciali designate dai paesi membri.
- Dai tetti fotovoltaici attesi **58 TWh** entro il **2025**.
- in tutto la Strategia solare UE aumenterà la capacità installata di **600GW** entro il 2030,
- **Tetti PV:** entro il **2026** saranno soggetti tutti i nuovi edifici commerciali e pubblici con un'area utile >di 250 m², l'anno successivo scatterà l'obbligo anche per gli edifici esistenti
- **Idrogeno verde** : produzione EU 10 milioni di ton/anno al 2030 +10 milioni ton/anno importato

Idrogeno nell'Unione Europea - road map

	Data 2020	Paese/soggetto EU	Strategie Europee sull'IDROGENO	Budget miliardi€
1	Giugno	Germania	The National Hydrogen Strategy	9 al 2030
2	Luglio	Unione Europea	A Hydrogen strategy for climate-neutral Europe 40+40 GW elettrolizzatori 2030	180-470 al 2050
3	Luglio	11 gestori reti di distribuzione GAS (tra cui SNAM)	European Hydrogen Backbone (pipeline convert 75% +25 New)	27-64 al 2040
4	Sett.	Francia	Strategie nationale pour le developpementde l'hydrogene decarbonè en France	7 al 2030
5	Sett.	Portogallo	Nationa Hydrogen strategy Portugal	7 al 2030
6	Ottobre Dicembre	Italia MUR MISE	-SIRI Strategia Italiana per la Ricerca Sull'Idrogeno -Strategia Nazionale Idrogeno 5 GW elettrolizzatori 2030	10 al 2030

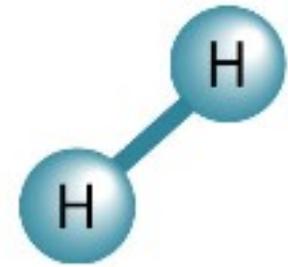
PRODUCTION TECHNOLOGIES FOR BIO-HYDROGEN

Tre le fonti energetiche principali per produrre idrogeno: 1.RES Energie Rinnovabili (radiazione solare, solare fotovoltaico, biometano, biomasse lingo-cellulosiche); 2.Energia Nucleare; 3.Combustibili Fossili (carbone , metano–gas naturale).



Idrogeno Sostenibile

Vettore energetico



H₂ PULITO - CLEAN HYDROGEN- sostenibile

IDROGENO VERDE

da fonti rinnovabili

IDROGENO CIRCOLARE

da rifiuti css

IDROGENO BLU'

da CH₄ foss+catt CO₂

IDROGENO GRIGIO

da metano fossile

IDROGENO MARRONE

da carbone

IDROGENO ROSA

da nucleare

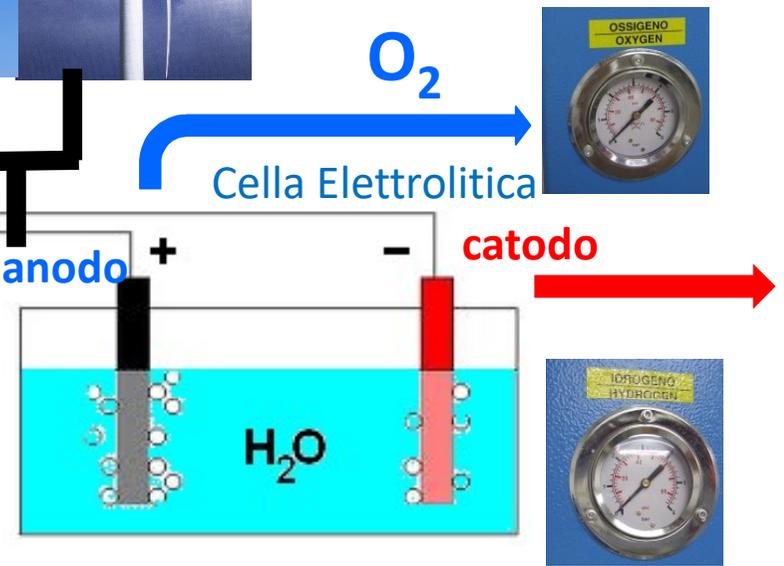


Pannello Fotovoltaico Pala eolica

PRODUZIONE DI IDROGENO DA ENERGIA ELETTRICA da FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

Batterie
SOTAGE
ELETTOCHIMICO

Elettrolisi dell'acqua



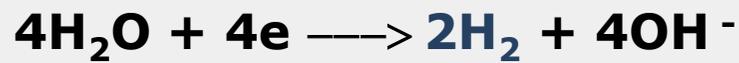
IDROGENO VERDE (oggi)



**Ossidazio
ne anodo**



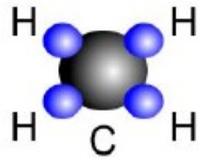
**Riduzione
catodo**



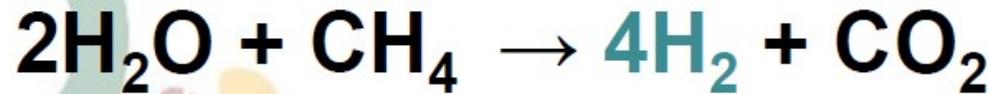
ma $(4H^+ + 4OH^- = 4H_2O)$ semplificando: $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

A)

Bio-H₂ from Steam reforming of bio-CH₄



Bio-CH₄



BIOGAS/Bio-Methane PLANT

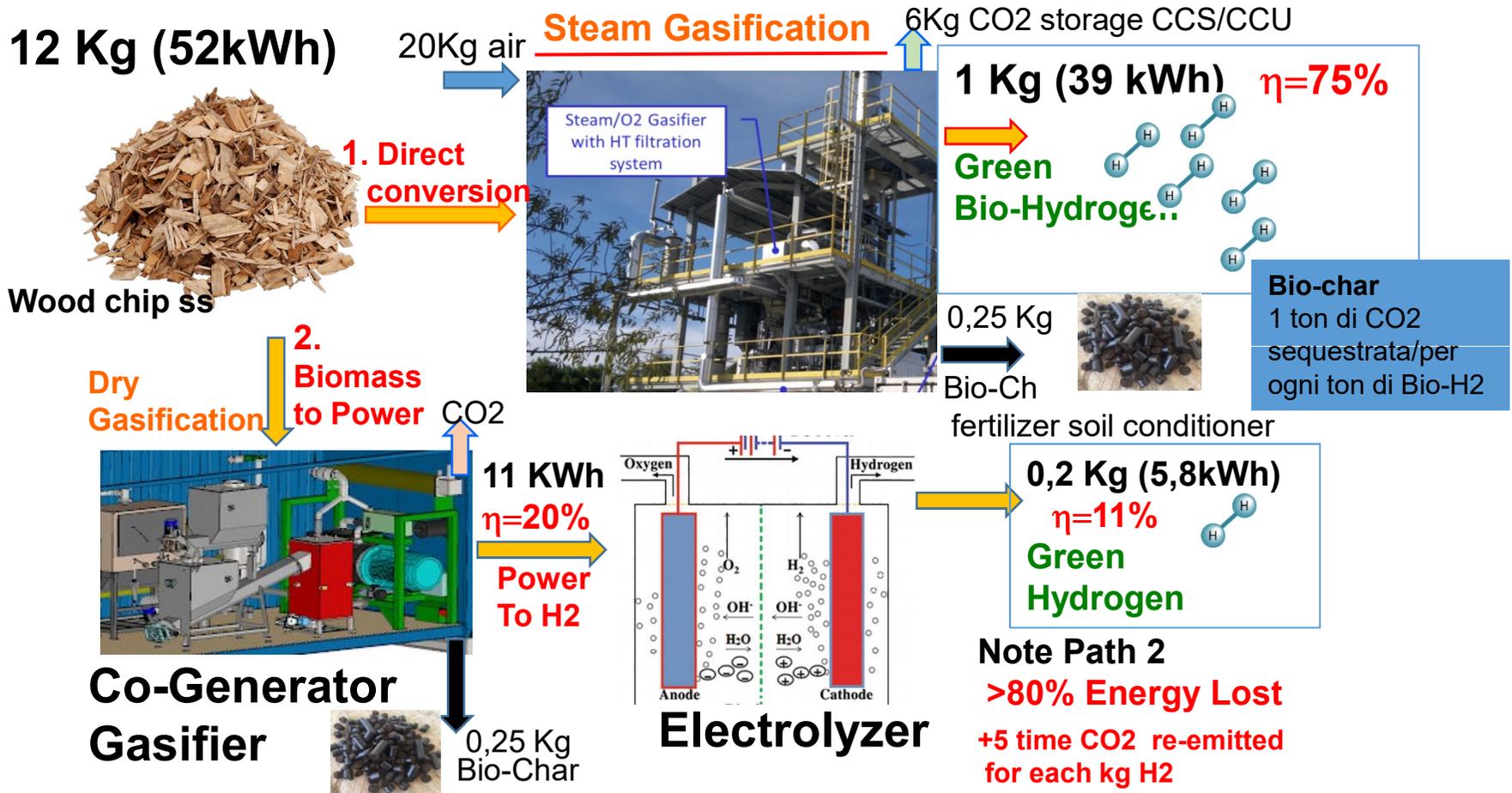


DIGESTATO

3 tonnellate di CO₂ sequestrata per ogni ton di Bio-Idrogeno verde prodotto

B) Steam Gassification

12 Kg of Wood Chip – Path 1 vs 2 to H₂



PNRR principio “Do No Significant Harm” (DNSH) che prevede che gli interventi dei Piani nazionali non arrechino alcun danno significativo all’ambiente: max 3tCO2/1tH2

- **A)** Ogni tonnellata di Idrogeno verde prodotto da **Steam reforming** del biometano si sequestrano nel Digestato circa 3 tonnellate di CO2.
- **B)** Ogni tonnellata di Idrogeno verde prodotto da **Steam Gasification** si sequestra nel Bio-Char circa 1 tonnellata di CO2.
- Non solo il vincolo per la produzione di idrogeno di 3tCO2/1tH2 è rispettato ma addirittura è negativo e e’ pari rispettivamente a :
 - **3tCO2/1tH2 Steam reforming da BioMetano**
 - **1tCO2/1tH2 Steam Gasification da Legno**

Idrogeno verde da fotovoltaico

- La produzione di Idrogeno verde da energia **Fotovoltaica e elettrolisi** non consente di sottrarre direttamente CO₂ all'atmosfera, al contrario modificando in peggio l'ALBEDO superficiale terrestre (superficie nera) **aumenta la radiazione solare catturata e trasformata in calore 80%**(radiazione infrarossa) con il conseguente:
 - **aumento dell'isola di calore UHI**
 - **aumento del riscaldamento globale GW**

European forests are expanding.

Over the last thirty years, the increase has been about **9%** and, according to the latest estimates, in 2020 they reached 227 million hectares, equal to over a third of the entire surface of the continent.

Table 1.1-3: Forest area and annual change in forest area, by region, 1990-2020 and 2010-2020

Region	1990	2000	2005	2010	2015	2020	Annual change 1990-2020	Annual change 2010-2020
	1 000 ha						%	
North Europe	69 943	70 823	70 767	70 926	71 202	71 299	+0.06	+0.05
Central-West Europe	35 020	36 382	37 178	37 864	38 447	38 966	+0.36	+0.29
Central-East Europe	41 731	42 773	43 280	43 841	44 471	44 735	+0.23	+0.20
South-West Europe	24 910	28 760	30 162	30 841	31 176	31 466	+0.78	+0.20
South-East Europe	36 459	37 339	38 210	39 442	40 196	40 887	+0.38	+0.36
EU-28	147 971	154 754	157 592	159 673	161 413	162 422	+0.31	+0.17
Europe	208 062	216 077	219 597	222 914	225 493	227 353	+0.30	+0.20

Note: Data coverage as % of total regional forest area: 100%; data cover all countries, for those not reporting on the year 2020 the last available information was used.

**DECRETO 28
ottobre 2021**

Disposizioni per la definizione dei criteri minimi nazionali per l'elaborazione dei piani forestali di indirizzo territoriale e dei piani di gestione forestale.
(21A07076)

[\(GU Serie Generale n.289 del 04-12-2021\)](#)

PREVEDE:
Piani forestali e la gestione forestale definendo i **Criteri Minimi Nazionali di Gestione Forestale (CMN-GF)**

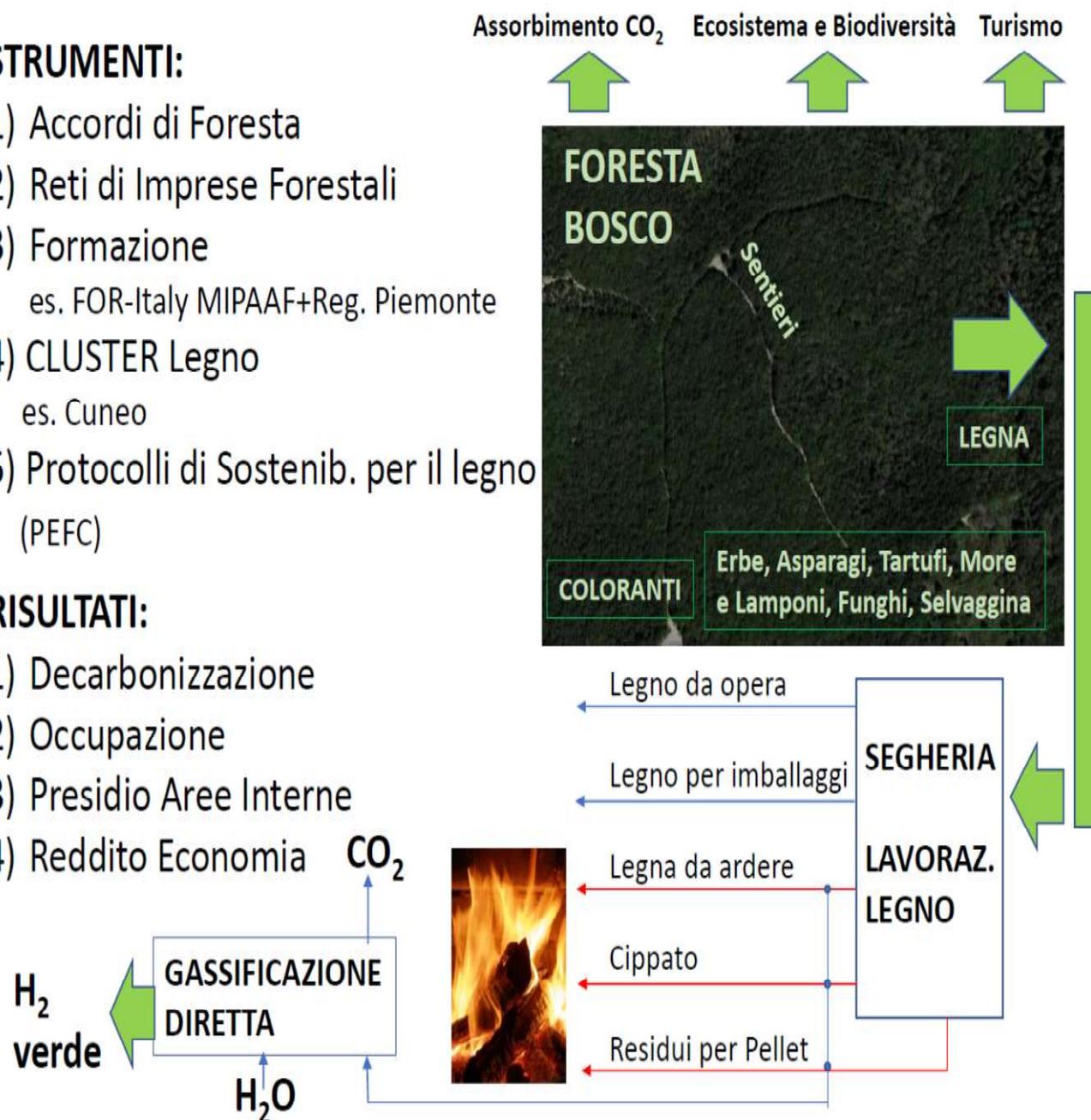
SCHEMA DI BIODISTRETTO

STRUMENTI:

- 1) Accordi di Foresta
- 2) Reti di Imprese Forestali
- 3) Formazione
es. FOR-Italy MIPAAF+Reg. Piemonte
- 4) CLUSTER Legno
es. Cuneo
- 5) Protocolli di Sostenib. per il legno (PEFC)

RISULTATI:

- 1) Decarbonizzazione
- 2) Occupazione
- 3) Presidio Aree Interne
- 4) Reddito Economia



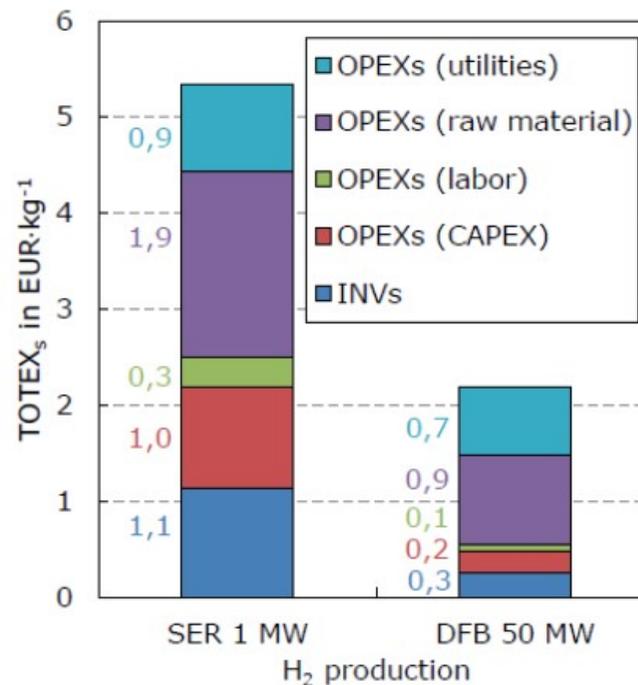
SENDEN in GERMANY



Price production of green hydrogen from wood cellulosic biomass

Comparison of the calculated hydrogen selling price, based on the assumption NPV = 0.

Hydrogen production capacity	SER 1 MW	DFB 50 MW
Hydrogen selling price in EUR·kg ⁻¹	5.49	2.70



Comparison of the calculated TOTEXs based on the three different H₂ production chains and on the three different H₂ production capacities.

Ipotesi di impianto di idrogeno da legno

(dove? Valsugana?)



+20.000 ton/anno CO2
cattura /storage /uso CCS /CCU



Input (4 - 7,5)MWt

biomassa UR15% cippato legno
6.500-12.000 ton/anno (1,7 ton/h)

960.000
euro/anno
(80 euro/ton)



Output 2- 4MW

Idrogeno verde
(500 - 1000) ton/anno

5.000.000 euro/anno
(Idrogeno a 5 euro/kg)

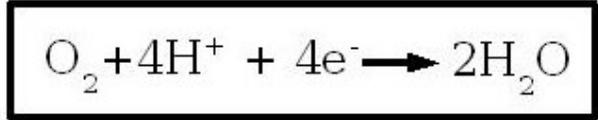
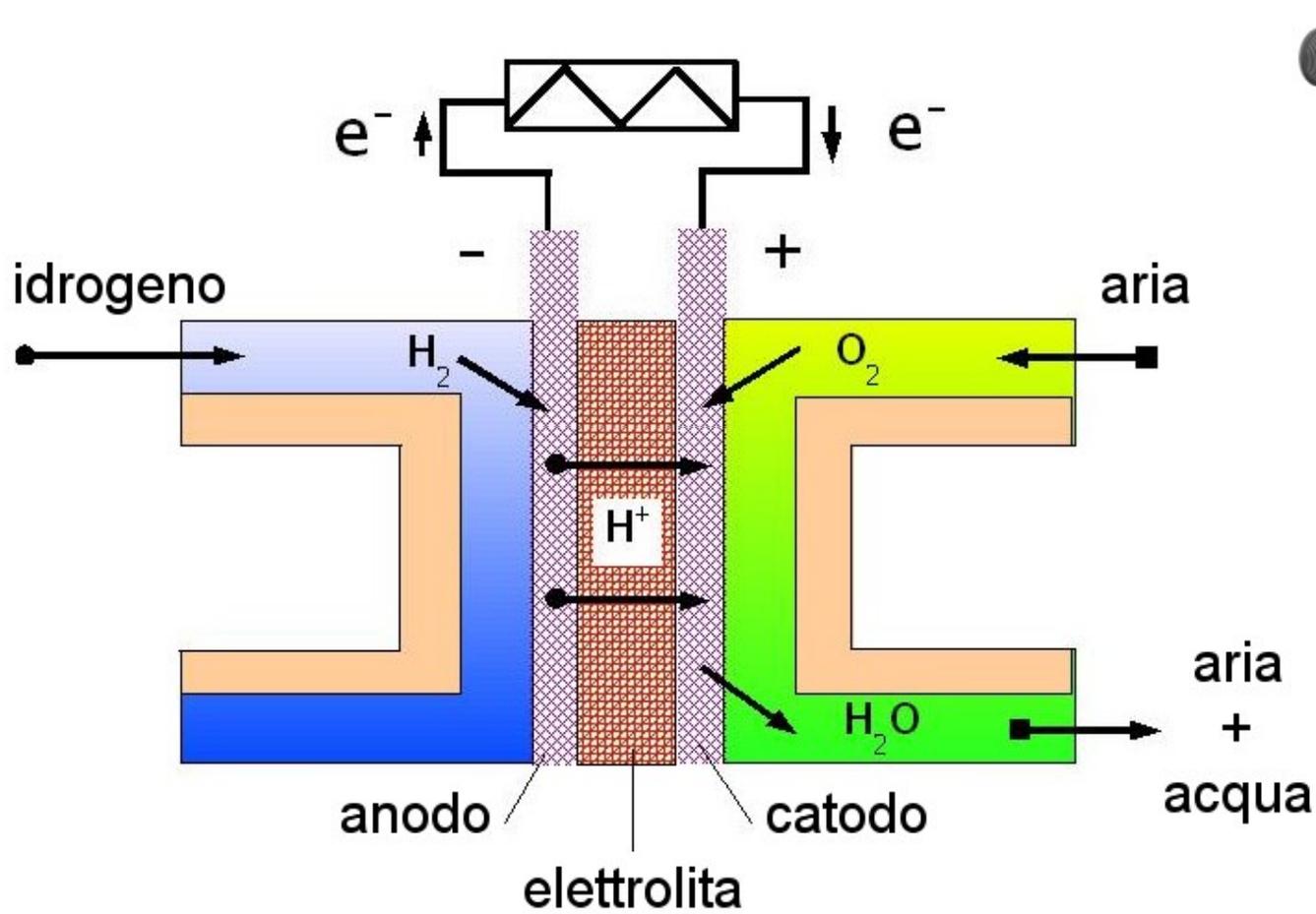
Bio-Char 300 ton/anno
fertilizer soil conditioner



-1.000 ton/anno CO2

Funzionamento 7000
ore/anno

Celle a Combustibile Fuel Cell



CIRIAF - Laboratorio Celle a Combustibile e sistemi per l'accumulo di energia POLO di TERNI – ricerche sull'Idrogeno dal 2001 ad oggi

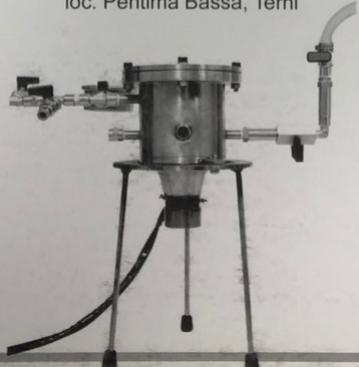

Ingegneria per l'Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile

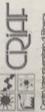
Sistemi Innovativi di Produzione di Idrogeno
da Energie Rinnovabili

Progetto Nazionale FISR Vettore Idrogeno

Giornata di studio
20 ottobre 2006

Università degli Studi di Perugia
Polo Didattico Scientifico
Aula 3, Facoltà di Ingegneria
loc. Pentima Bassa, Terni




Centro Interuniversitario di Ricerca
sull'Ingegneria e lo Sviluppo Sostenibile


Università degli Studi
di Perugia


ENEA - Museo Nazionale
della Scienza e della Tecnologia
Leonardo da Vinci


Politecnico di Torino


ENVIRONMENT
FORUM


Ingegneria per l'Ambiente
e lo Sviluppo Sostenibile

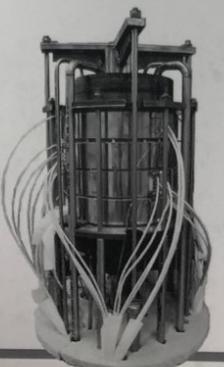

Ingegneria per l'Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile

Sistemi Innovativi di Produzione di Idrogeno
da Energie Rinnovabili

Progetto Nazionale FISR Vettore Idrogeno
2° ANNO

WORKSHOPS
26 agosto 2008
27 agosto 2008

Meeting di Rimini 2008
Rimini Fiera




Centro Interuniversitario di Ricerca
sull'Ingegneria e lo Sviluppo Sostenibile


Università degli Studi
di Perugia


ENEA - Museo Nazionale
della Scienza e della Tecnologia
Leonardo da Vinci


Politecnico di Torino


ENVIRONMENT
FORUM


Ingegneria per l'Ambiente
e lo Sviluppo Sostenibile

BREVETTI

1. Patent n. 0001346061 issued on 03/07/2008:

A thermo-electro-chemical device based on molten carbonates with cylindrical geometry for the simultaneous generation of electricity and heat (PG2003A0019), F.Cotana, G.A.Pasquale, F.Rossi,

2. Patent n. 1330164 . - 2006.

*Solar energy device for the **production of hydrogen and oxygen** by means of the water **photolysis**, stimulated by **electromagnetic radiation** and favoured by the action of other mechanisms, F. Cotana,*

CIRIAF-Laboratorio Idrogeno e Celle a Combustibile e sistemi per l'accumulo di energia POLO di TERNI

**SMALL SIZE FUEL CELLS SMALL POWER MCFC
(BETWEEN 0 TO 40 KW) EFFICIENCY 55%**



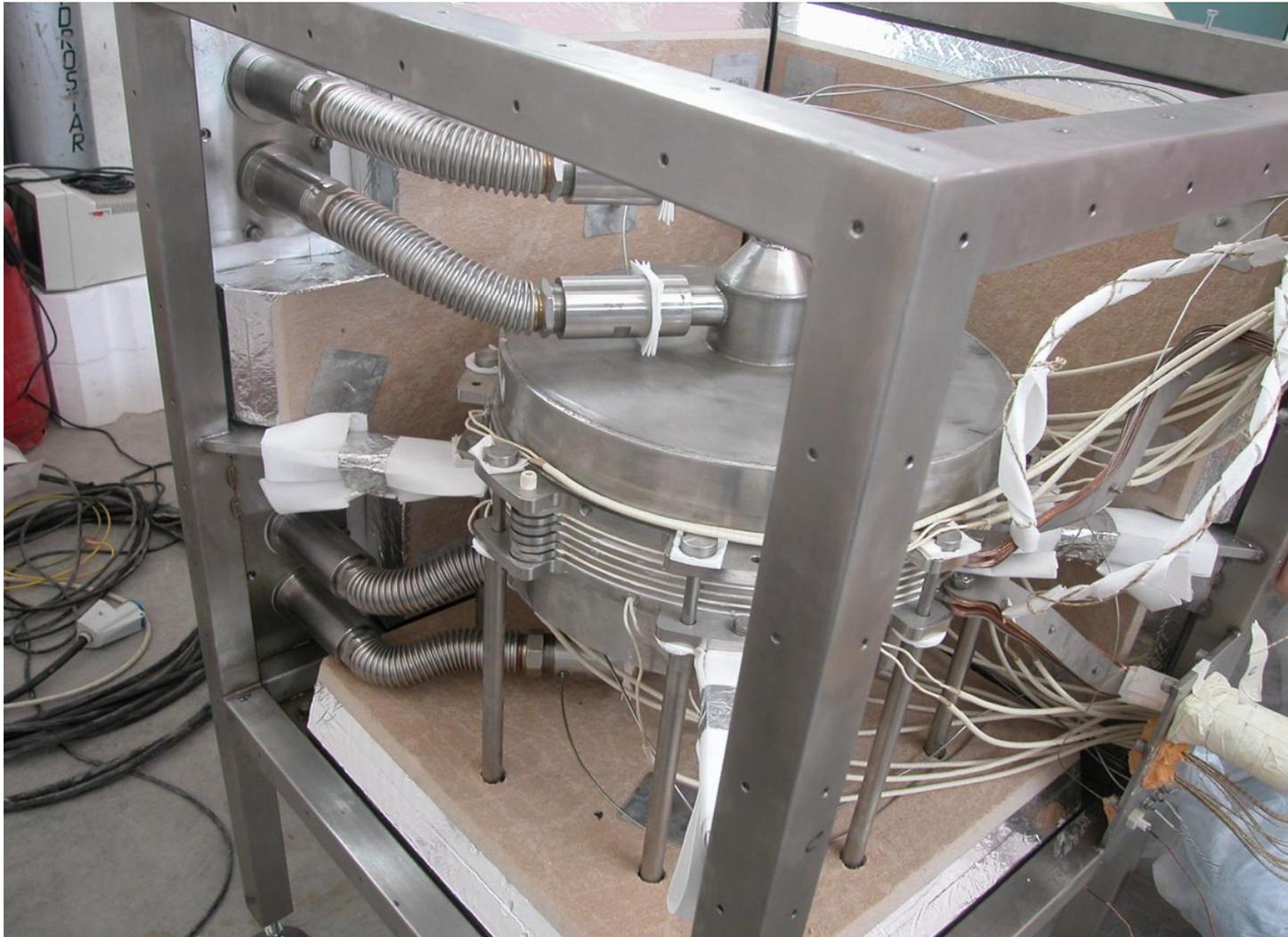
CIRIAF-Laboratorio Idrogeno e Celle a Combustibile e sistemi per
l'accumulo di energia POLO di TERNI

STACK IN FASE DI ASSEMBLAGGIO



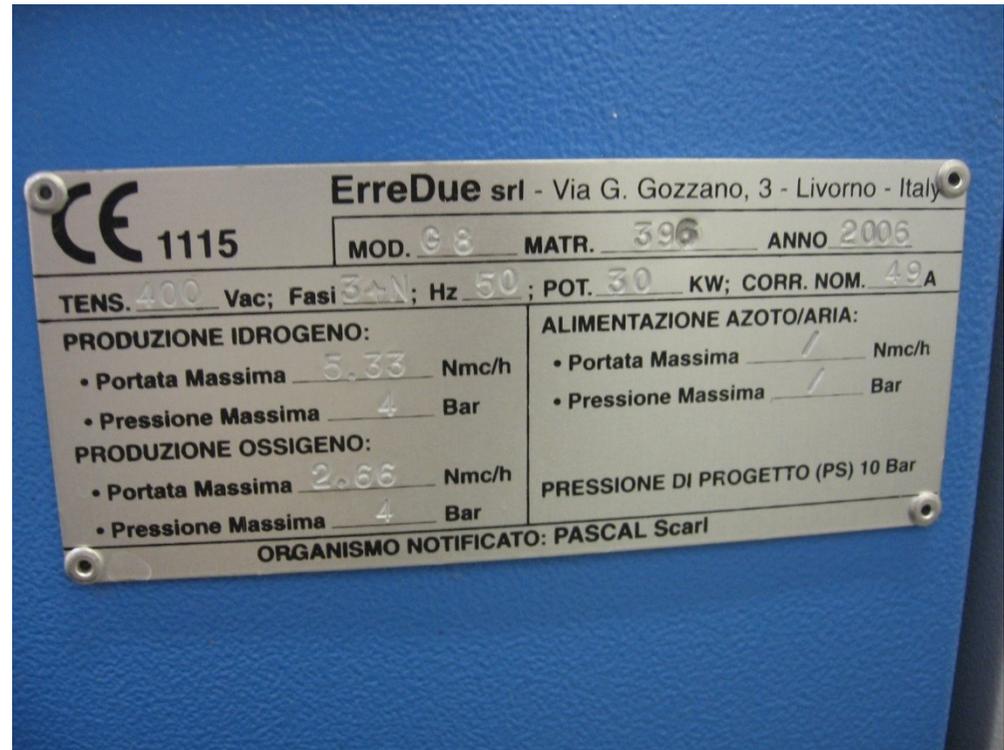
**SMALL SIZE FUEL CELLS SMALL POWER MCFC
(BETWEEN 0 TO 40 KW) EFFICIENCY 55%**

CIRIAF – MCFC Fuel Cell Prototype Electric power from 0 - up to 5 kW



CIRIAF - Laboratorio Celle a Combustibile e sistemi per l'accumulo di energia POLO di TERNI

ELETTROLIZZATORE



UTENZE della MOBILITA' : Auto a Idrogeno



Toyota Mirai:

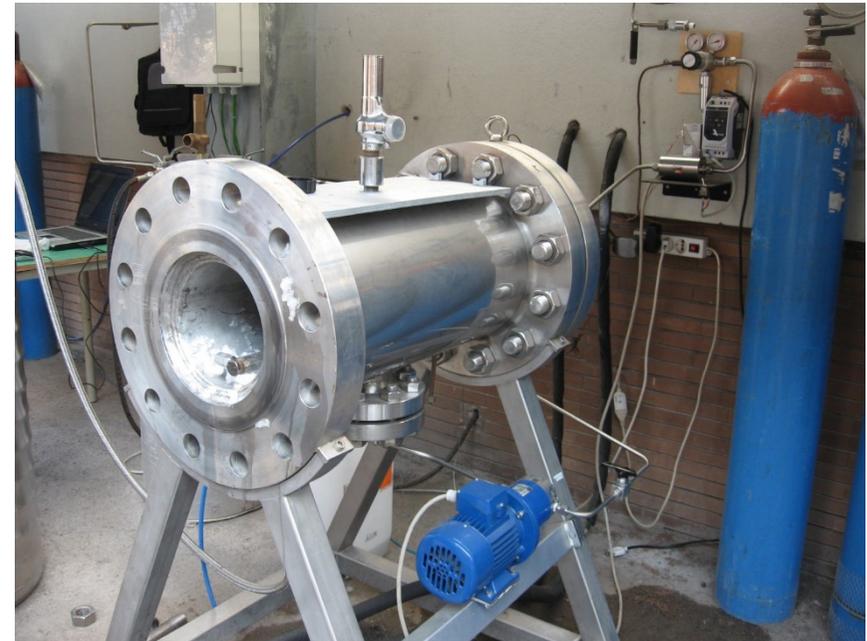
potenza 154cv, autonomia 500km con 5kg di idrogeno a 700bar, 4 minuti tempo di rifornimento, prezzo 66.000euro.

Hyundai Nexo:

potenza 163cv, autonomia 640km con 6,3 kg di idrogeno a 700bar, 5 minuti tempo di rifornimento, prezzo 72.000euro



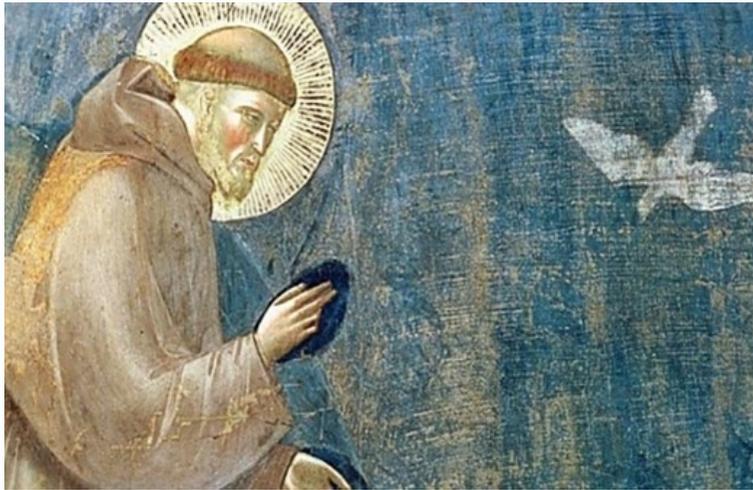
CIRIAF-Laboratorio *Celle a Combustibile e sistemi per l'accumulo di energia POLO di TERNI*
REATTORE PER CLATRATI IDRATI



CIRIAF - Terni - Clatratiidrati H₂
Accumulo di IDROGENO



La Fondazione **SORELLA NATURA** e **AMICI del CREATO**,
Proclamazione di S. Francesco d'Assisi - 29 Novembre
«**Patrono dei Cultori dell'Ecologia**»



... p' d'ora luna ele stelle. in celu lai formate
clante 7 p'tiose 7 belle. Laudato si mi signore
p' frè ueto 7 p' aere 7 nubilo 7 sereno 7 omne
t'po. p' loquale ale tue creature tu susten
tando. Laudato si mi signore p' sor' aqua. la
quale emulto uale 7 humile 7 p'tiosa 7 casta.
Laudato si mi signore p' frè focu. p' loquale
emallumini la nocte. ed ello et ello 7 iocundo
7 robusto 7 forte. Laudato si mi signore p'
sora nra madre terra. la quale ne sustenta
7 regna. 7 p'duce ch'issi fructi cō colorati
flor' 7 herba. Laudato si mi signore p' quelli
Re donano p' lo tuo amore. 7 sostengo in

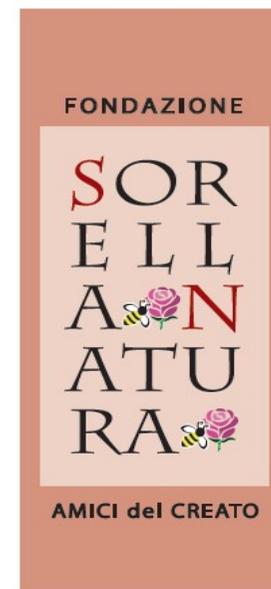
Dal **Cantico delle Creature** (1224) S.Francesco: **Laudate e Benedicete mi' Signore (PER LE 6 ENERGIE RINNOVABILI)**

Laudato si' per:

- **Messer lo frate Sole** (en. Solare)
- **Sora Luna** (en. Maree)
- **Fratre Vento** (en. Eolica)
- **Sor' Acqua** (en. Idroelettrica)
- **Fratre Focu** (en. da Biomasse/Le)
- **Madre Terra** (en. Geotermica)

+ ----- +

- **Fratre Idrogeno** (da Acqua, Sole o Focu)



**CUSTODIA
DEL
CREATO**



CIRIAC

Centro Interuniversitario
di Ricerca sull'Inquinamento e
sull'Ambiente - mauro Felli

franco.cotana@unipg.it

