

CIRIAF

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

TAVOLA ROTONDA
12 Settembre | ore **15.00**
Auditorium Confindustria Umbria
Via Palermo, 80a - Perugia

ENERGIA & RIFIUTI
RIFIUTI ENERGIA

la strategia per **un futuro sostenibile**

TRANSIZIONE ENERGETICA

Idrogeno sostenibile da Biomasse

9 settembre 2022

prof. ing. Franco Cotana

Coord. Dottor.to di Ricerca Int.le ENERGIA e SVILUPPO SOSTENIBILE
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**



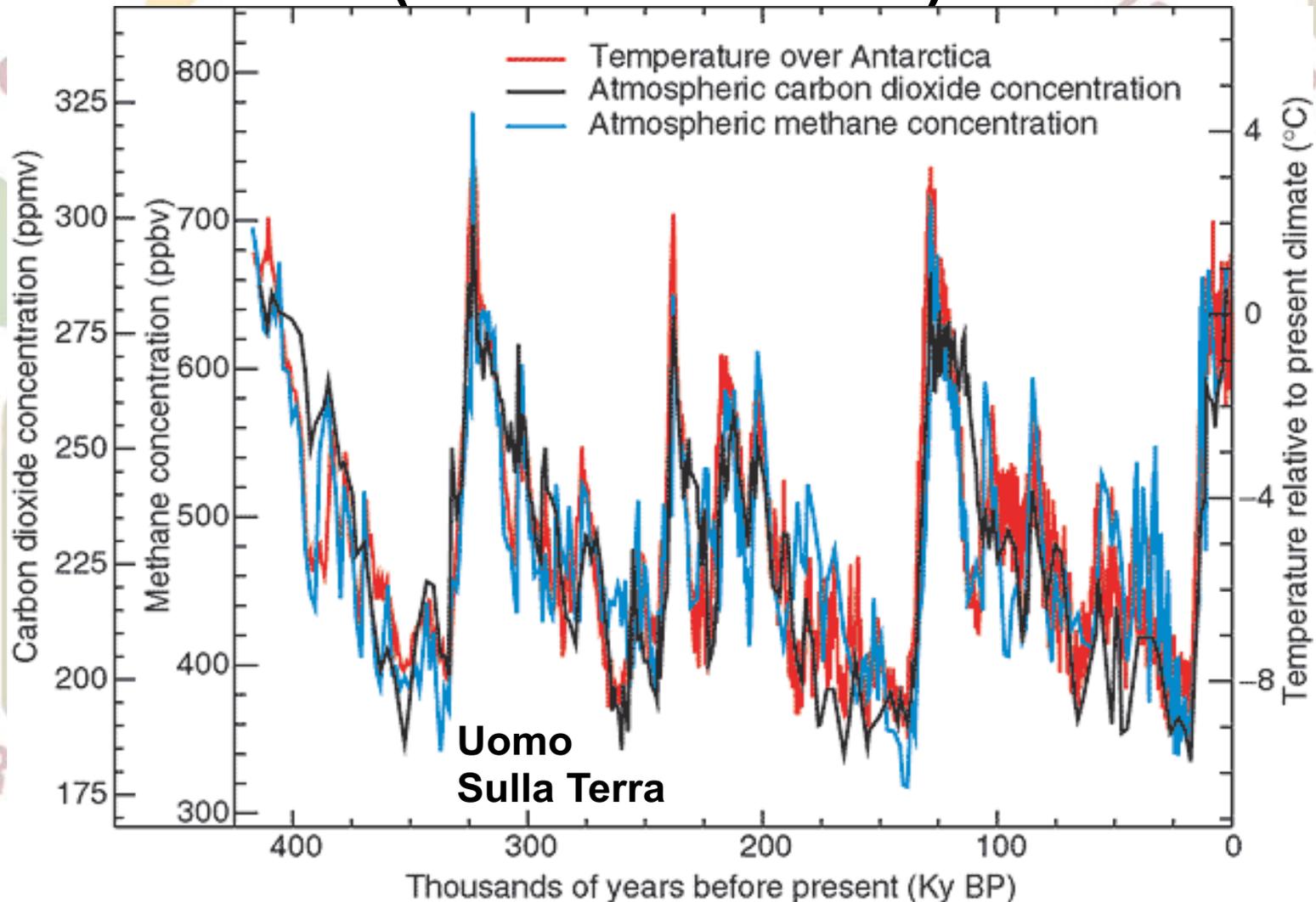
CRB – Biomass Research Centre



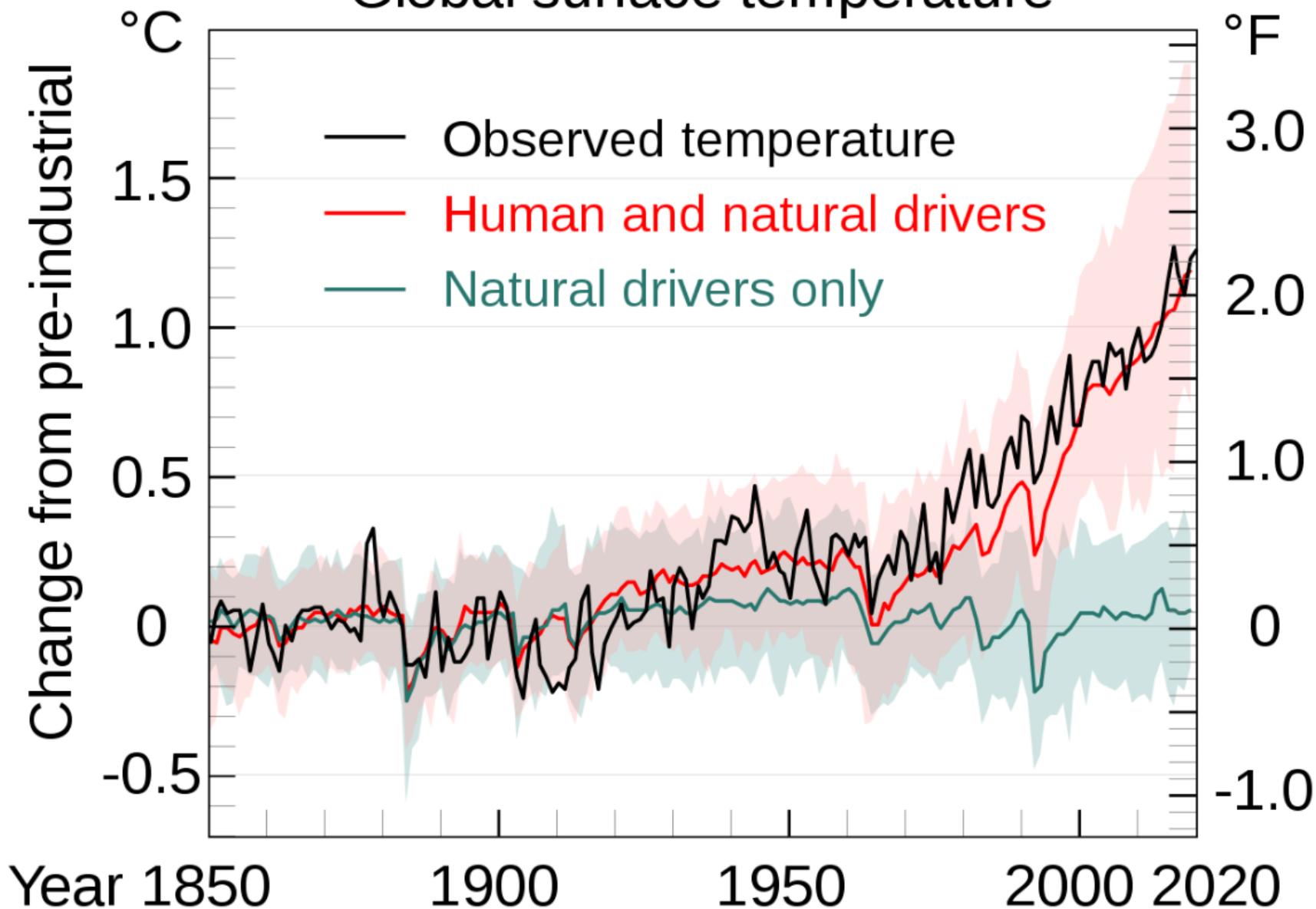
DI

**Department of
Engineering**

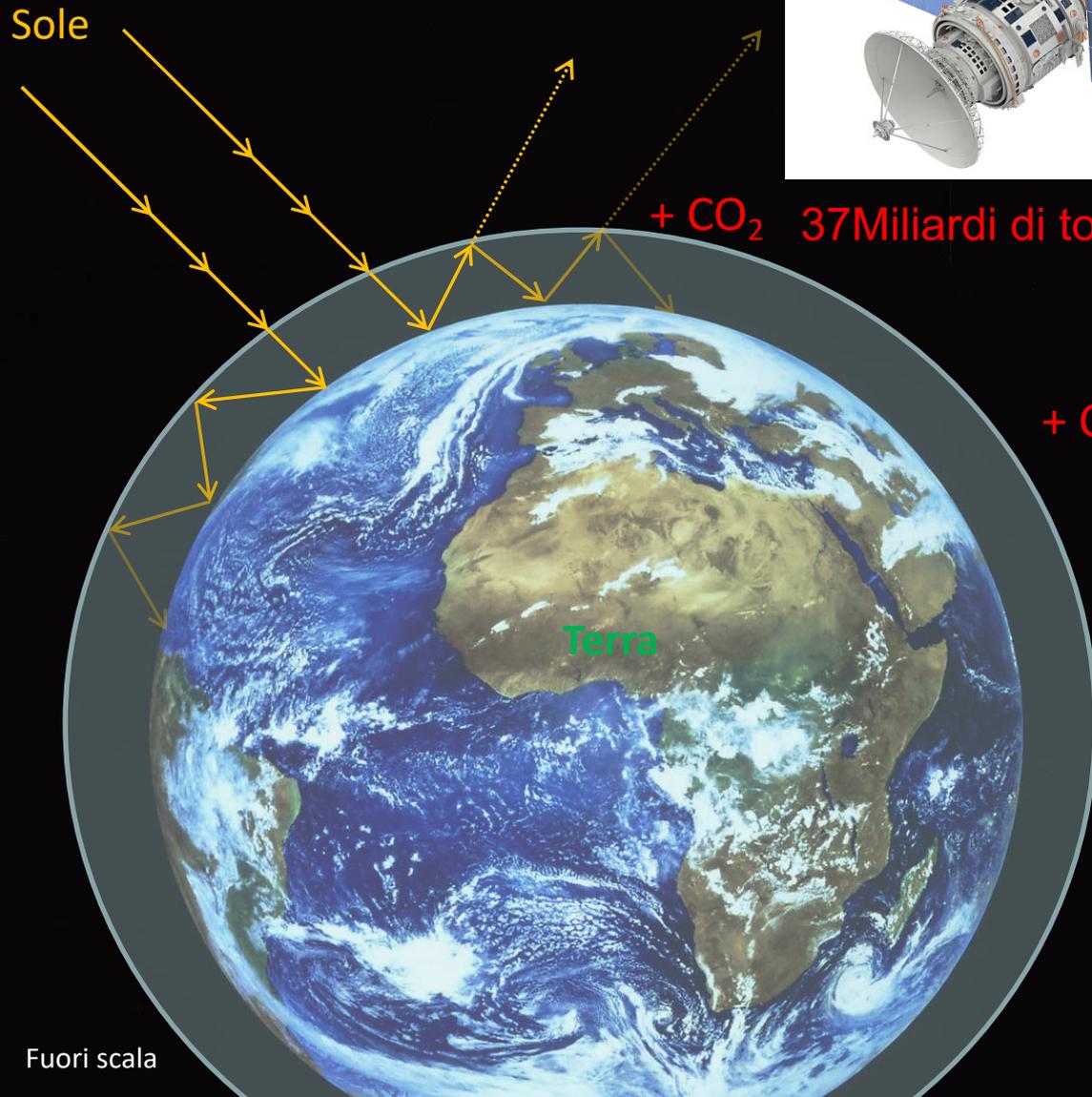
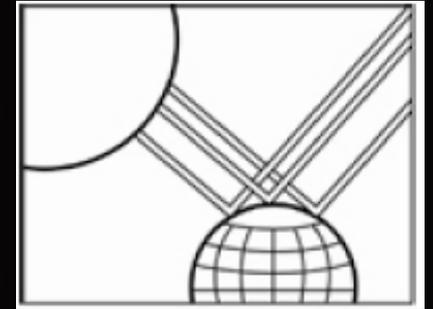
Variazione della temperatura negli ultimi 400.000 anni. $+4^{\circ}\text{C}/-9^{\circ}\text{C}$ (Fonte: IPCC)



Global surface temperature



Cambiamenti climatici



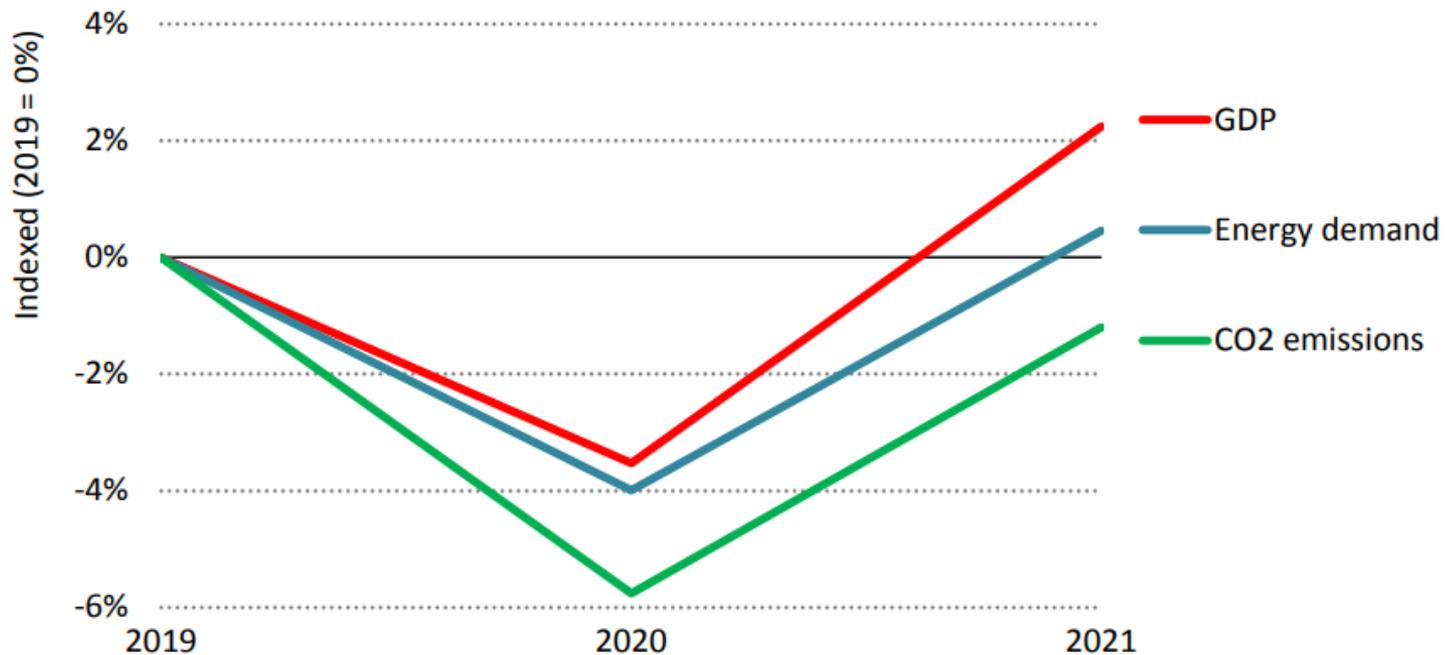
+ CO₂ 37Miliardi di tonnellate/anno

+ CO₂ = + Energia = + Eventi estremi

+ Acidificazione degli oceani =
Distruzione della barriera
corallina e dei gusci dei
molluschi

PIL Mondiale, Energia e Emissioni

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



Transizione Ecologica G20/COP26: SOCIETA' - SCIENZA -ECONOMIA

- **PEOPLE**–SOCIETA'

- 2021= 7,85 miliardi di persone (+ 1,1% /anno)

- **PLANET**– SCIENZA/TECNOLOGIA

2019/2021 = 14,4 Miliardi Tep(13,8 nel 2020)/37miliardi Ton CO2

Trend : da 1,5% 2017 ; 2,1% 2018 ; al 0,6% nel 2019

- **PROSPERITY** – ECONOMIA

Gdp 92.000 miliardi di dollari (crescita +2,5% anno)

PREMESSE

G20/COP26

Attuazione Accordo di Parigi 2015/COP21

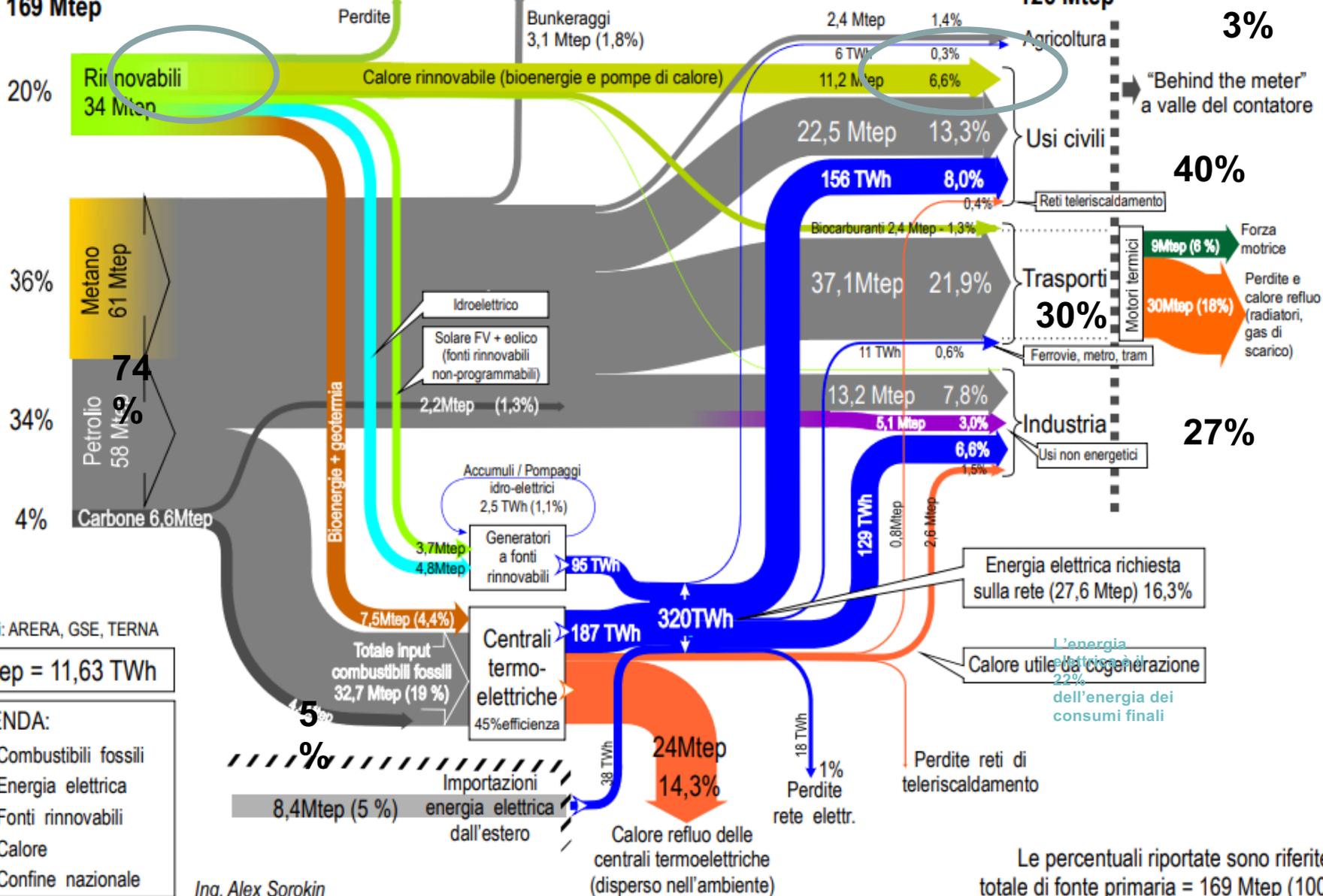
- **T= 1,5°C max**
- **ADATTAMENTO**
- **MITIGAZIONE**
- **FINANZA**
- **COMBUSTIBILI FOSSILI**
- **RENDICONTAZIONE**

BILANCIO ENERGETICO - ITALIA 2019

Principali fonti, flussi ed usi finali dell'energia

Totale consumo fonte primaria
169 Mtep

Totale consumi finali
126 Mtep



Fonti dati: ARERA, GSE, TERNA

1 Mtep = 11,63 TWh

LEGENDA:

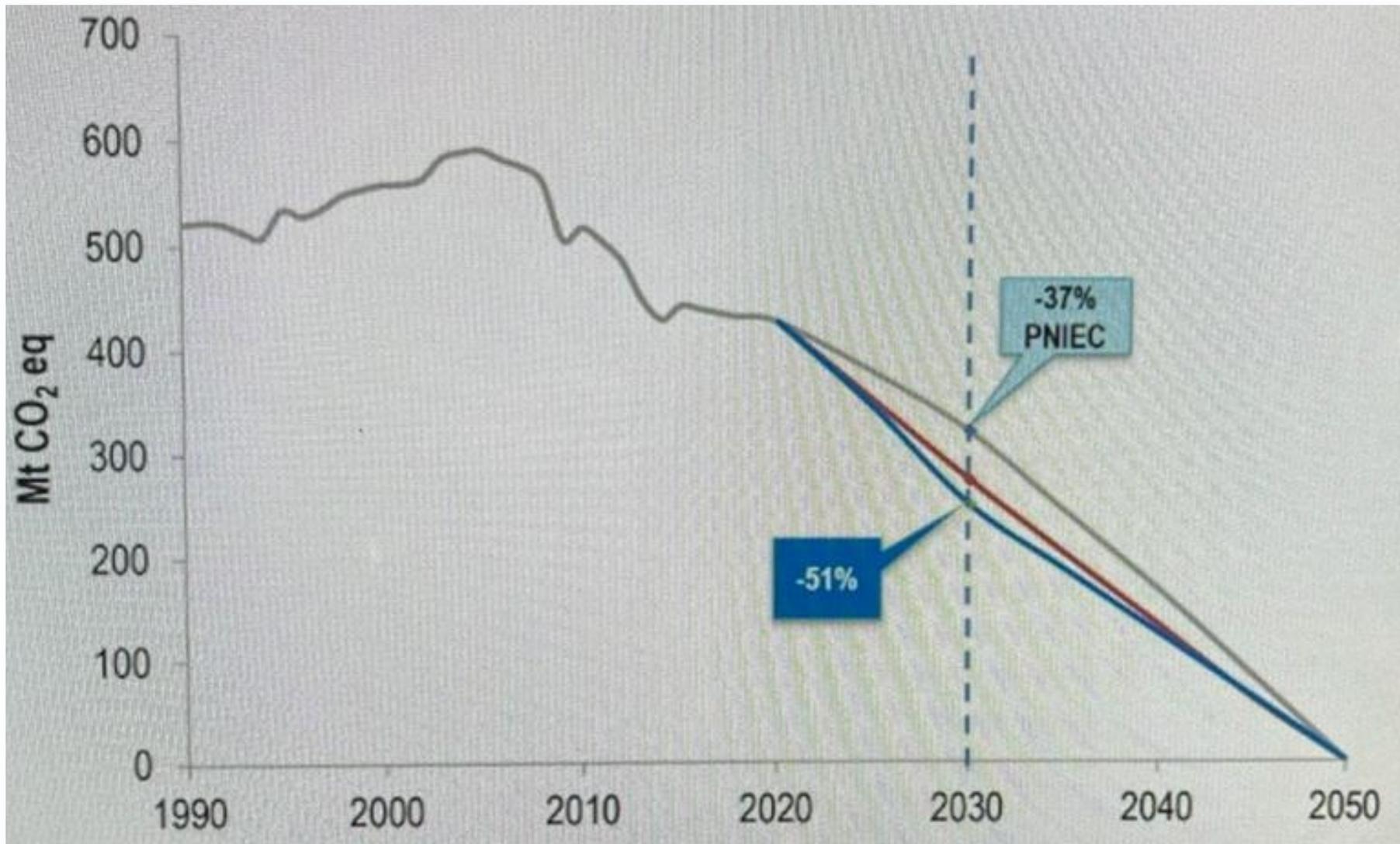
- Combustibili fossili
- Energia elettrica
- Fonti rinnovabili
- Calore
- /// Confine nazionale

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

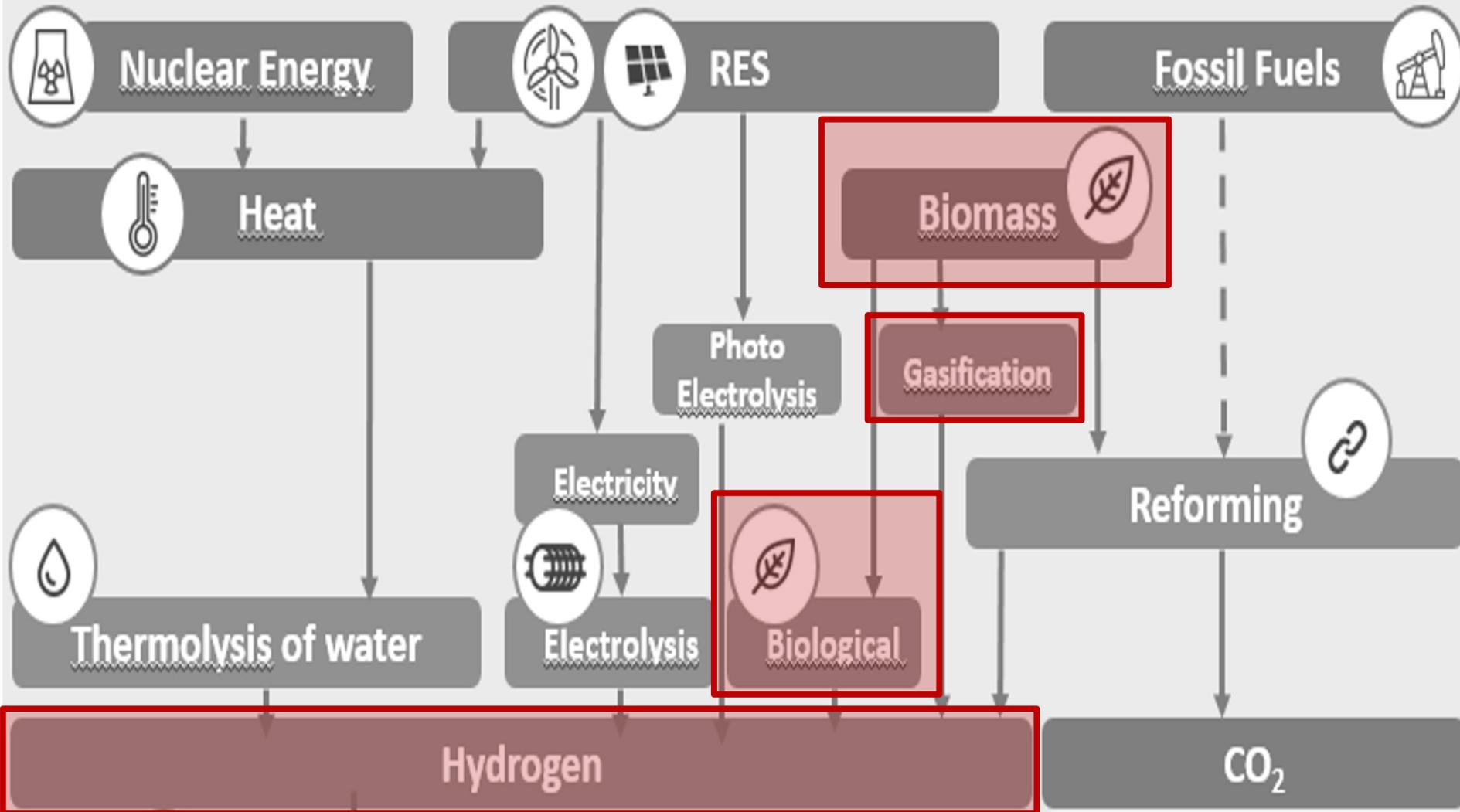
- Maggiori target al 2030 per le rinnovabili (dal 40 al 45%) .
- l'efficienza energetica dal 9 al 13% entro il 2030.
- Installare nuova capacità rinnovabile diventa “**interesse pubblico prevalente**” con una modifica della RED II.
- I tempi del permitting scendono a massimo 1 anno nelle aree speciali 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

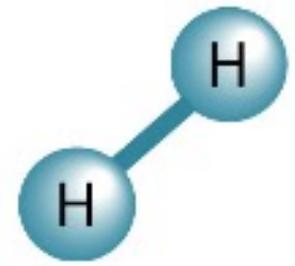
PRODUCTION TECHNOLOGIES FOR BIO-HYDROGEN

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

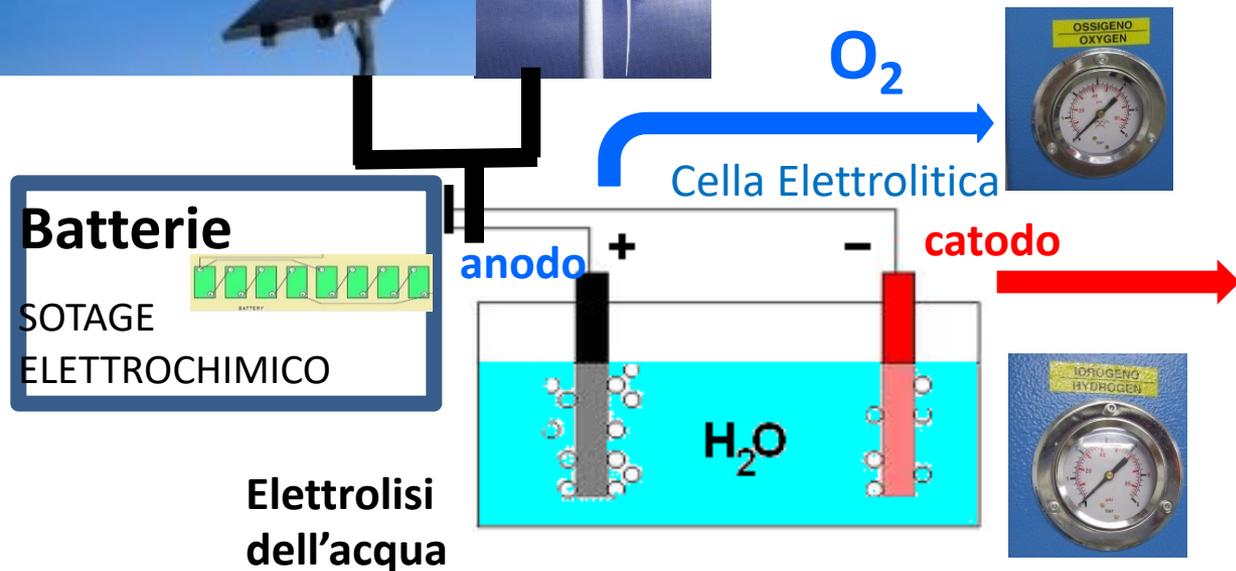
da carbone

IDROGENO ROSA

da nucleare

Pannello Fotovoltaico Pala eolica

PRODUZIONE DI IDROGENO DA ENERGIA ELETTRICA da FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI



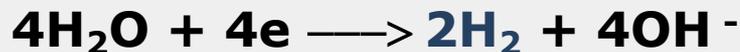
IDROGENO VERDE (oggi)



Ossidazione anodo



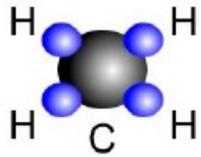
Riduzione catodo



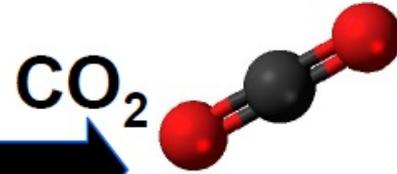
ma ($4H^+ + 4OH^- = 4H_2O$) semplificando: $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

A)

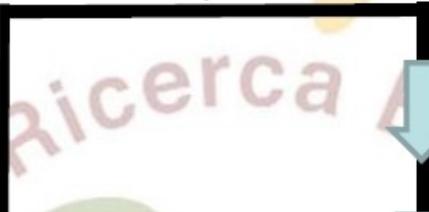
Bio-H₂ from Steam reforming of bio-CH₄



Bio-CH₄

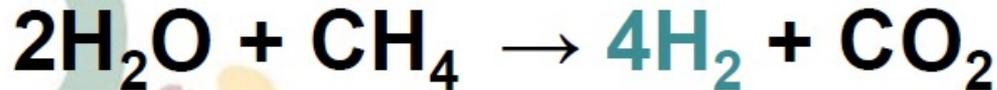
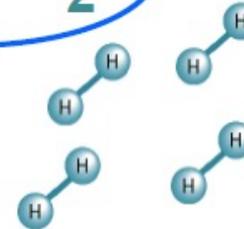
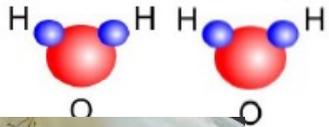


Bio-H₂



2 H₂O steam

Steam
REFORMING
from bio-Methane



FORSU



BIOGAS/Bio-Methane PLANT

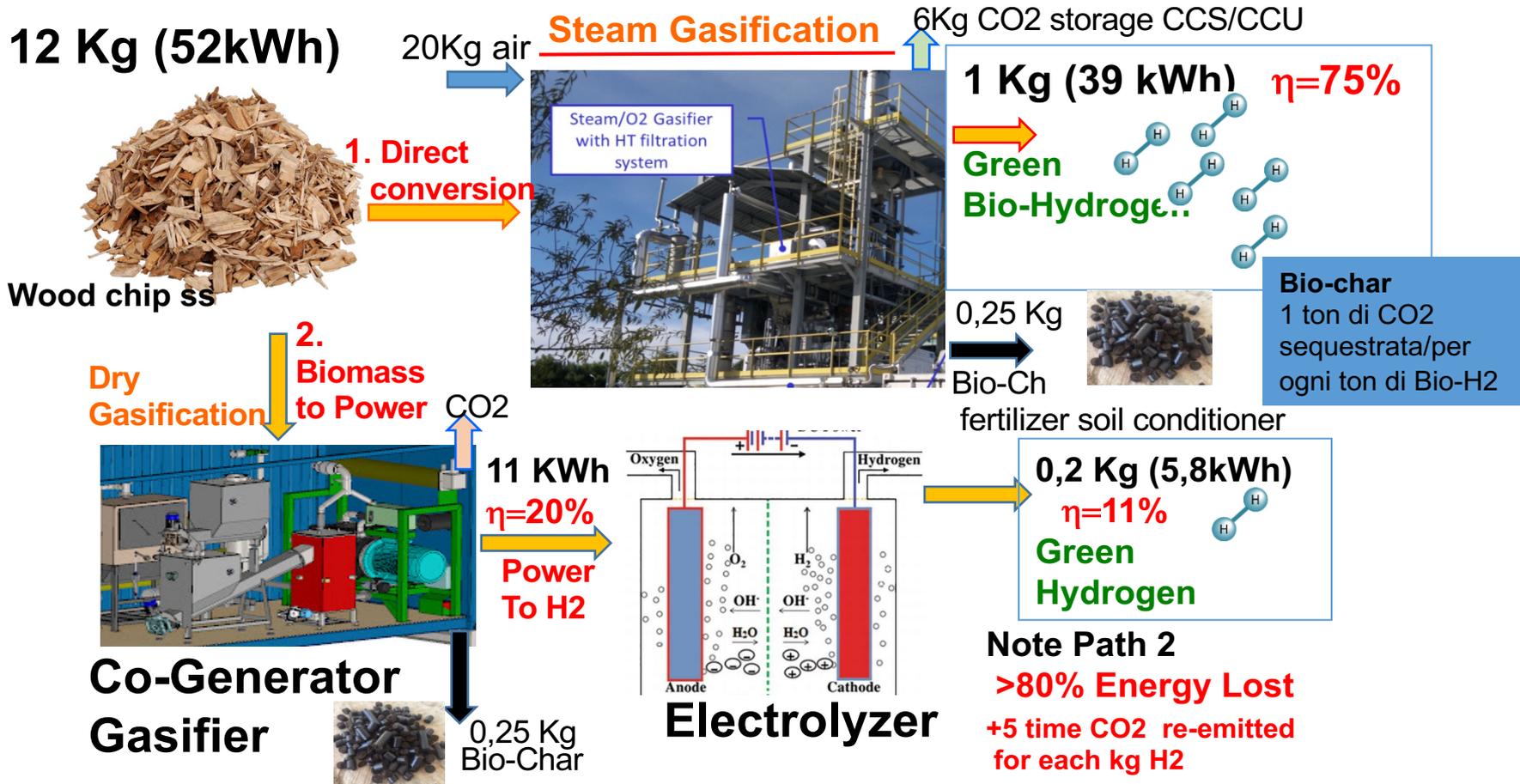
DIGESTATO

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

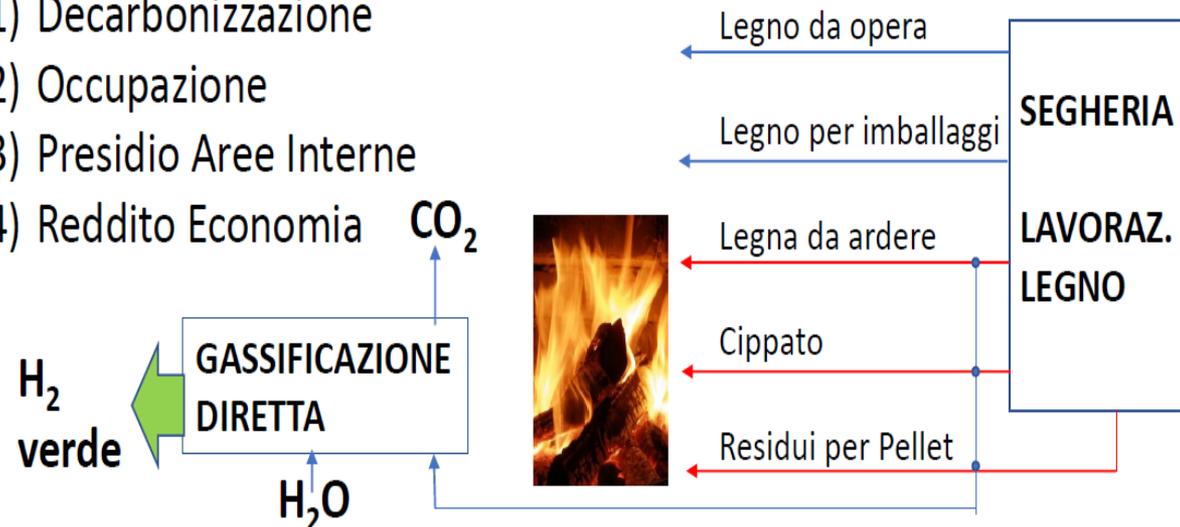
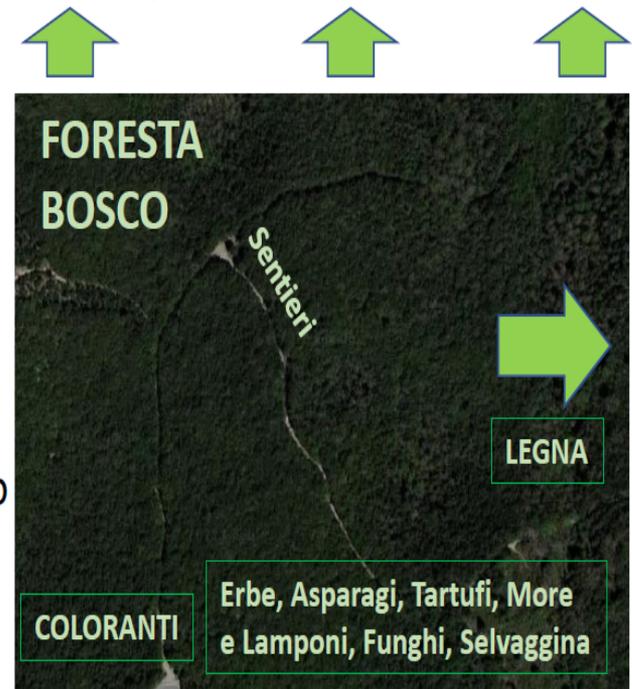
STRUMENTI:

- 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)

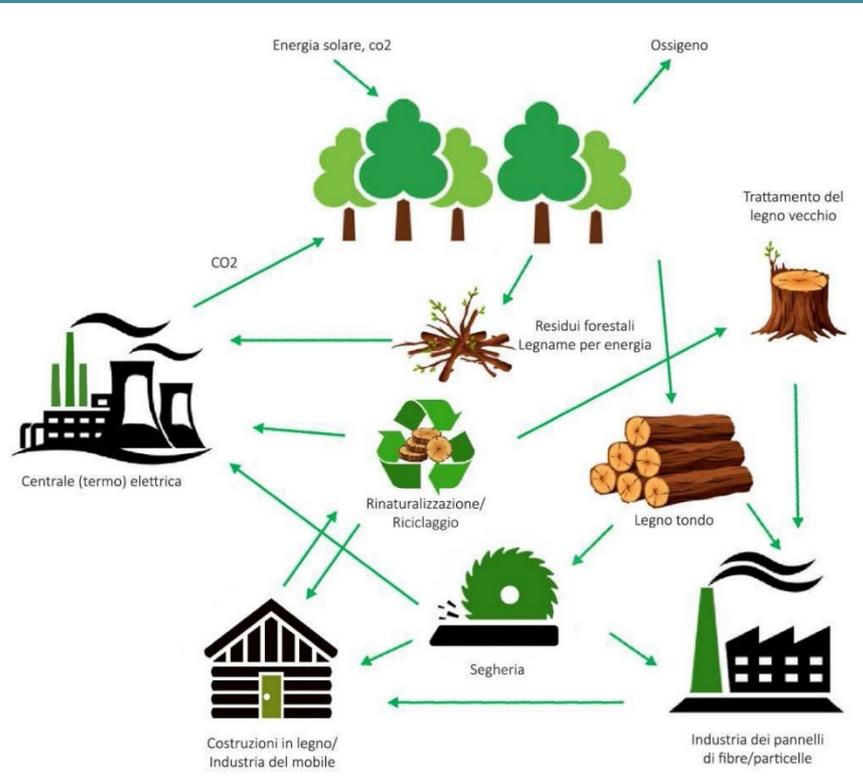
RISULTATI:

- 1) Decarbonizzazione
- 2) Occupazione
- 3) Presidio Aree Interne
- 4) Reddito Economia CO_2

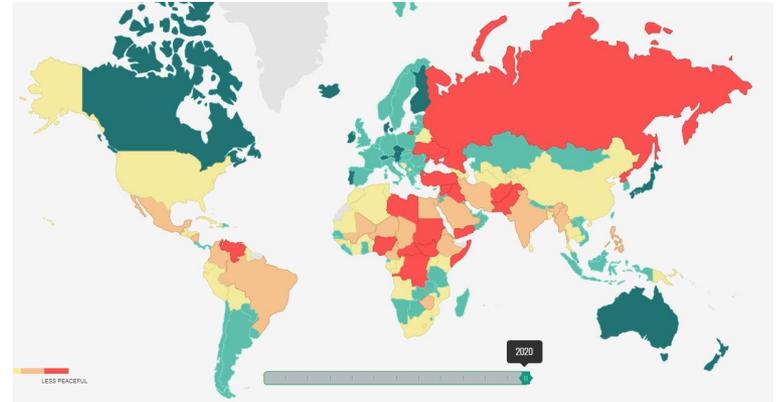
Assorbimento CO_2 Ecosistema e Biodiversità Turismo



Filiera del legno



Gestione sostenibile delle foreste



Lavorazione del Legno





COMBUSTIBILI SOLIDI RINNOVABILI



Legna



Bricchette



Cippato



Pellet





GENERATORI DI CORRENTE



Caldaia a pellet
20 – 110 KW



Caminetti aperti a tiraggio naturale
3 – 16 KW



Caldaie a cippato
20 – 110 KW



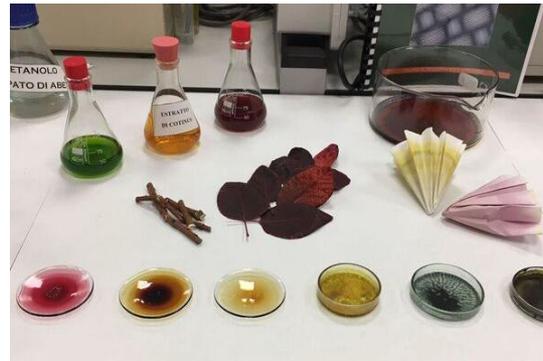
Caminetti chiusi a tiraggio forzato
5 – 25 KW



Stufa a pellet
5 – 25 KW

Coloranti naturali

Pigmenti



Lignina per la Cattura e lo Stoccaggio della CO₂

- Polvere di Lignina

Schiuma di poliuretano di lignina
Termo isolante naturale

Poliuretano di lignina



1 ton



10 m³

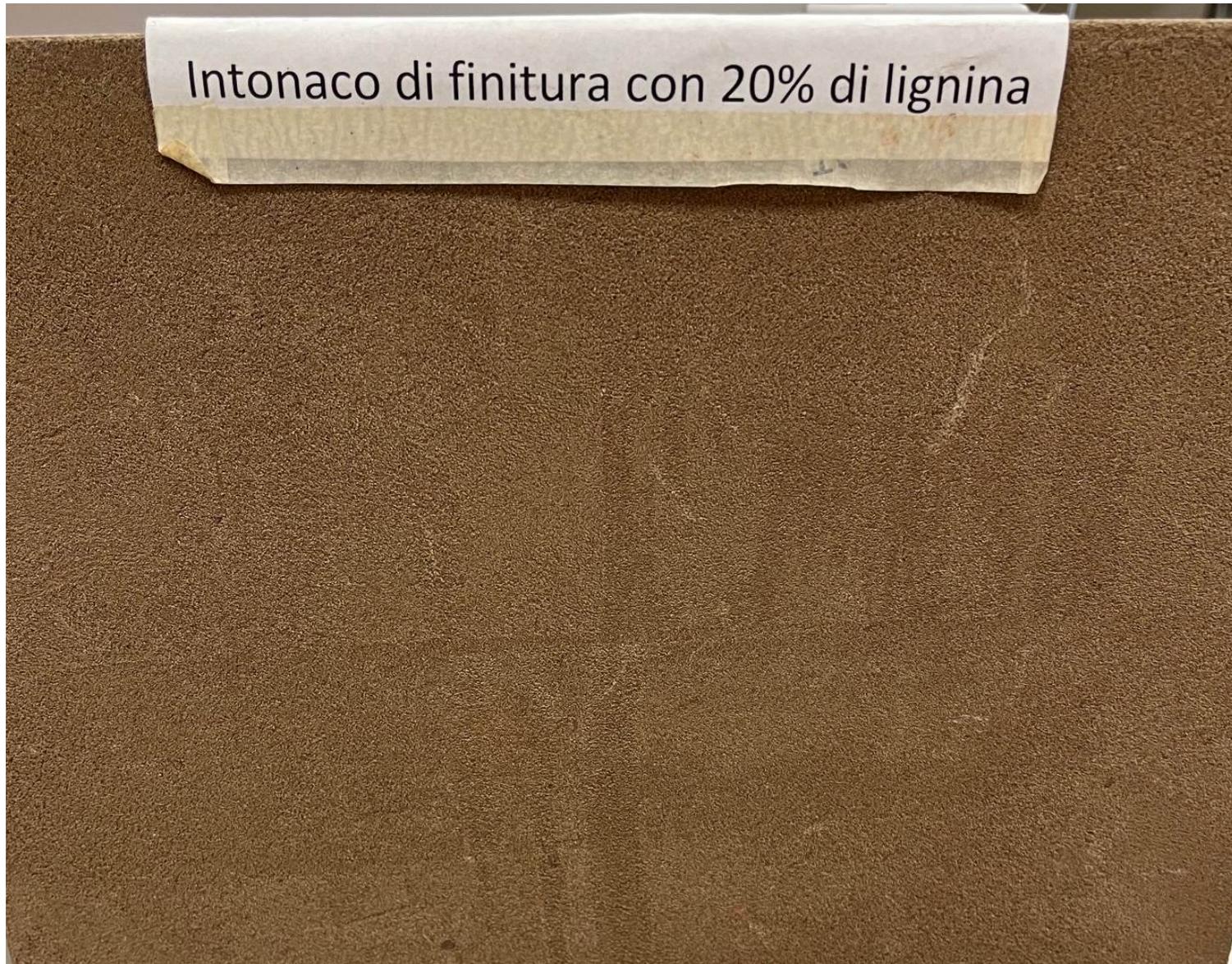
(patent pending)

**Circa 2ton CO₂
sequestrata**

Intonaco di lignina al 20%

(patent pending)

1,5 ton CO₂ immagazzinata ogni 1000m² di intonaco

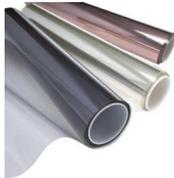
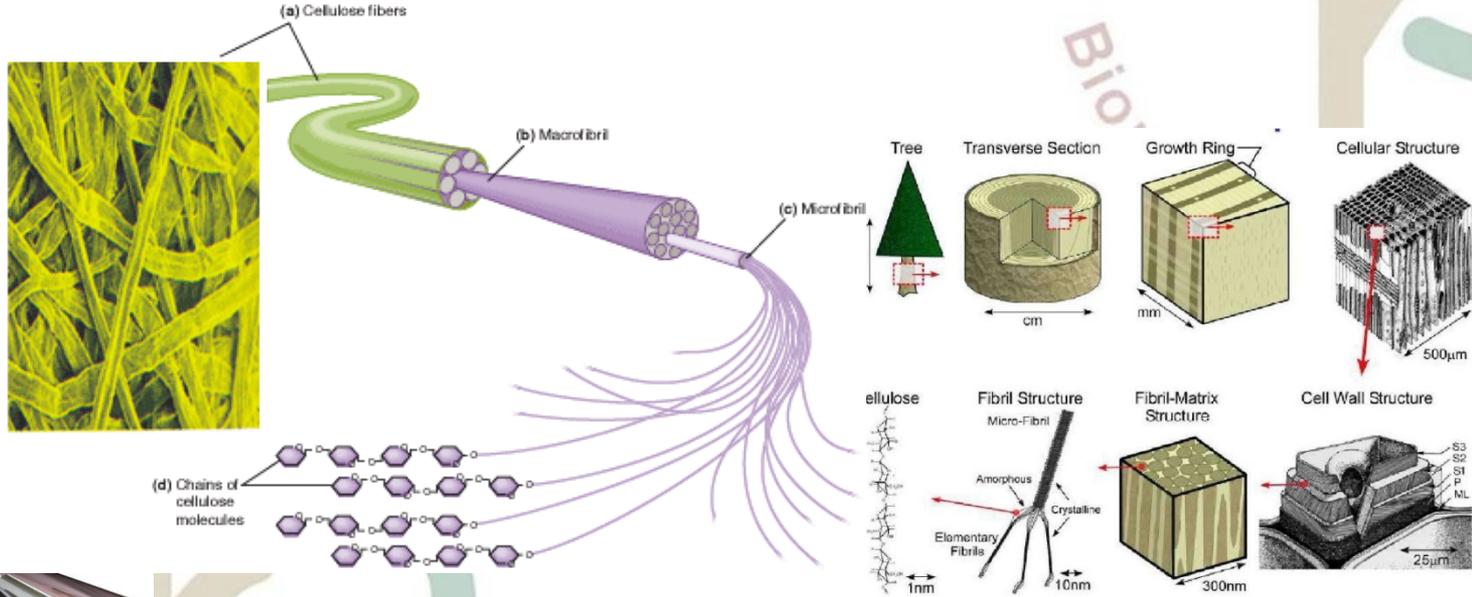


NCC – CELLULOSA
NANO CRISTALLINA
da 2 a 25 euro/gr



NCC: Caratteristiche e applicazioni

e



NCC – Applicazioni



Imballaggi

Antibatteriche
Cosmetiche
Farmaceutiche
(drug delivery)

PROTEZIONE

BIOMEDICHE/
COSMETICHE

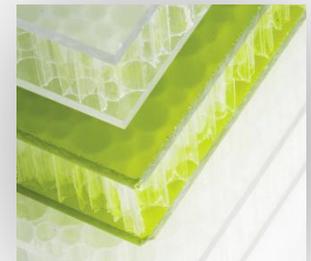
NCC

Banconote
Vernici
Coatings

OTTICHE

RINFORZO

Nanocompositi Bio-
nanocompositi
Nanopaper



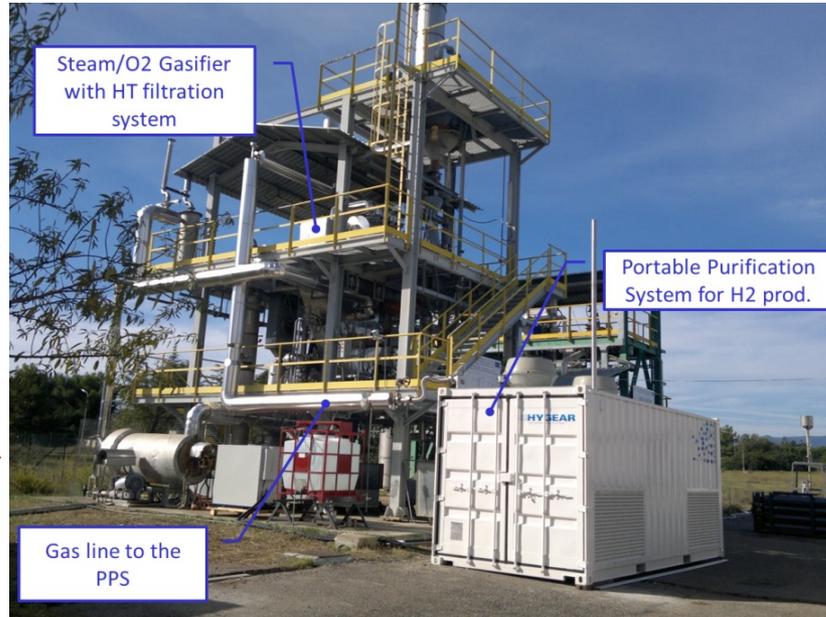
1. Ipotesi di impianto di idrogeno da legno



dove? Valsugana



+240.000 ton/anno CO2
cattura /storage /uso CCS /CCU



Output 50 MW
Idrogeno verde
(12.000) ton/anno

36 milioni euro/anno
(Idrogeno a 3 euro/kg)

Bio-Char fertilizer soil conditioner



-12.000 ton/anno CO2

Funzionamento 7000 ore/anno

Equivalente a 45 milioni di metricubi di metano

Input (90)MWt
biomassa UR15% cippato legno
150.000 ton/anno (21 ton/h)

12milioni euro/anno
(80 euro/ton)

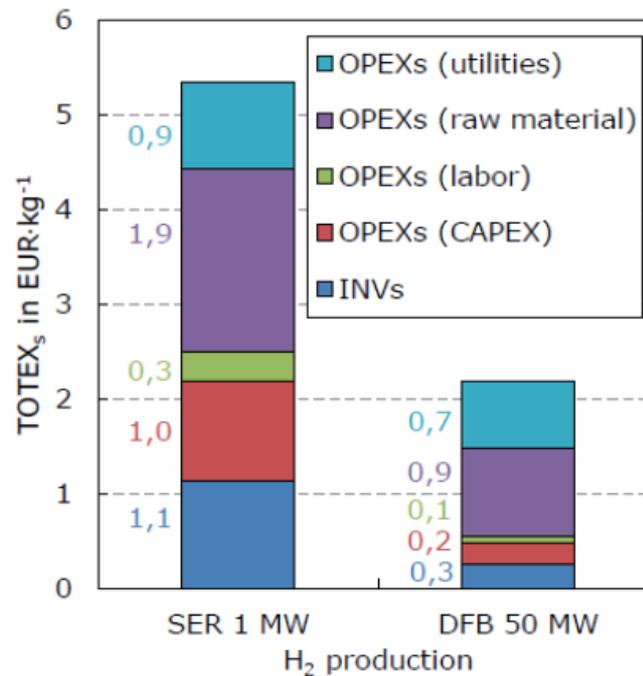
SENDEN in GERMANY H2 12.000 TON/ANNO



Price production of green hydrogen from wood cellulosic biomass

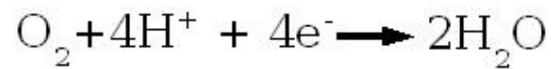
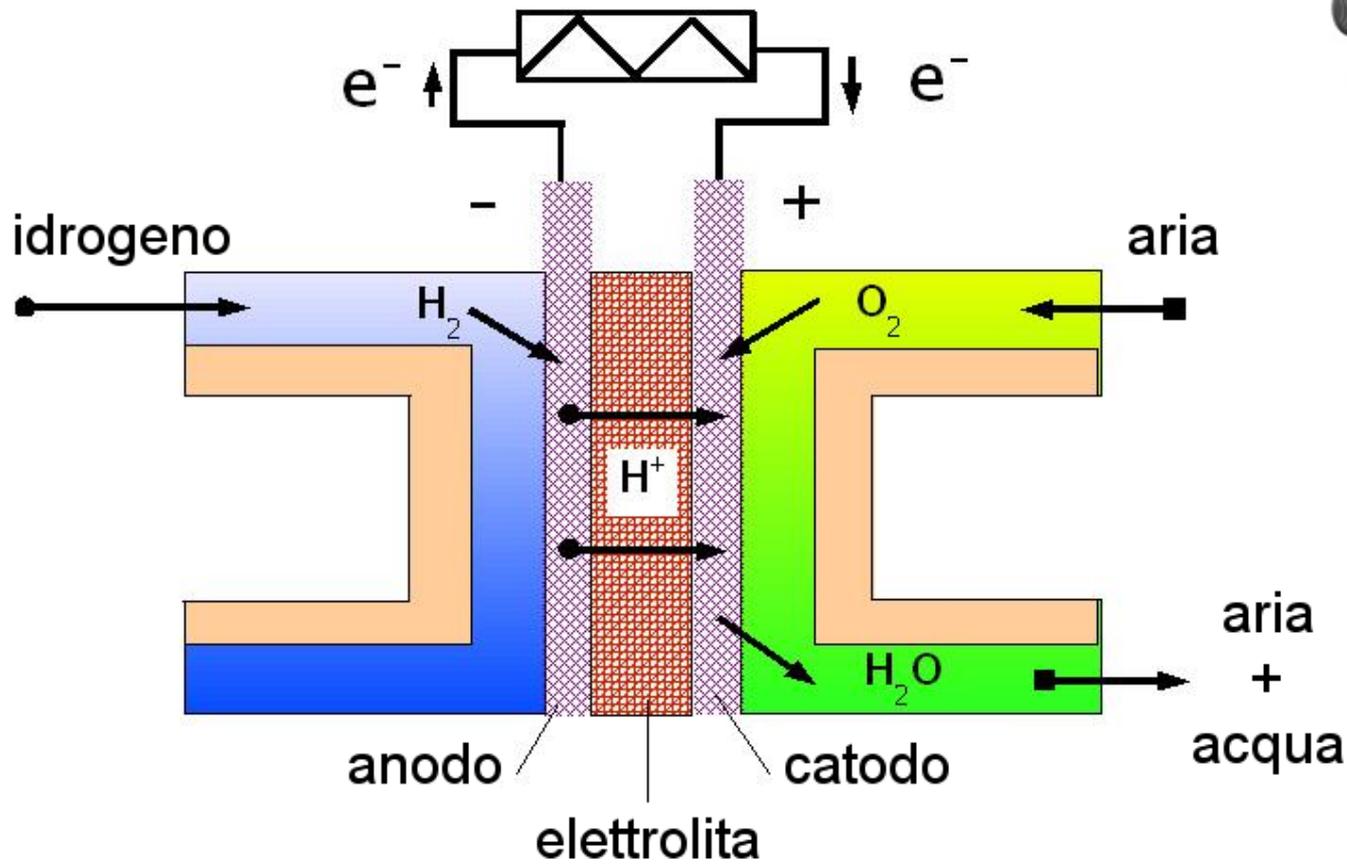
Comparison of the calculated hydrogen selling price, based on the assumption NPV = 0.

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.

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'Inquinamento da Ingegneria



Università degli Studi
di Perugia



FN-ENI - Nuove Tecnologie
e Soluzioni



Politecnico di Torino



Ingegneria per l'Ambiente
e lo Sviluppo Sostenibile



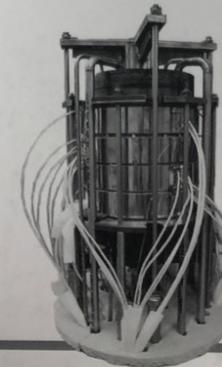
Ingegneria per l'Ambiente e lo Sviluppo Sostenibile

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'Inquinamento da Ingegneria



Università degli Studi
di Perugia



FN-ENI - Nuove Tecnologie
e Soluzioni



Politecnico di Torino



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%**

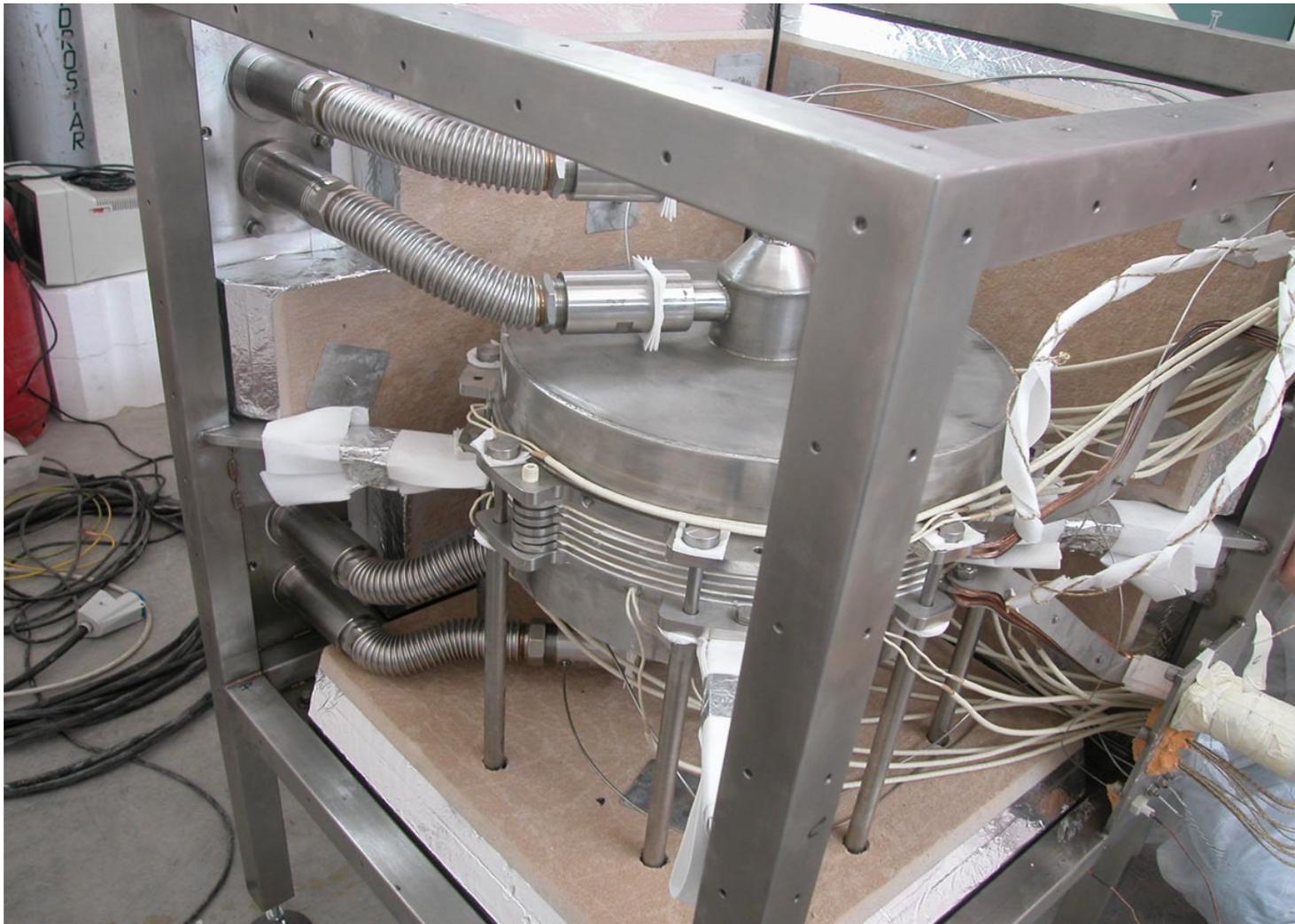


STACK IN FASE DI ASSEMBLAGGIO



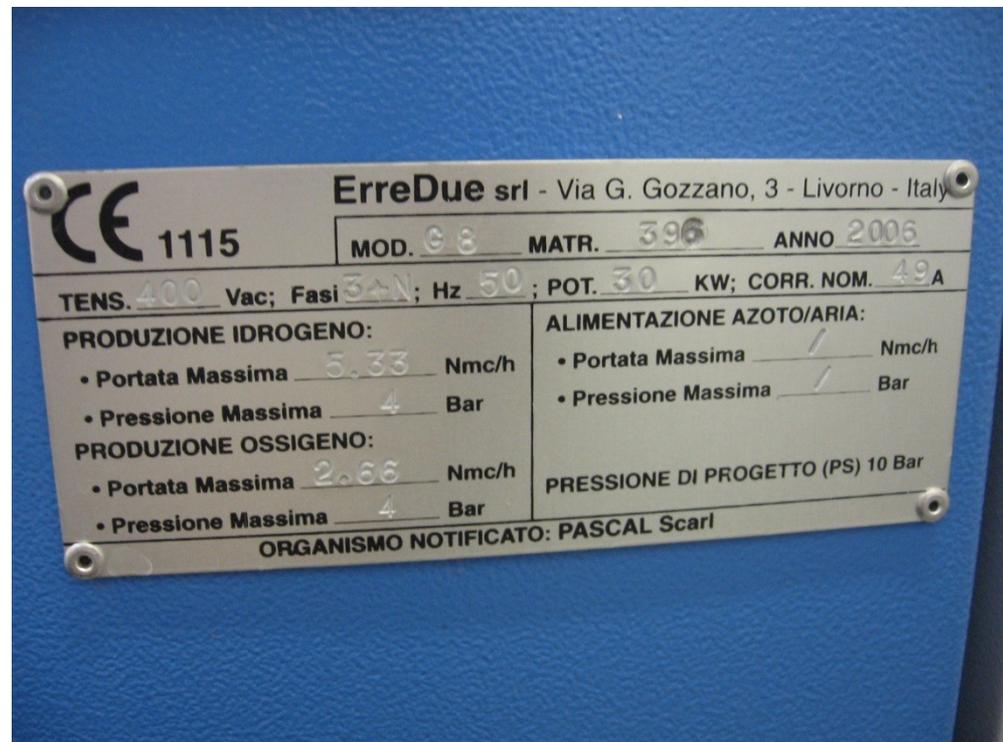
SMALL SIZE FUEL CELLS SMALL POWER MCFC (BETWEEN 0 TO 40 KW) EFFICIENCY 55%

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:

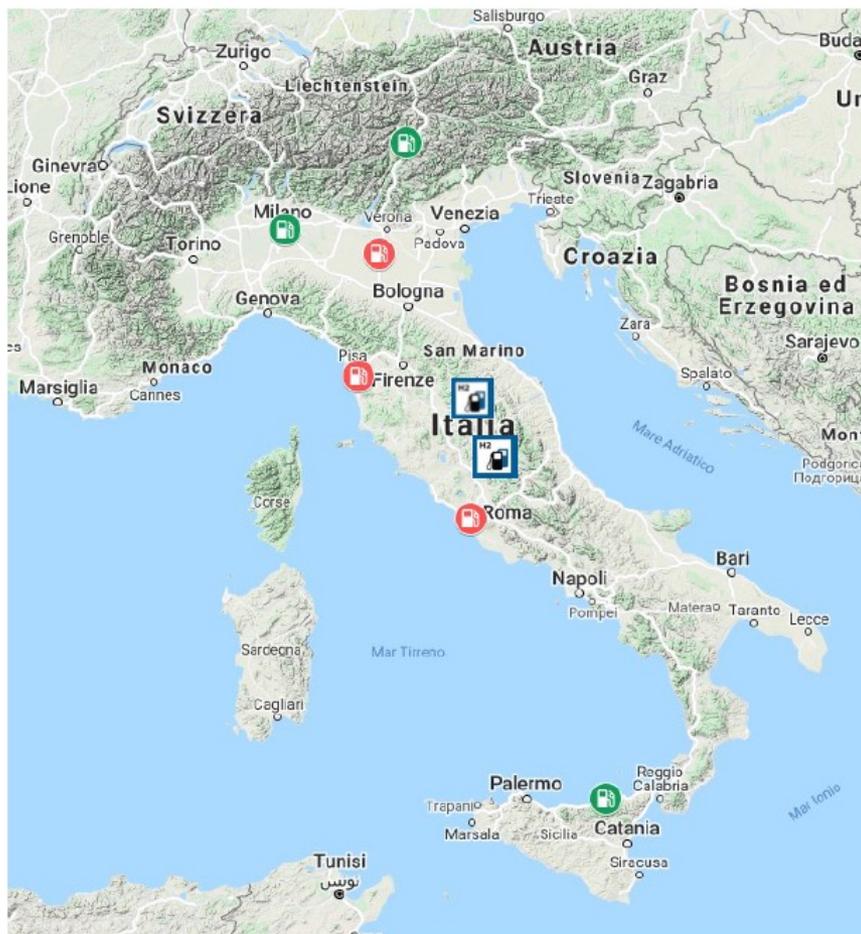
potenza 154cv, autonomia 500km con 5kg di idrogeno a 700bar, 4 minuti tempo di rifornimento, prezzo 66.000euro.

Hyundai Nexu:

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



Mappa distributori di idrogeno in Italia



● In rosso distributori **non** funzionanti

● In verde distributori funzionanti



- distributori di Idrogeno in Umbria alimentati dal polo dell'Idrogeno della ex centrale enel di Gualdo Cattaneo (in progetto).

I distributori di Milano e capo d'Orlando non sono aperti al pubblico

Il distributore di Bolzano è l'unico funzionante aperto al pubblico

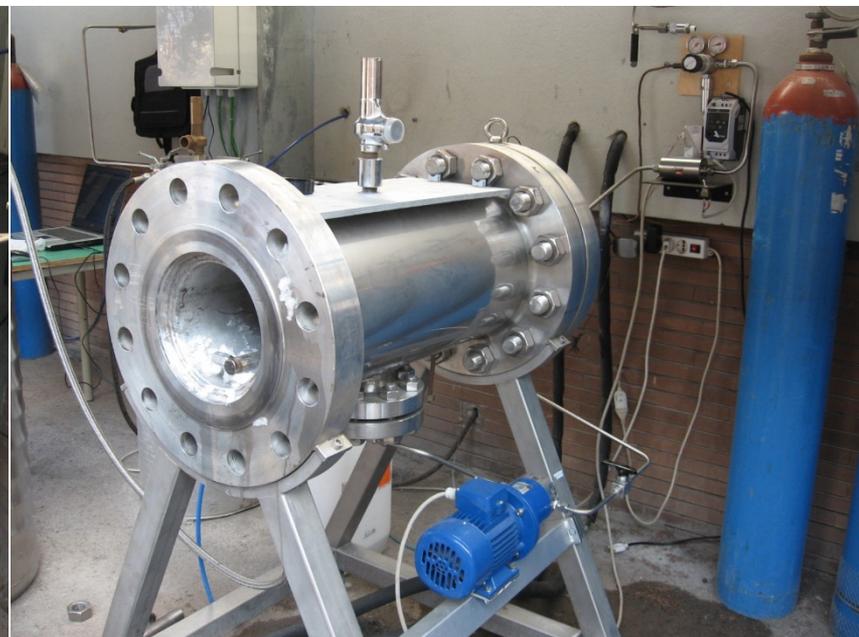
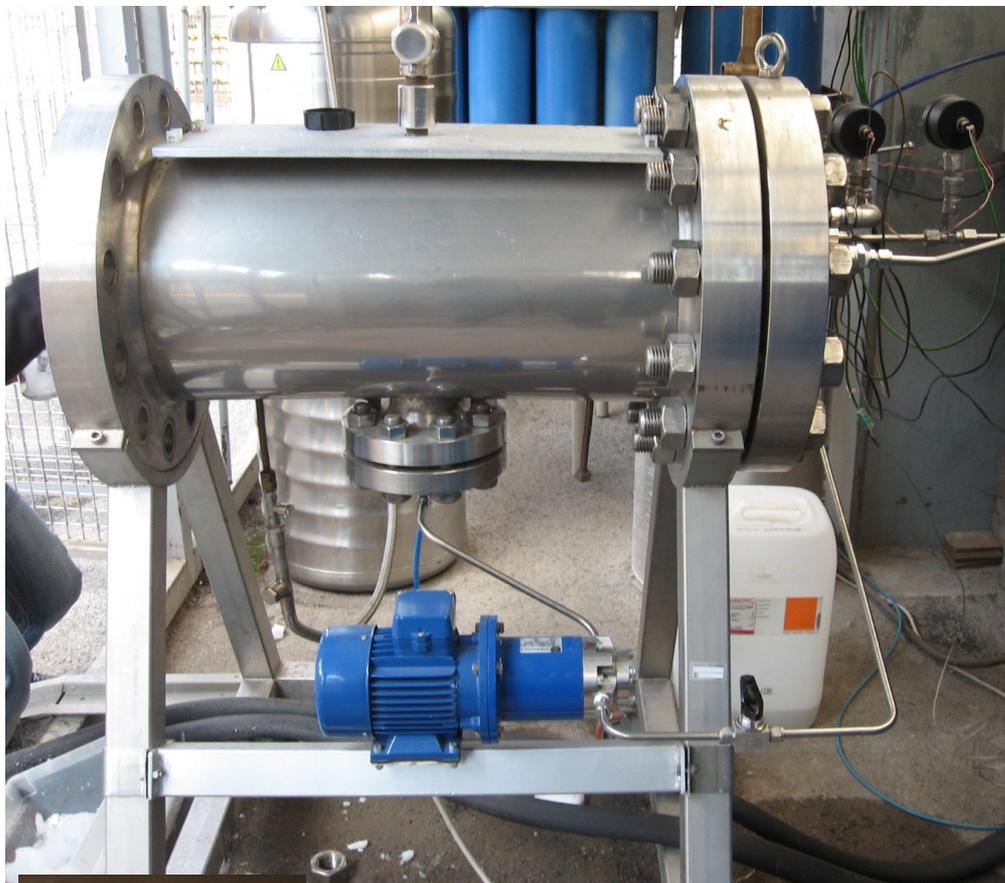


CIRIAF - Terni - **Clatratiidrati H₂**
Accumulo di IDROGENO e Trasporto



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

REATTORE PER CLATRATI IDRATI



DECRETO LEGISLATIVO 8 NOVEMBRE 2021, N. 199

ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA (UE) 2018/2001

(GU N.285 DEL 30-11-2021 - SUPPL. ORDINARIO N. 42)

- **Comunità Energetiche rinnovabili**
passano da 200 kW a **1 MW** di potenza elettrica condivisa (cabina primaria)
- **Dal 15 dicembre** le cave abbandonate sono siti idonei x fare impianti a energie rinnovabili (Fotovoltaico, eolico,... (Art.20 comma 8)
- Entro 6 mesi i criteri con **le Regioni** saranno obbligate a individuare **AREE IDONEE** e riparto delle potenze da FER
poteri sostitutivi dello STATO in caso di inerzia (com. 4 art 20)



HOME

CHI SIAMO
VIRTUAL TOUR

LABORATORIO VIRTUALE ON DEMAND

ATTIVITÀ / EVENTI

CONTATTI



Ex-scuderie: first building in the world certified GBC-HB Italy





CRIF

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



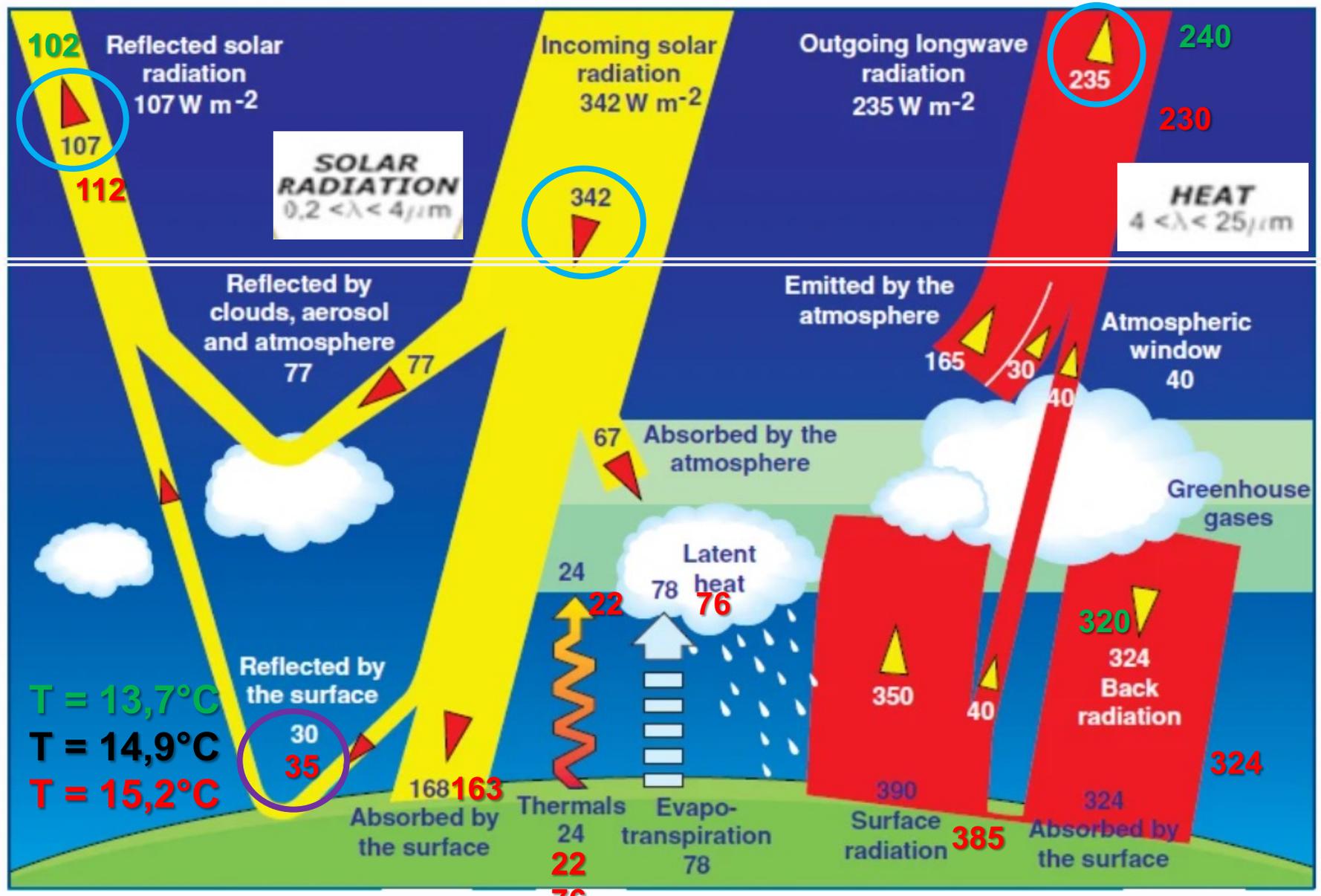


CRIF

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

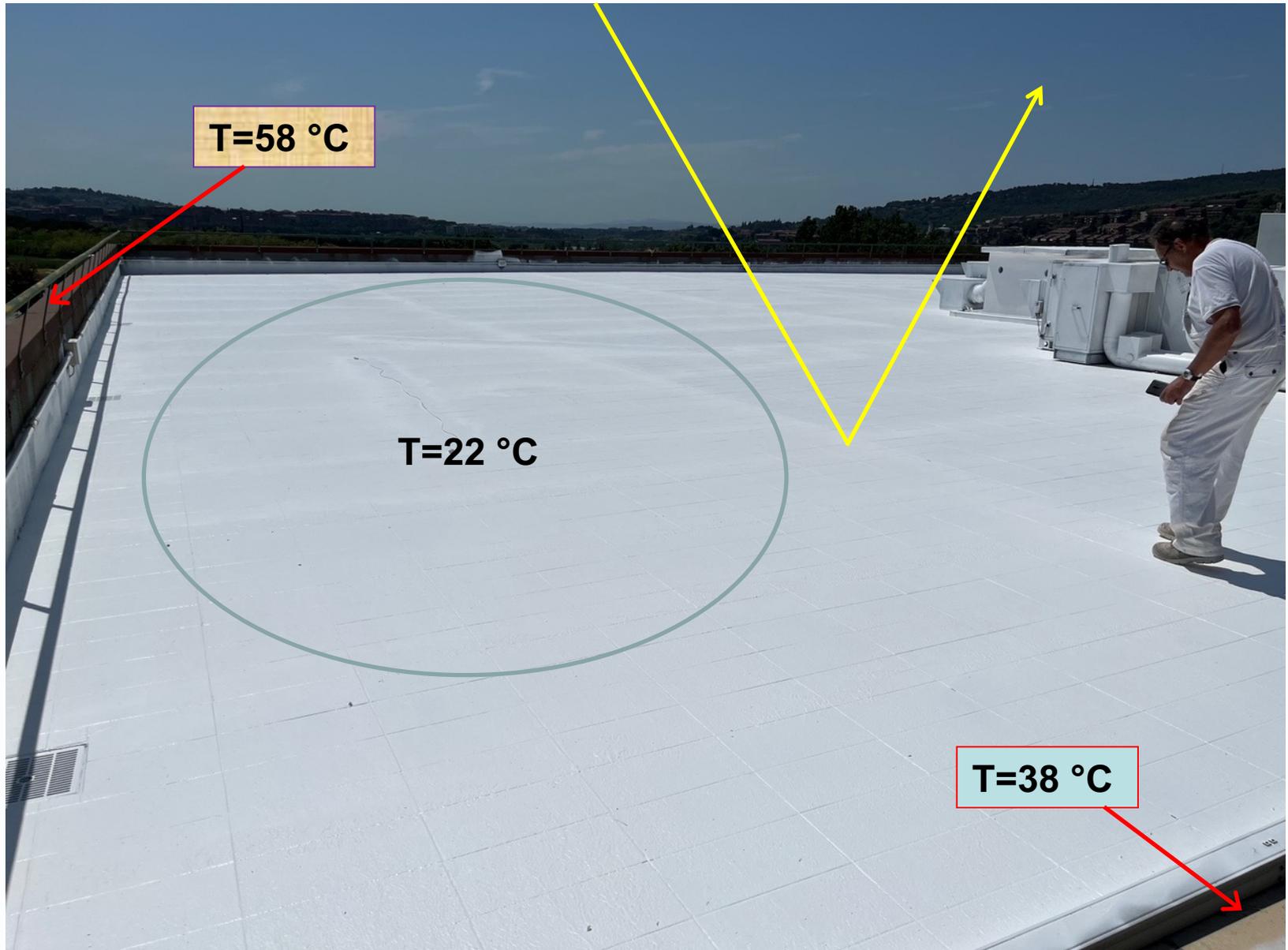


Bilancio energetico terrestre: 1800, oggi, con albedo

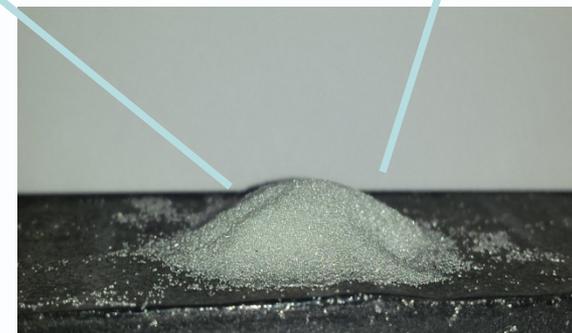
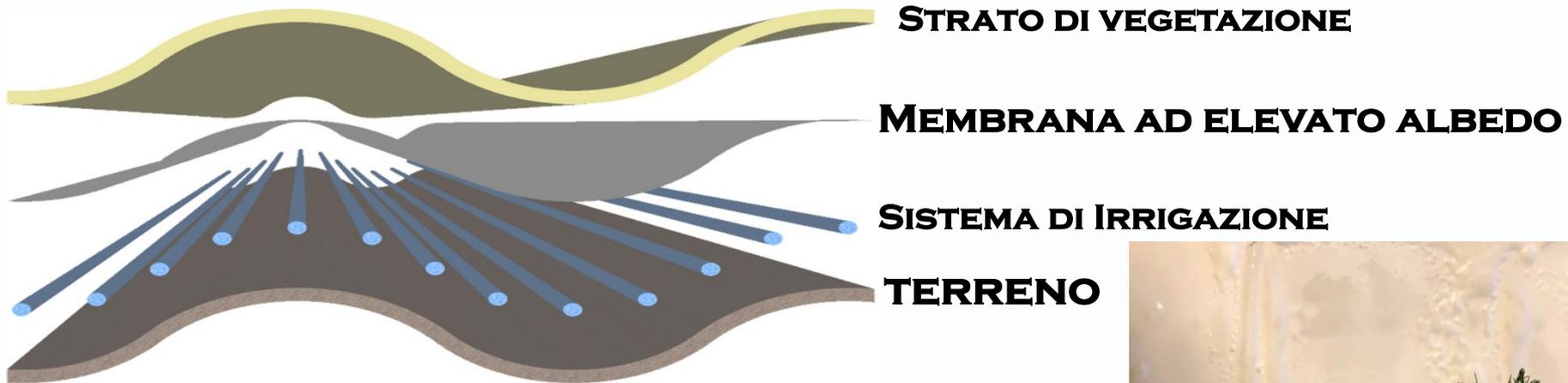


Globally averaged energy budget of the atmosphere. Figure from <http://asd-www.larc.nasa.gov/ceres/brochure/> based on data from Kiehl and Trenberth (1997).

Tetti e Terrazzi freschi



Membrana ad elevato albedo



MICRO SFERULE DI VETRO

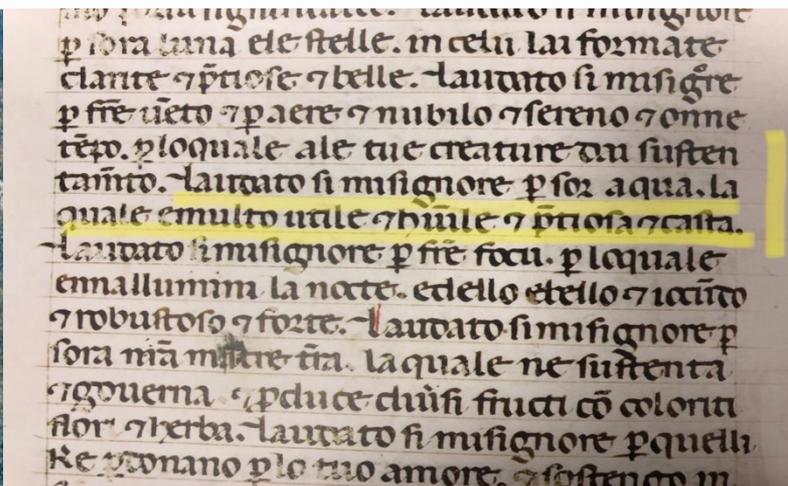
Il campo sperimentale presso il CIRIAF



Il campo sperimentale presso il CIRIAF



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



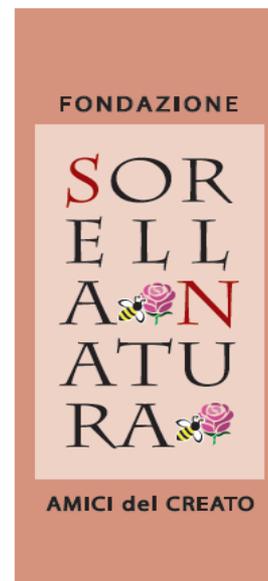
Dal **Cantico delle Creature** (1224) S.Francesco: **Laudate e Benedicete mi' Signore** (PER LE 6 ENERGIE RINNOVABILI+1 vettore energetico)

Laudato si' per:

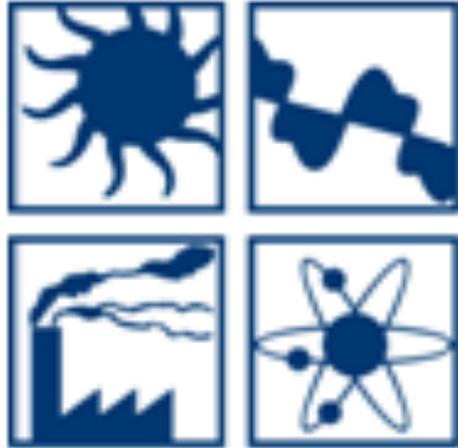
- **Messer lo frate Sole** (en. Solare)
- **Sora Luna** (en. Maree)
- **Fratre Vento** (en. Eolica)
- **Sor' Acqua** (en. Idroelettrica)
- **Fratre Focu** (en. da Biomasse/Legn
- **Madre Terra** (en. Geotermica)

+ ----- +

- **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

