



Sostenibilità energetica e ambientale della mobilità: un progetto per Leinì

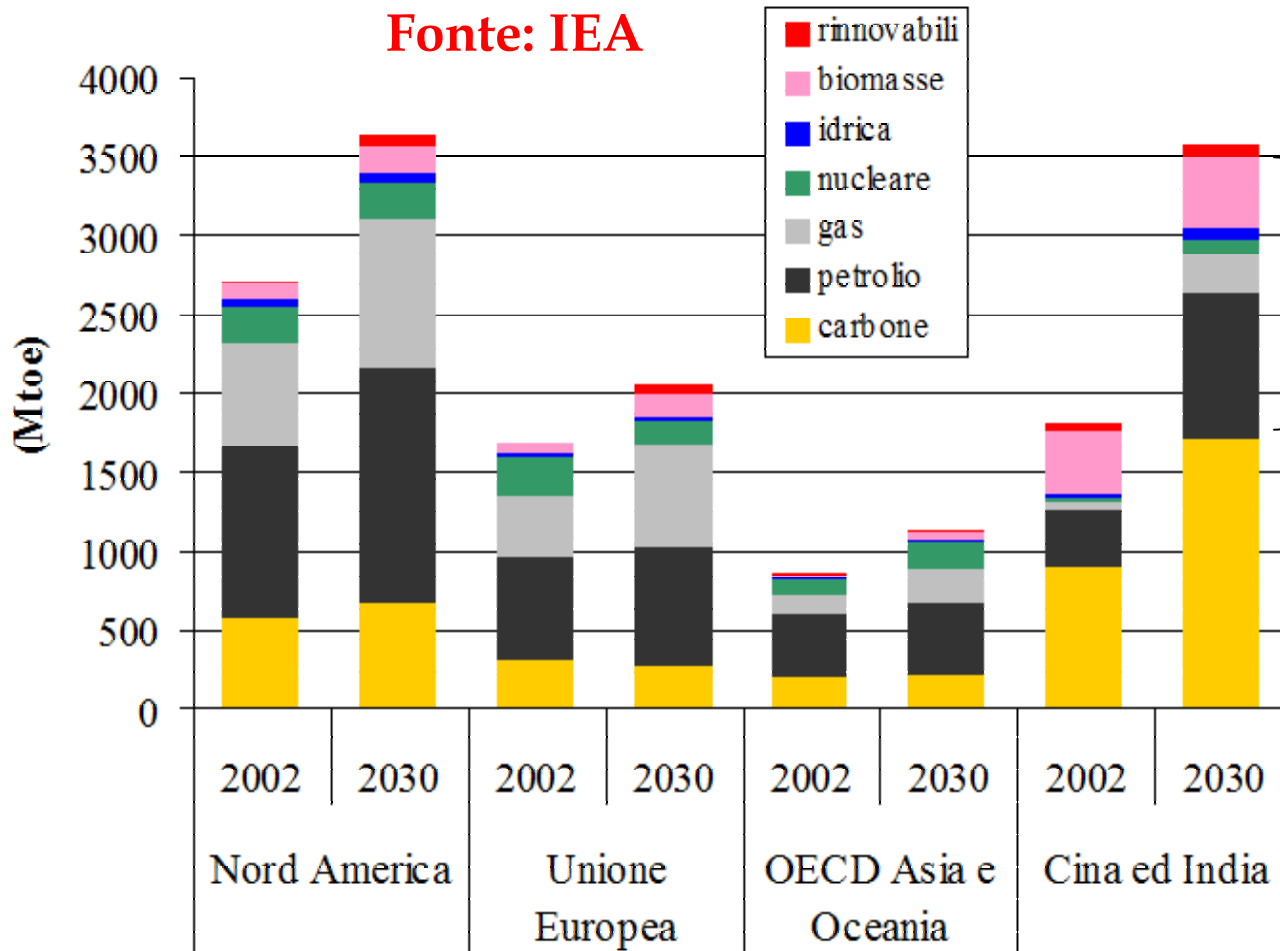
Prof. Massimo SANTARELLI
Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino
Fondazione TELIOS



La questione energetica

Richiesta di energia nelle principali aree del Mondo

Fonte: IEA



Valori in *Mtoe/anno*

- il netto aumento dei consumi di Cina ed India cambia gli scenari;
- lo scenario energetico mondiale è basato e sbilanciato nettamente a favore dei combustibili fossili.



Energia e Trasporti

FONTE: EIA	2003	2010	2030	2003-2030 var. annua [%]
Petrolio	2104	2376	3059	1.4
Gas naturale	23	23	30	1
Carbone	5	8	3	-1.7
Elettricità	20	23	28	0.9
Rinnovabili	13	20	30	3.6
<i>Totale trasporti</i>	2165	2449	3150	1.4

Interamente
consumato dai
Paesi non OECD

Valori in Mtoe/anno

- Il settore dei trasporti rappresenta intorno al 33% dei consumi totali di energia
- Il settore dei trasporti è decisamente basato sul petrolio (97%);
- Lo scenario di riferimento dell'EIA prevede un aumento dei consumi



La questione mobilita'

• COMBUSTIBILE



Benzina
Gasolio
Elettricit  (da quale fonte)
Idrogeno (da quale fonte)
Bio-carburanti
...

• TECNOLOGIA



Motori a combustione interna
Motori ibridi
Accumulo elettrico + motore elettrico
Cella a combustibile + motore elettrico
...

• ORGANIZZAZIONE



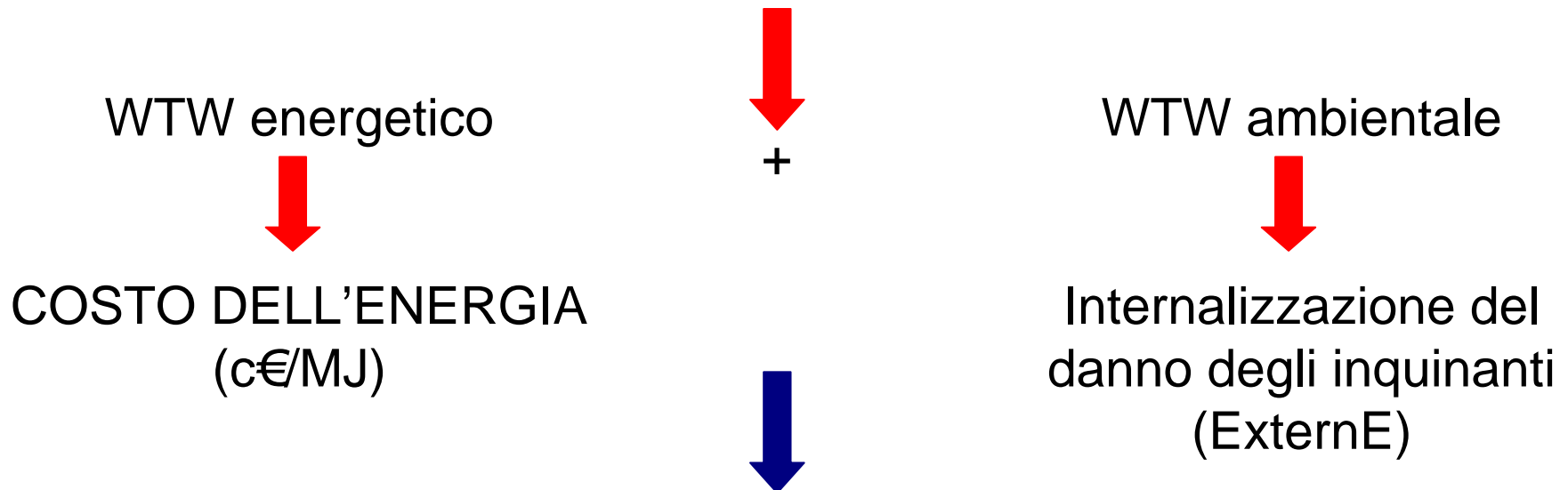
Trasporto condiviso
Car sharing
Intermodalit 
...



Strumenti di analisi: WTW

L'indice "well-to-wheel" (WTW): *l'integrazione di tutti i passaggi richiesti per produrre e distribuire un combustibile (partendo dalla fonte energetica primaria) [WTT] e utilizzarlo in un veicolo [TTW].*

Si calcola come prodotto tra il "well-to-tank" e il "tank-to-wheel"

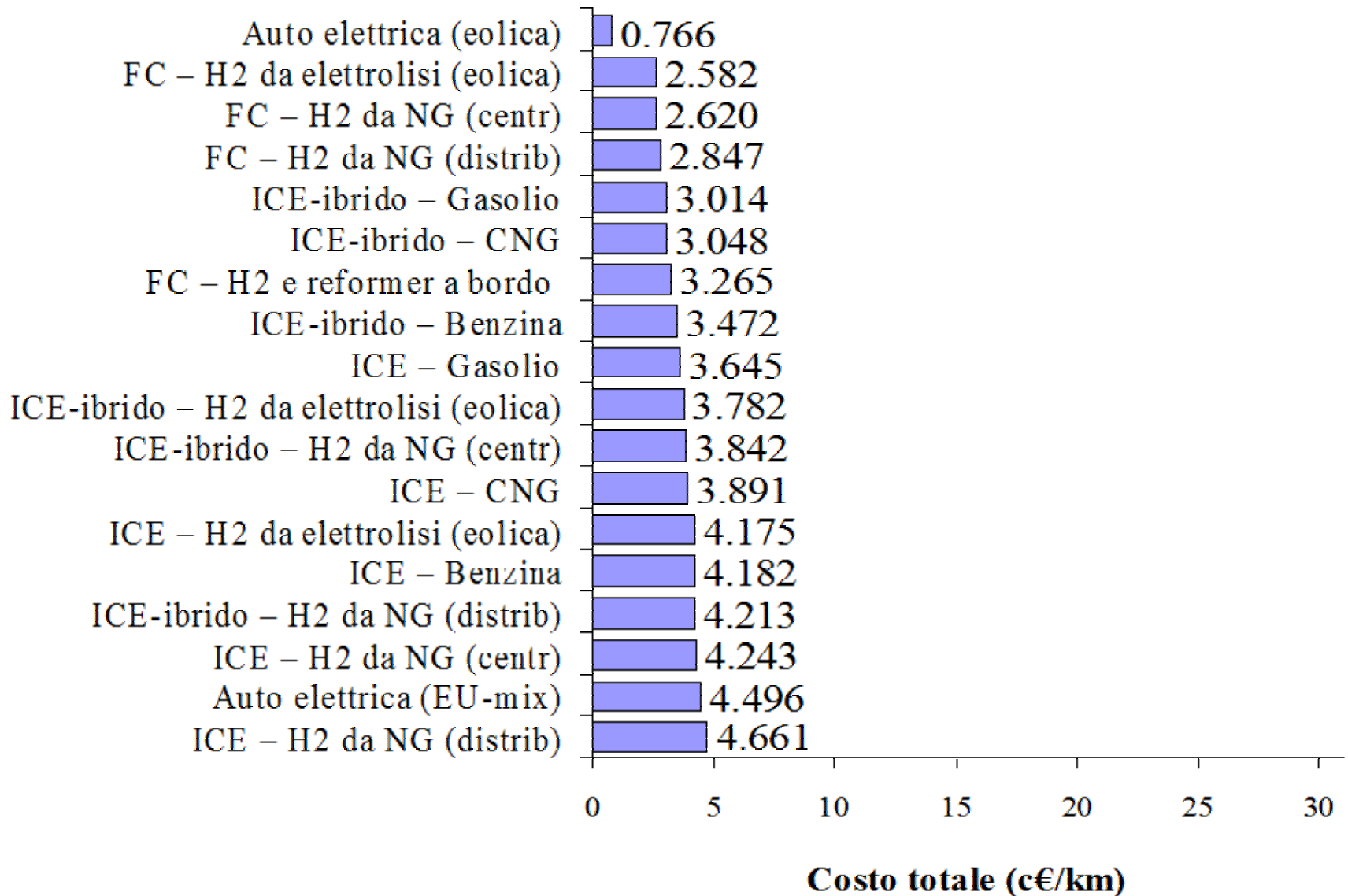


INDICE UNICO, su base monetaria, per la valutazione energetica ed economica delle opzioni combustibile/tecnologia per l'automotive



Indice Unico energetico-ambientale (1)

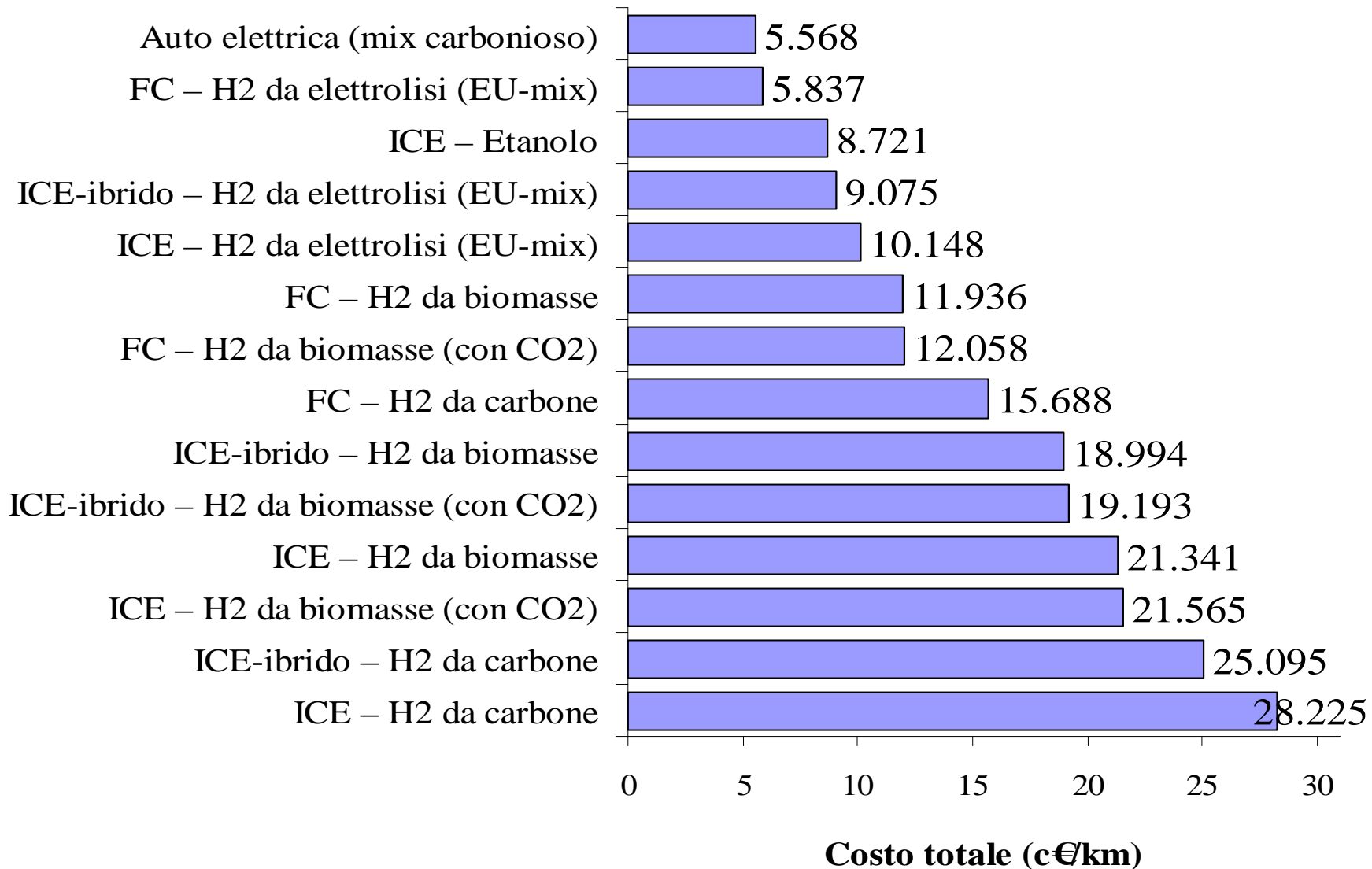
Combinazione motore-carburante





Indice Unico energetico-ambientale (2)

Combinazione motore-carburante





Alcune osservazioni

1. I motori ibridi (meglio se a gas) sembrano la migliore soluzione per il breve termine
2. L'ipotesi FC+H₂ (da gas naturale o da elettrolisi con fonte eolica) sembra una buona soluzione nel medio-lungo termine
3. L'elettricità da attuale mix energetico non sembra una buona scelta; lo è invece l'elettricità da fonti rinnovabili
4. Etanolo di prima generazione e alcune opzioni-idrogeno (da carbone, biomasse e elettrolisi da nucleare) non sembrano alternative proponibili ai carburanti tradizionali
5. Per il lungo termine è attualmente difficile supporre una supremazia dell'auto elettrica o di quella a idrogeno; se prevarrà l'auto elettrica, (cioè una soddisfacente efficienza degli accumulatori elettrochimici) lo sviluppo della tecnologia dell'idrogeno nell'automotive non avrà significato
6. Le auto private in ambiti cittadini, più piccole delle attuali, potranno comunque essere, verosimilmente, elettriche con batterie



Iniziativa Comune di Leinì - Fondazione TELIOS

• OPZIONE ELETTRICA →

1. Alimentazione da campo fotovoltaico grid-connected
2. Integrazione con PV sul tettuccio
3. Test su 1 anno di utilizzo in ambito comunale
4. ...

• OPZIONE IDROGENO (eventuale) →

1. Combustibile di partenza: gas naturale
2. Impianto di Reforming del gas naturale per produrre idrogeno
3. Test su un anno di utilizzo in ambito comunale
4. Confronto di consumi e emissioni con veicolo a ciclo Otto alimentato a gas naturale

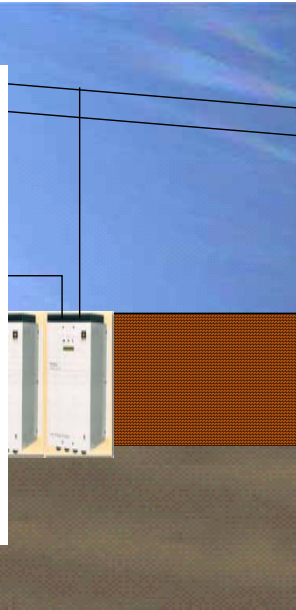
• BIOCOMBUSTIBILI (eventuale) →

1. Analisi sostenibilità opzione
2. Eventuale piano di fattibilità di test di mobilità con alimentazione a biofuel



Opzione Elettrica

1. Campo fotovoltaico grid connected
2. Conto Energia
3. Panda elettrica Ecolori
4. Integrazione con moduli fotovoltaici sagomabili sul tettuccio forniti da Enecom
5. Test su 1 anno di utilizzo in ambito comunale



Serie HighFlex
 $80 W_p$



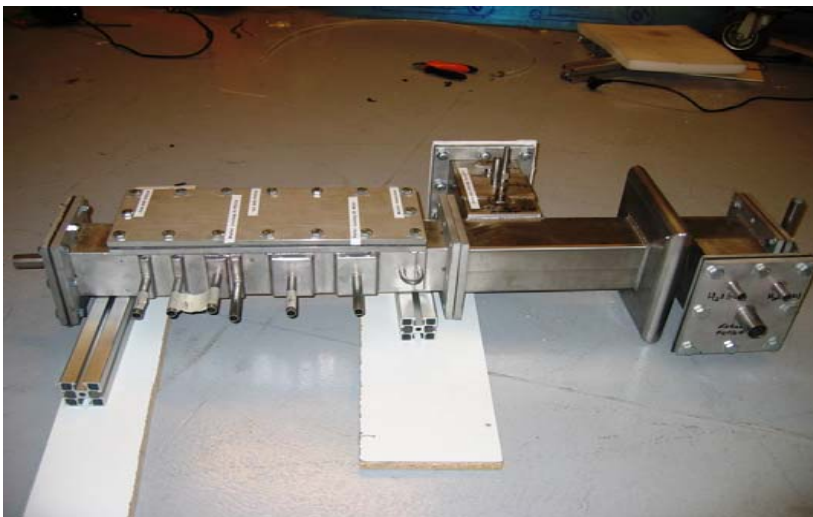
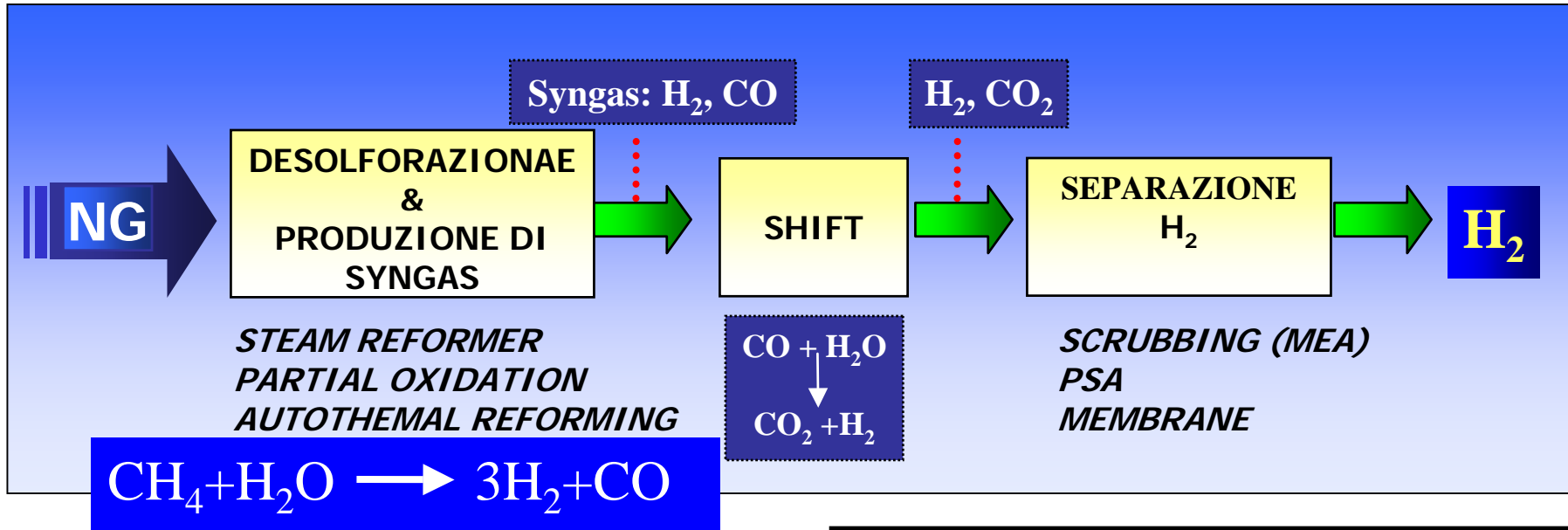
Opzione Idrogeno da Gas Naturale

Confronto con batterie Li-ioni

Parametro	Batteria Li-ion	Fuel Cell con accumulo H2
Densità di energia (Wh/kg)	128	594
Densità di potenza (W/kg)	300	920
Tempo ricarica	3 h	10 min
Autonomia (km)	~ 150	> 300



Opzione Idrogeno da Gas Naturale



**STEAM REFORMING
PRODUZIONE H₂**

Rendimento medio piccoli
impianti: 60%

Rendimento grossi impianti
centralizzati: fino a 70%



Opzione Idrogeno da Gas Naturale

FONTE PRIMARIA: GAS NATURALE DI RETE
100 unità energetiche

**MCI CICLO OTTO A
GAS NATURALE**
Rendimento medio
ciclo urbano
20%

**20 unità energetiche
all'utenza**

**STEAM REFORMING
PRODUZIONE H2**
Rendimento medio piccoli
impianti **60%**

**CELLA A COMBUSTIBILE
A H2**
Rendimento medio ciclo
urbano **40%**

**24 unità energetiche
all'utenza**



Opzione Idrogeno da Gas Naturale

OPEL ZAFIRA HYDROGEN

1. Fuel Cell Stack: 94 kW (0.94 kW/kg)
2. Motore Elettrico 60 kW
3. 3.4 kg Idrogeno a 350 bar
4. Top Speed 160 km/h
5. Consumo: 1.2 kgH₂/100 km

CONFRONTO CON ZAFIRA A NG

1. Test su 1 anno di utilizzo in ambito comunale



Sapio

SOL

Hydrogenics

Stuart Energy

...

Prof. Massimo Sant





Opzione Idrogeno da Gas Naturale: confronto ambientale

MCI CICLO OTTO A GAS NATURALE

CO₂, CO, NO_x

1. Minore efficienza, maggiori emissioni
2. Emissioni distribuite, non controllabili
3. Emissioni CO 1.37 g/km
4. Emissioni NO_x 0.022 g/km

STEAM REFORMING PRODUZIONE H₂

CELLA A COMBUSTIBILE A H₂

Nessuna emissione inquinante (vapor d'acqua)

1. Maggiore efficienza, minore emissione CO₂
2. Emissione centralizzata: possibilità di sequestrazione CO₂ (adsorbimento in metanolamine)
3. Emissioni CO < 50 ppm/kgH₂ (0.6 ppm/km)
4. No emissioni NO_x



Opzione Idrogeno da Gas Naturale

Aspetti normativi

1. Assenza norma specifiche in Italia per circolazione veicoli H₂
2. Regolamento UE per l'Omologazione di veicoli alimentati ad idrogeno (in previsione per 2009). In attesa, permesso di circolazione ad hoc rilasciato da Ministero dei Trasporti
3. Esiste Regola Tecnica per impianti di distribuzione di idrogeno per autotrazione (completato)

Finanziamenti

1. Bando del Ministero dell'Ambiente in concerto con il Ministero dei Trasporti "Programma di finanziamenti per il miglioramento della qualità dell'aria nelle aree urbane e per il potenziamento del trasporto pubblico". Per anni 2008-2009. DA VERIFICARE
2. Bandi per sistemi a idrogeno Regione Piemonte – DA APPROFONDIRE



Opzione Biocombustibili

- Carburanti ottenuti dalle biomasse
- Si propongono come alternative rinnovabile ai carburanti da fonti fossili

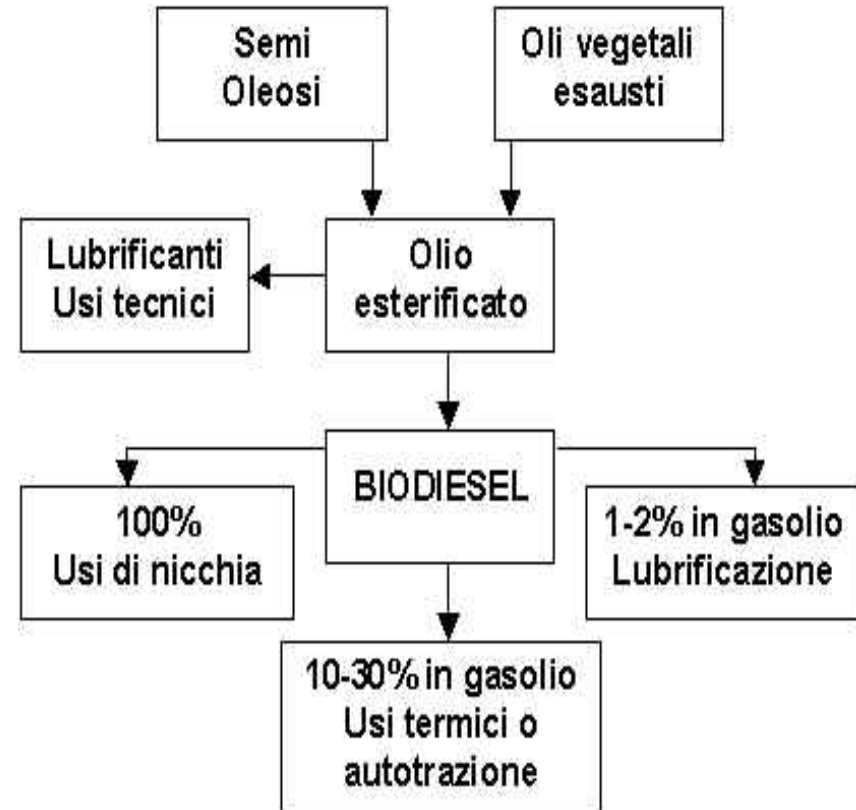
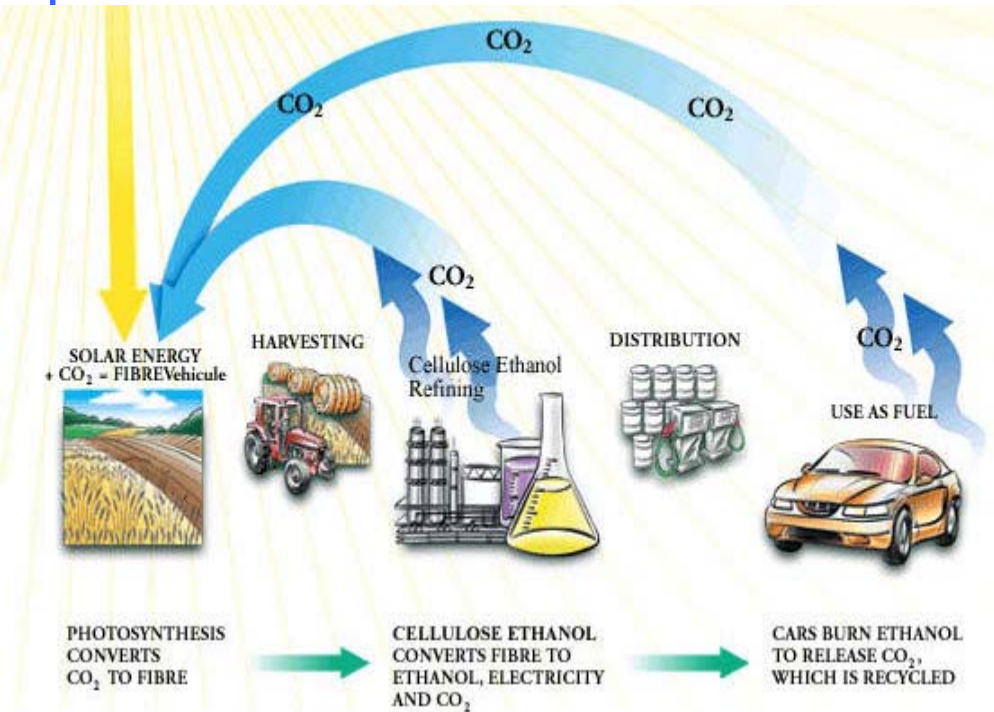




Opzione Biocombustibili

BIOETANOLO (fermentazione biomasse)

BIODIESEL (transesterificazione oli vegetali)





Biocombustibili: I generazione

Ottenuti da prodotti alimentari e dai loro semi: mais, grano, canna da zucchero, soia, grassi animali.



Biocombustibili: II generazione NO FOOD

Ottenuta da biomasse lignee o cellulosiche (sfrutta la parte scartata delle piante, nota anche come "no-food")





Biocombustibili: OPZIONE DA ANALIZZARE

1. Solo tipologia NO FOOD

2. Analizzare rese per ettaro:

Biodiesel da jathropa 1872 l/ha

Bioetanolo da miscanthus 7300 l/ha

1. Analizzare consumi di acqua per produzione:

Biodiesel 4000 l_{H₂O}/l

Bioetanolo 1500 l_{H₂O}/l

1. Analizzare indici well-to-tank:

Biodiesel da soia 2.2 MJ/MJ

Bioetanolo da cellulosa 3.3 MJ/MJ

confrontati con benzina (1.14 MJ/MJ), gasolio (1.16 MJ/MJ),

gas naturale compresso (1.19 MJ/MJ), elettricità mix europeo (2.89 MJ/MJ)



GRAZIE PER L'ATTENZIONE