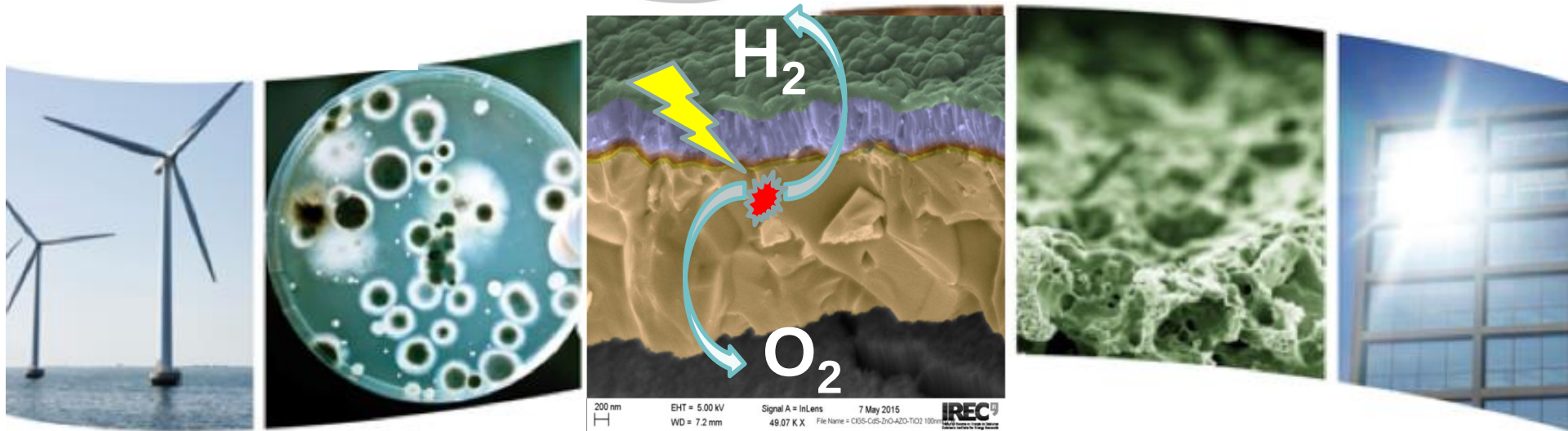




Tecnologies per a la descarbonització i l'electrificació d'una societat sostenible davant dels reptes del 2050

J.R.Morante

IREC, Catalonia Institute for Energy Research, Plaça de les Dones de Negre,1.
Sant Adrià del Besòs, 08930. Spain.
Department of Electronics, University of Barcelona, C/Martí i Franquès,1.
Barcelona,08028. Spain.

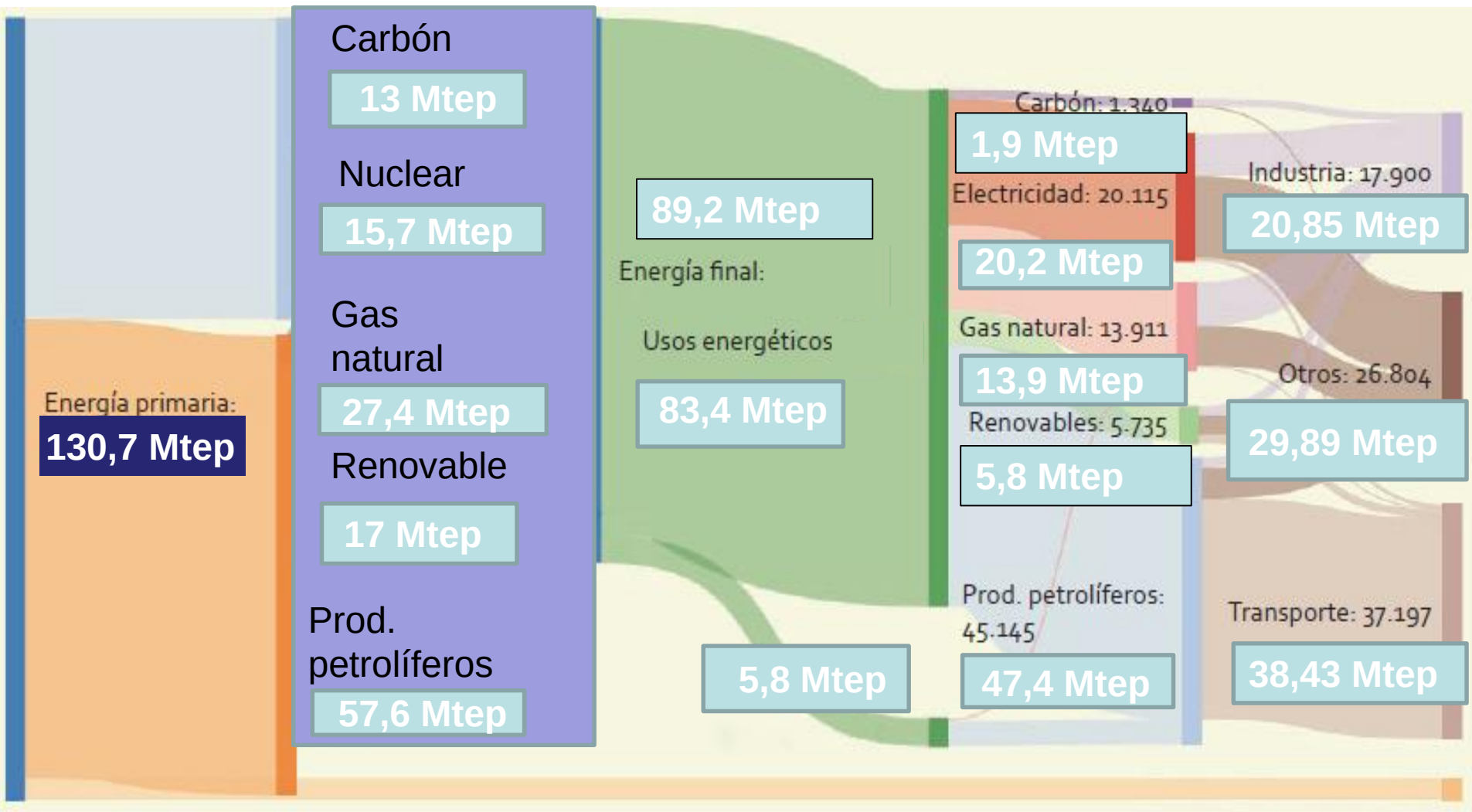
En resposta als requeriments europeus, Espanya ha preparat el "Pla Nacional Integrat d'Energia i Clima (PNIEC) 2021-2030" on es defineixen els objectius de reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle, de penetració d'energies renovables i d'eficiència energètica considerant les tecnologies actualment disponibles.

Al mateix temps, determina les línies d'actuació i el camí que, segons els models utilitzats, és el més adequat i eficient, maximitzant les oportunitats i beneficis per a l'economia, l'ocupació, la salut i el medi ambient; minimitzant els costos i respectant les necessitats d'adequació als sectors més intensius en CO2 per arribar al 2030.

No obstant, els objectius han de continuar per aconseguir fites abans de 2050 en base a noves tecnologies que en els propers anys aniran adquirint maduresa i es consolidarà la seva implantació

En aquesta presentació es presenten i discuteixen aquestes noves tecnologies necessàries per dur a terme els canvis i les modificacions que dins d'un marc econòmic i fiscal permetin la transició energètica a la indústria, al transport així com en altres sectors per tenir una societat sostenible descarbonitzada i competitiva.

Estructura del consum energètic a Espanya



FUENTE: SEE

CO2 emissions + gasos contaminants



1990

288,7 MtCO₂

2019

334,3 MtCO₂

296,2 MtCO₂ netes

253,4 MtCO₂ fossils

80,9 MtCO₂ difuses

~ 42 MtCO₂ electricitat

~ 75 MtCO₂ transport

~ 48 MtCO₂ industria

~ 28 MtCO₂ agricultura

~ 60 MtCO₂ alters

~ 80 MtCO₂ difuses

2030

Reducció 23% del 1990

222 MtCO₂

Reducció respecta 2019 emissions brutes

34%

Reducció emissions difuses

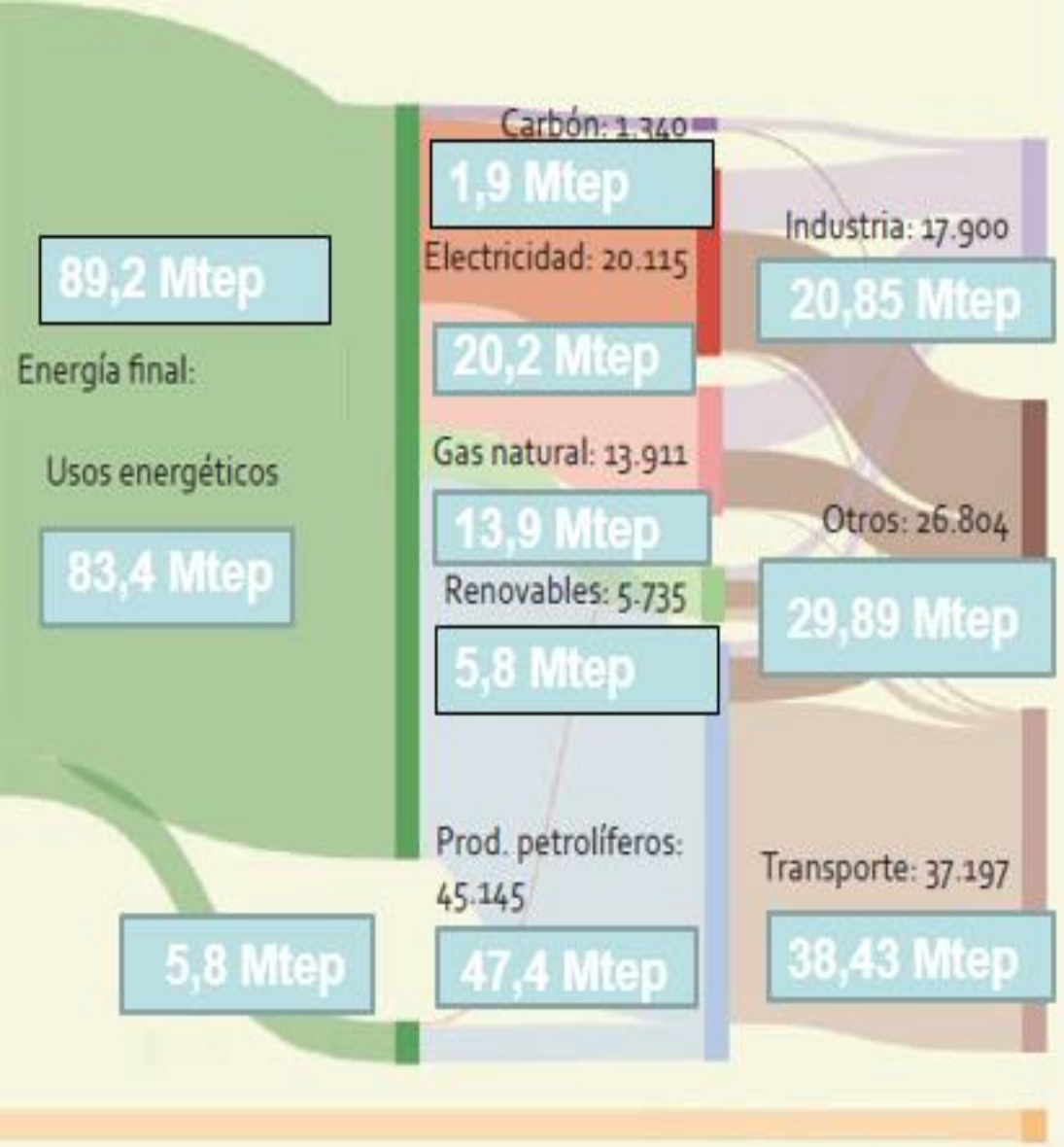
10%

Limit de les emissions fossils

150 MtCo₂

> 100 MtCO₂ de reducció en les emissions de CO₂ procedents de combustibles d'origen fossil.

PNIEC prevue inversions de 235.000 M€



Index:

Introducció

- Electricitat i fonts renovables
- Gas natural i gasos renovables
- Transport: bateries i hidrogen
- Transició energètica a la indústria
- Captura de CO₂, taxes d'emissions de CO₂ i el CO₂ com a material prima.

Conclusions

Producció d'electricitat: Energies renovables

74% de l'energia electrica provingui de fonts renovables.

Es considera unicament un creixement de 0.5% annual en la decada 2020-30

- ☐ sense estimar l'increment per assolir la introducció del vehicle electric (bateries, hidrogen)
- ☐ Sense estimar l'increment per assolir la producció d'hidrogen per la descarbonització de processos industrials.
- ☐ Sense estimar l'increment per assolir la major electrificació en els sectors residencials, serveis o terciari.

Potència instal·lada:

Consum electric: 253.9 TWh creixent 0,5% anualment 268TWh

Font	2020 (GW)	2030 (GW)	
hidràulica	20.14	24.24	
eòlica	28.03	54.53	+26.50GW
Solar & termosolar	11.37	48.47	+32,11GW + 5GW
Altres(biomassa, marines, geotèrmica	1.29	2.05	
total	60.83	129.29	

La resta de tecnologies $\approx 50.4\text{GW}$ (Nuclear, cogeneració, cicles combinats,...)

Segons el PNIEC, les renovables tindran una inversió de 92589 M€ per incrementar la potencia eléctrica en $\sim 60\text{ GW}$ de noves renovables i $3,5\text{ GW}$ de bombeig.

La mitjana de cost per cada megavat de renovable previst en el PNIEC es de 1.68M€ (FV 556.000 €/MW; Eòlica 883.000 €/MW; Termosolar 2.66M€/MW; Bombeig 4.25M€/MW, hidràulica 2.6M€/MW....)

A 2019 amb 54.4 GW es va produir 108.8 TWh $\approx 40\%$ del total 253.9TWh

A 2030 amb 129.29GW es podran produir 260TWh quasi el 100% del total d'electricitat 268TWh ($>95\%$)

NO ACCIONS ESPECIALS ES

CONSIDEREN RESPECTA COTXE ELECTRIC (BATERIES, HIDROGEN)

NI ALTRES OPCIONS TECNOLÒGIQUES.

Tecnologia	Potència GW	M€/MW	M€
Fotovoltaica	32.1	0.56	18,182
Eòlica	26.5	0.883	23,347
Hidràulica	0,6	2.66	1,600
Termosolar	5	2.66	13,318
Bombeig	3.5	4.25	14,901
Biomassa			2,681
Altres marines, geotèrmica..			1,977
Recàrreges			8,000
Interconnexió xarxes I transport			8,800
TOTAL			92,806

De forma complementaria 19,800 xarxes distribució

SITUACIÓ PRODUCCIÓ ELECTRICA A 2030:

Tecnologies producció electricitat	GW	variació
Nuclear	3.18	-50%
Cicles combinats	27	~0%
Cogeneració	3.7	-40%
Fonts renovables	129.9	>+100%
total	163.78	

Sobredimensionat $327.5 \text{ TWh} - 268 \text{ TWh} = 59.5 \text{ TWh}$ excedents

Factor sobredimensionament $>3,3$

$(5 \text{ Milions vehicles electrics}) \times (50 \text{ Km/dia}) \times 365 \text{ dies} = 9.125 \text{E}(10) \text{ Km}$

Considerando $17.5 \text{ kWh}/100 \text{ Km}$ nos daria 16 TWh

El porcentaje de energia electrica de origen renovable seria = $260/327.5 = 79.4\%$

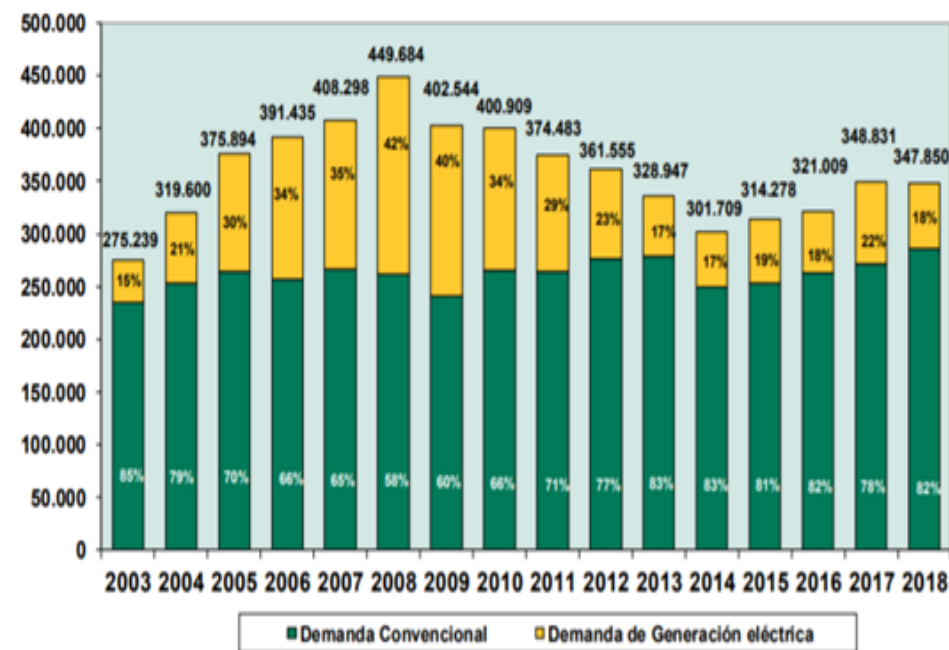
L'estalvi en emissions de CO_2 provenint de fonts fòssils seria de 40 MtCO_2 sempre que no es produeixin excendent utilitzants les altres technologies basades en fonts fòssils. CAL ENCARA REDUIR LES EMISSIONS PER ARRIBAR PER SOBRE DE LES 100 MtCO_2

Gas natural: gasos renovables

- Biogas
- Power to gas
- Pirogasificació
- Emmagatzematge d'energia
- Us de les infraestructures gasistes i els gasos renovables

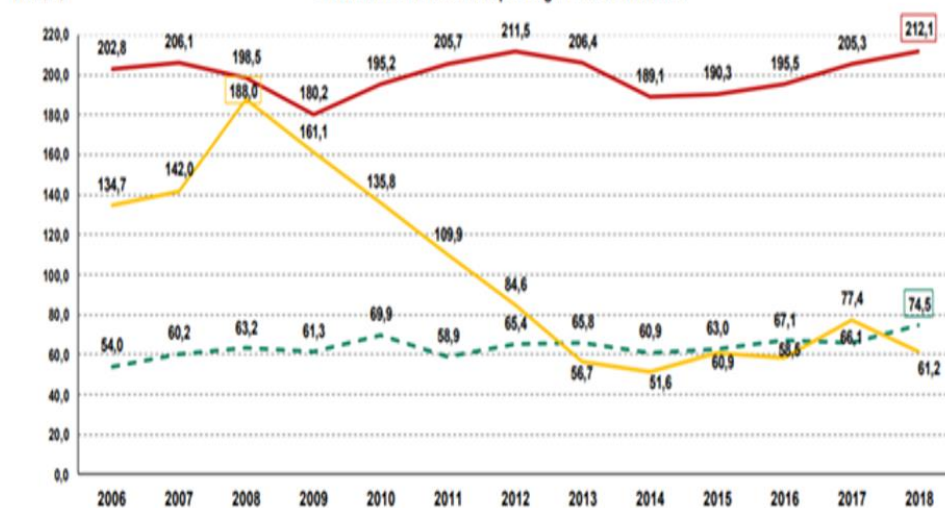


GWh



TWh/año

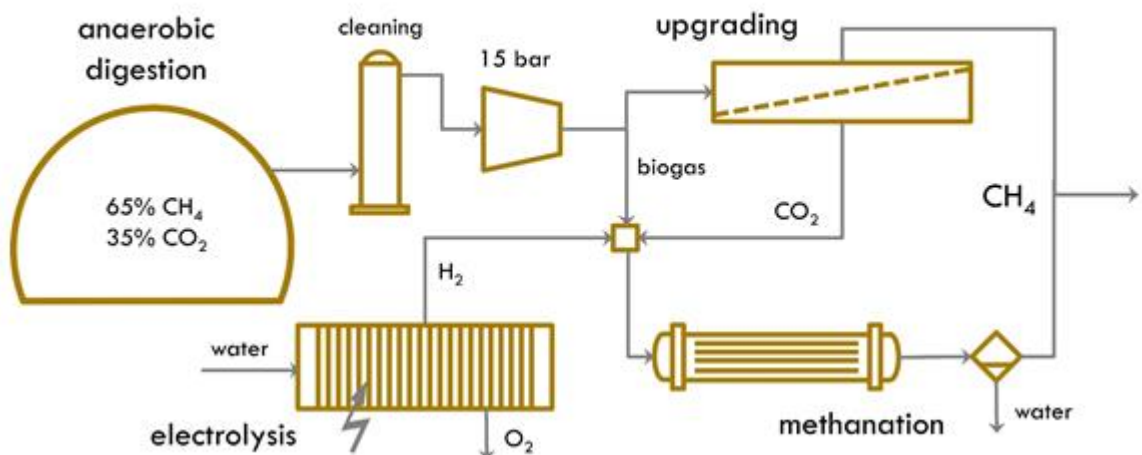
Evolución de la demanda por segmento de consumo



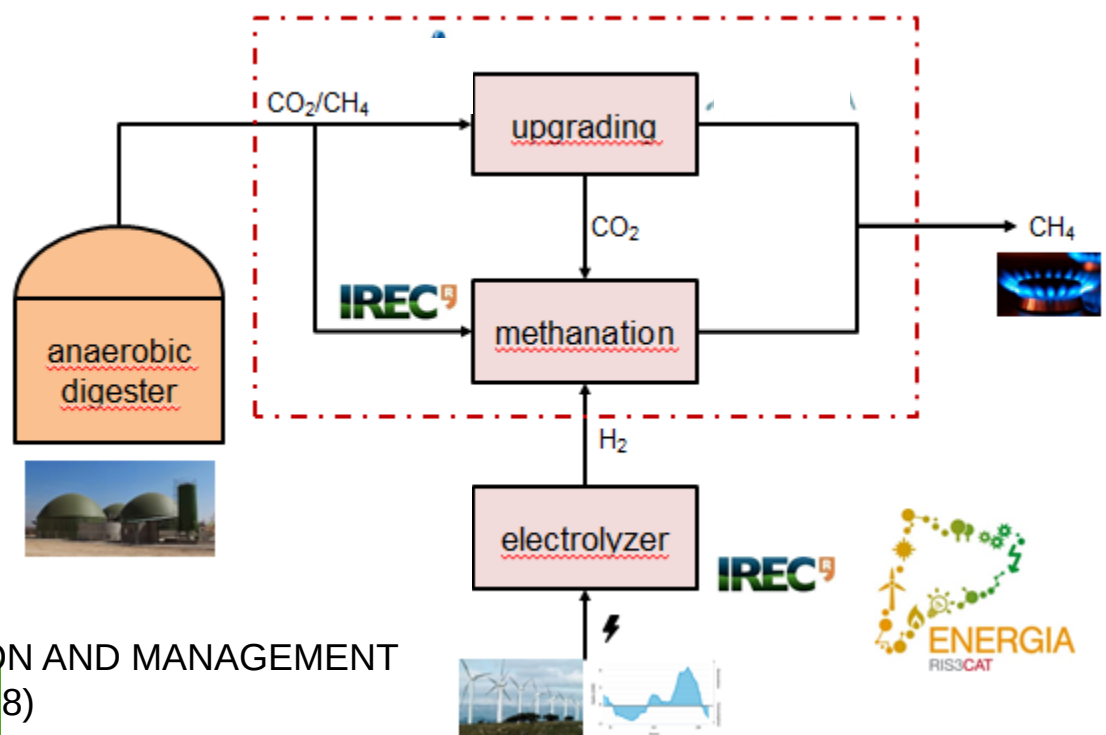
Es possible substituir tot el gas d'origen fossil per gas renovable?

Bioconversion: Synthetic natural gas production from biogas produced in a digester in a waste water treatment plant

biogas → biomethane



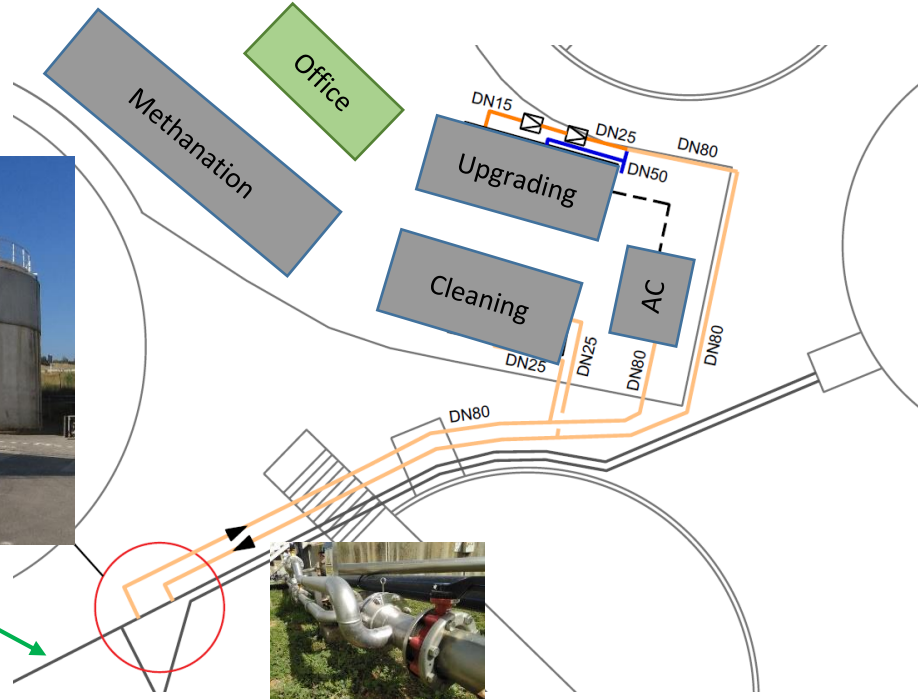
In collaboration with Naturgy programa RIS3CAT



Demonstration unit [Sabadell (Barcelona) Spain]



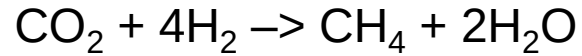
Digestor



Gasometer

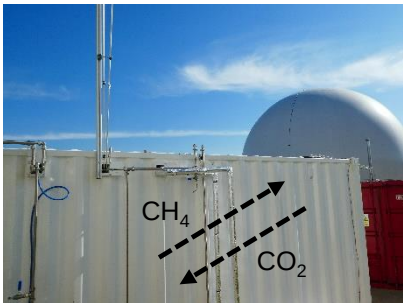
Methanation unit

10 Nm³/h

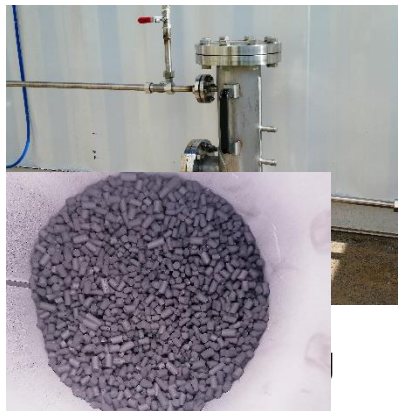


Alkaline electrolyzer
37 kWh

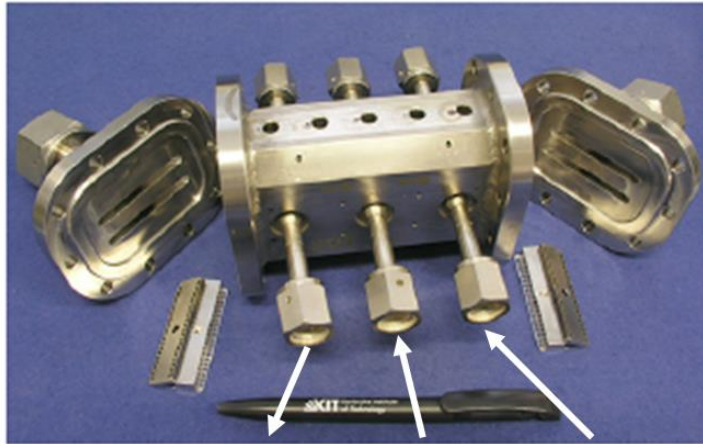
Biogas source (55-65% CH₄)



CO₂ source



Methanation reactors



Cooling
channel
outlet

Cooling
channel 2

Cooling
channel 1



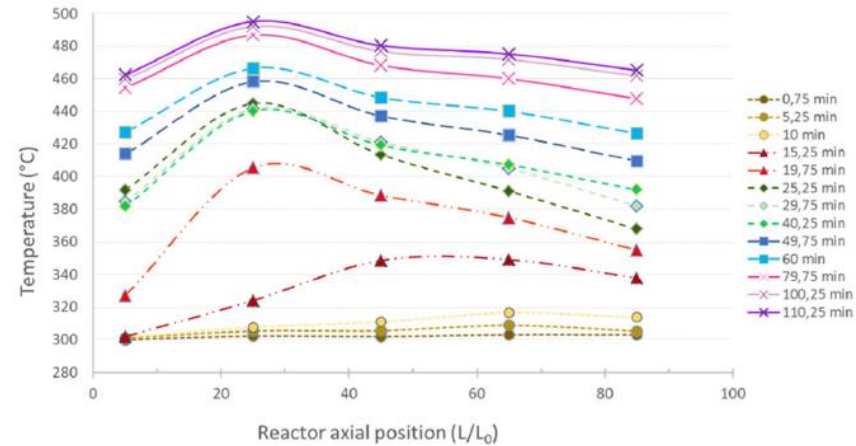
Compact
reactor technology



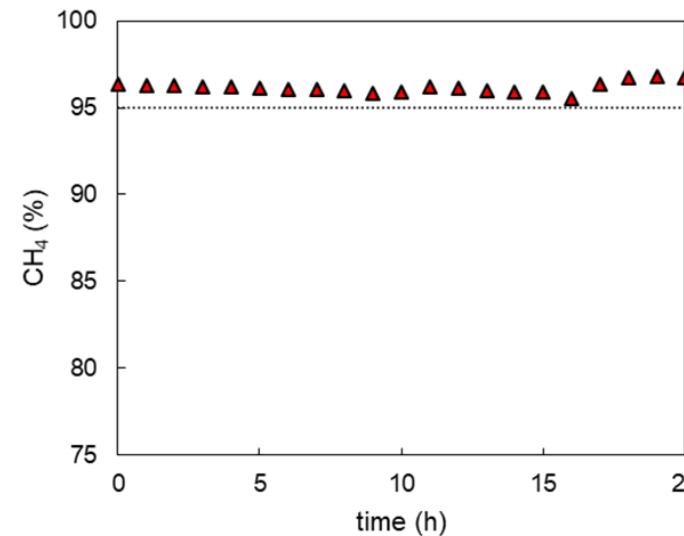
Quick start-up
and shut-down times



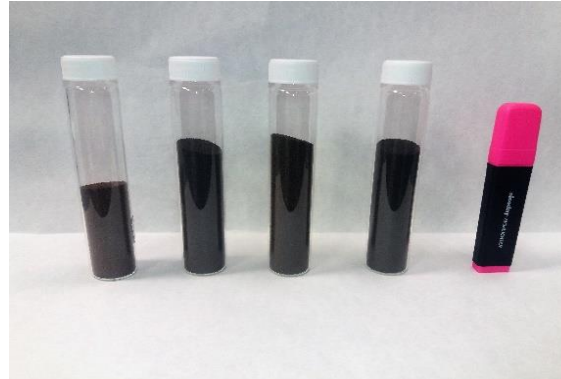
Load-flexibility



T depends on time, length $T < 500^{\circ}\text{C}$



High technology



Performant catalysts are the clue

Injectable conditions in the gas pipeline are achievable in Sabadell

stream	H ₂	CH ₄	CO ₂	X _{CO2}
	%	%	%	%
inlet	66	-	33	0
middle	30	65	10	90,85
outlet	4,4	95,4	0,2	99,77

$kW_{out}/kW_{in} > 50\%$ can be achieved within this project

	Electric consumption	SNG	production	Efficiency PtG	X _{CO2}
	kWh	Nm ³ /h	kWh/Nm ³	kW_{out}/kW_{in}	%
Test 1	16,24	0,577	28,15	38,06	96,99
Test 2	15,84	0,536	29,58	36,13	97,75
Test 3	12,16	0,519	23,00	46,55	97,61

85-95% power consumption comes from hydrogen production, nevertheless surplus renewal energy production can be used.

Eficiència màxima obtinguda 55,2%

Electrical grid



Electrolysis of water

H₂

CO₂

Intermittent CO₂, resulting from anaerobic digestion or industrial processes

Hydrogen injection

Methanation
(Hydrogenation of CO or CO₂)

CH₄

Injection

Gas network

Synthetic methane

Synthetic gas

H₂

CO

Hydrogen injection

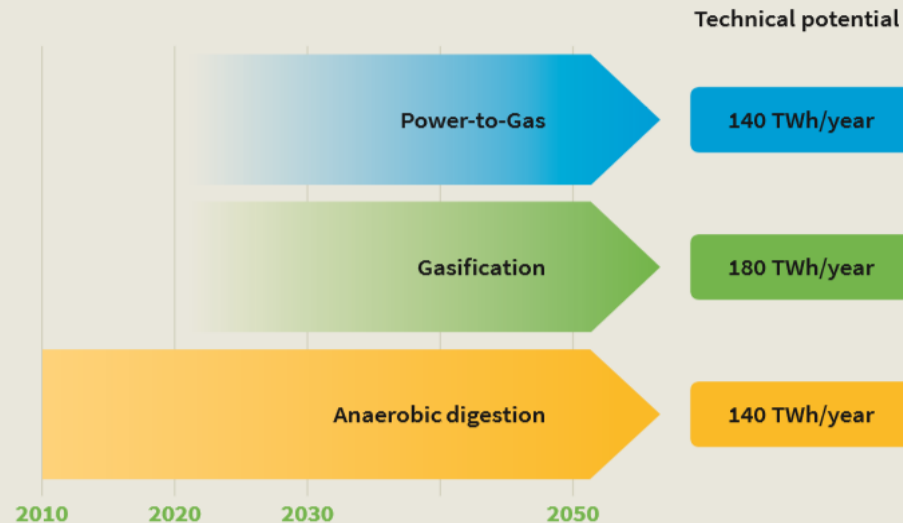
Gasification
(Pyrolysis with low O₂ presence)

Woody biomass
Solid Recovered Fuels



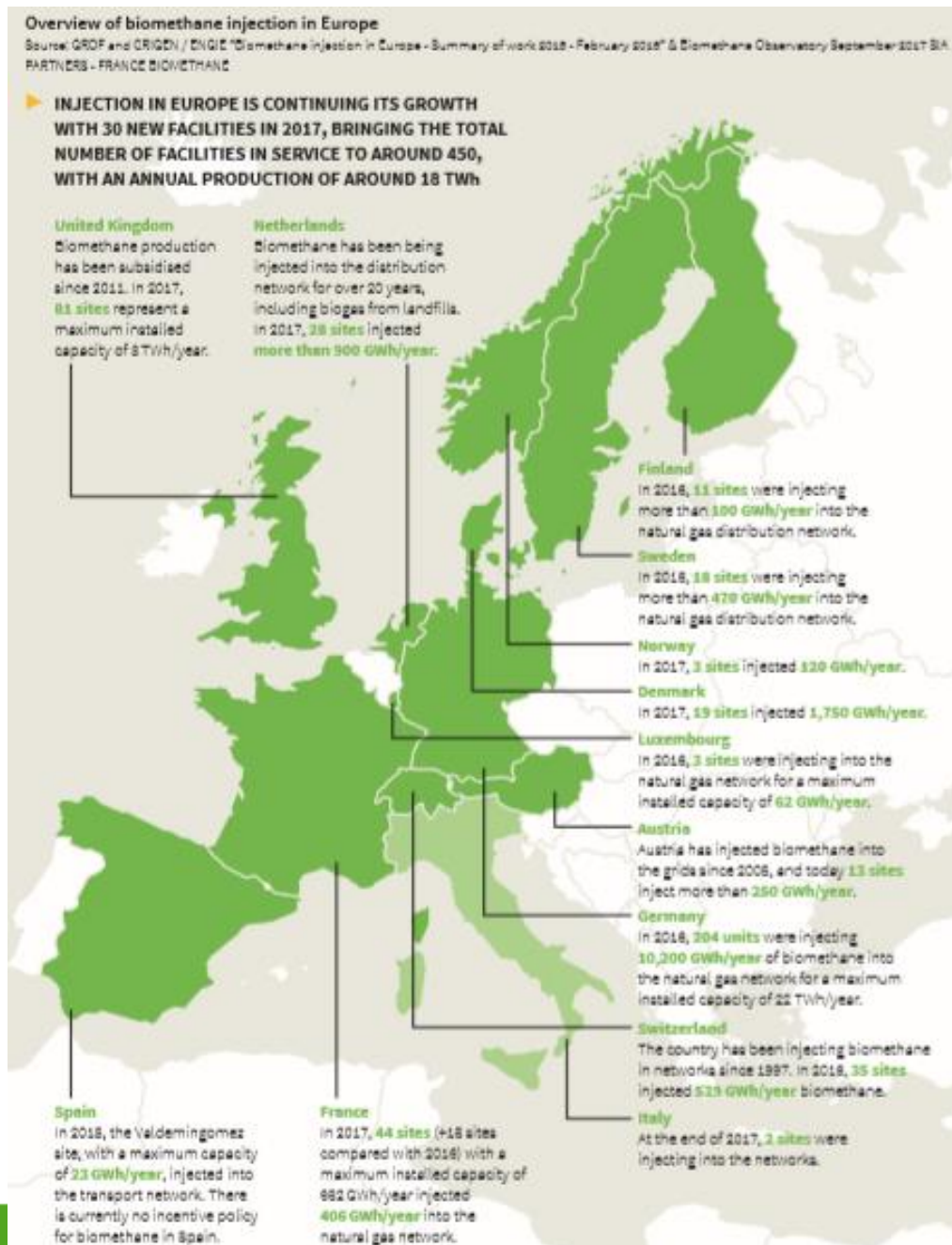
Technical potential of injectable renewable gases by 2050

Sources: "Towards 100% renewable gas ", ADEME, GRDF, GRTgaz



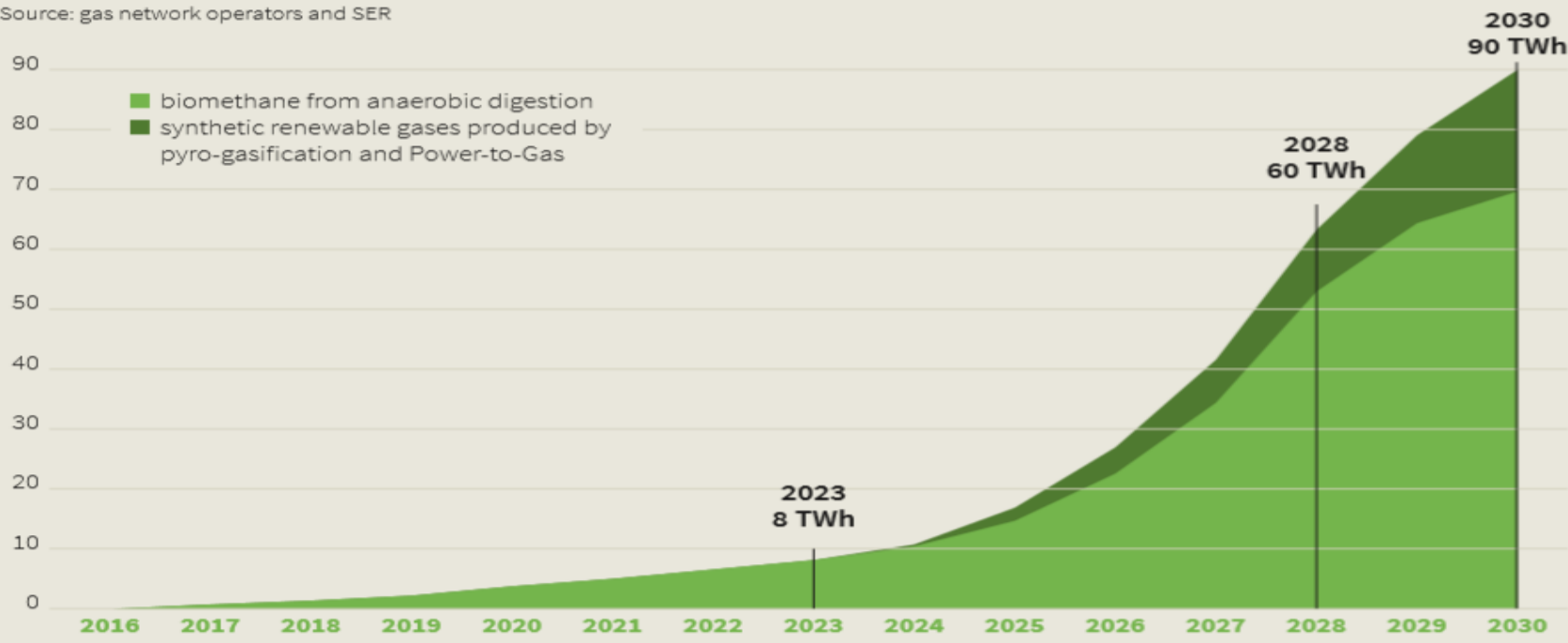
460TWh France
A Espanya serien
cap a 350 TWh

Biogas: digestors amb biomassa, fangs, purins, forms,.....



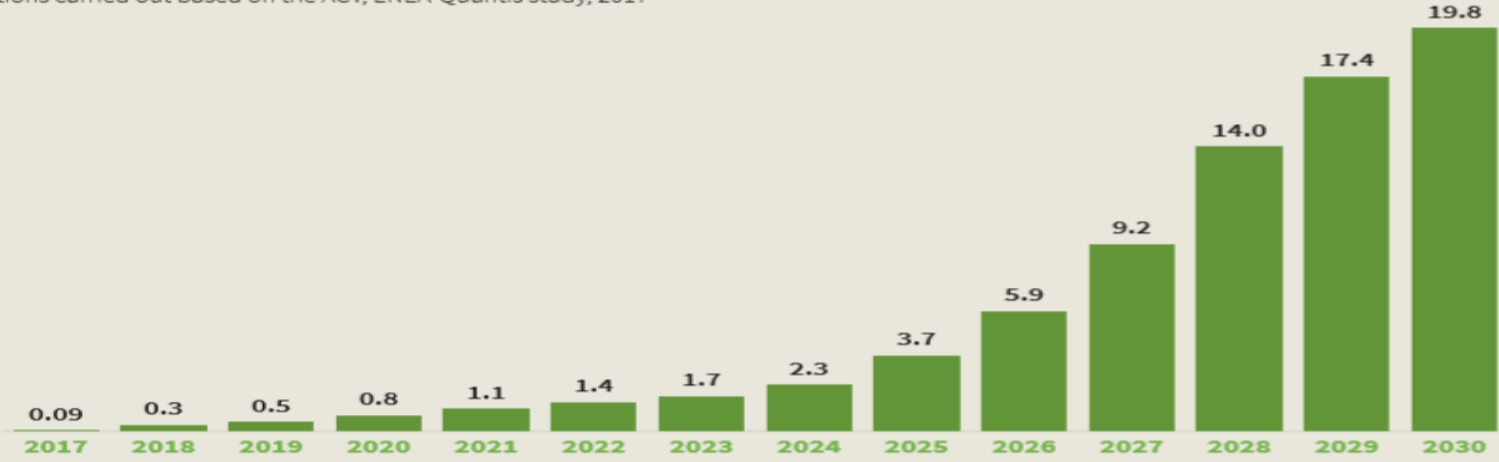
2030: 30% renewable gas in networks

Source: gas network operators and SER



Equiv. CO₂ emissions avoided per year until 2030 (millions of tons of CO₂ equiv.)

Source: Calculations carried out based on the ACV, ENEA-Quantis study, 2017



Dades France. A España el potencial es d'uns 50 TWh evitant ~10 MtCO₂



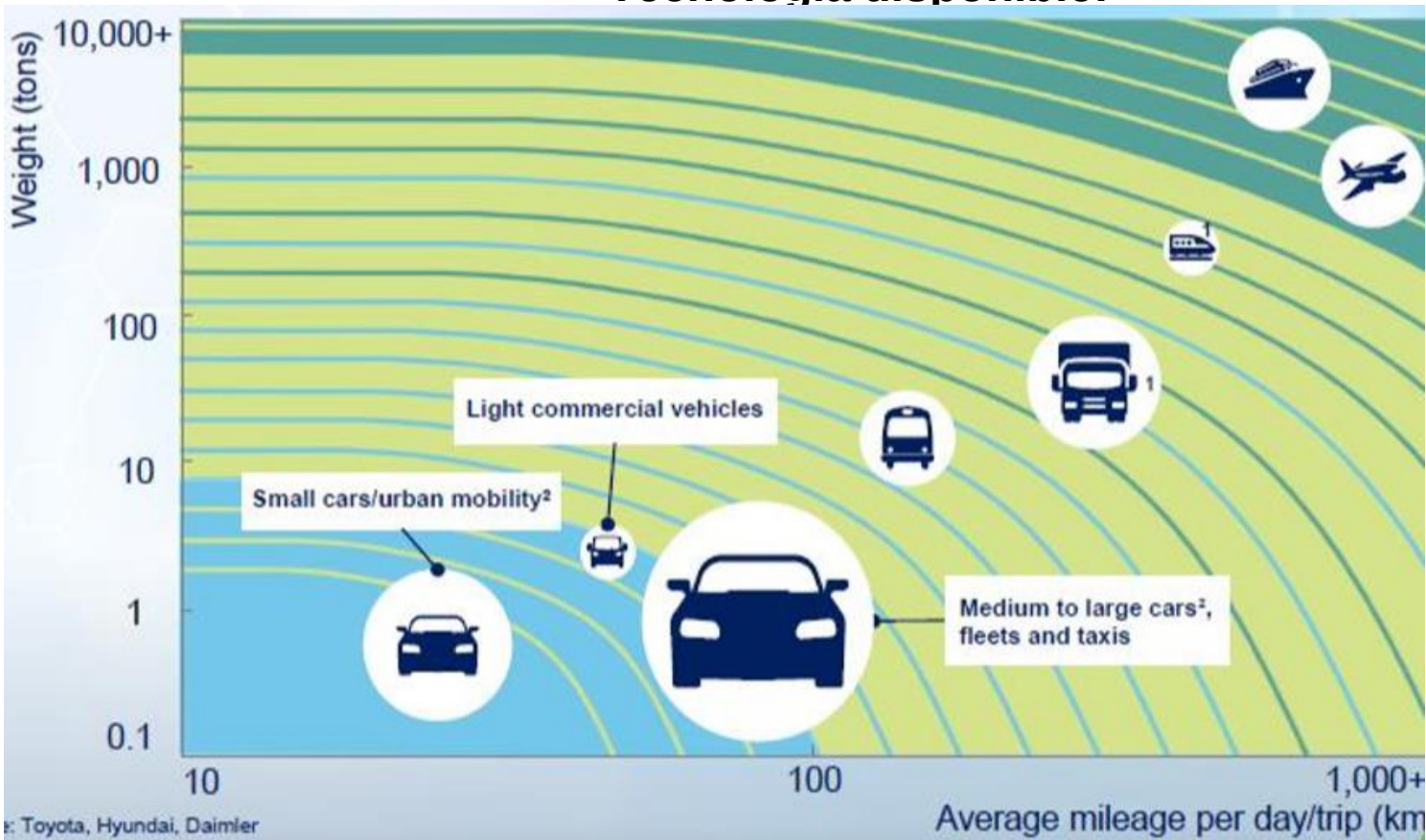
<http://www.ademe.fr/mix-gaz-100-renouvelable-2050>

A Espanya, si s'explotessin totes les opcions biometà a 2030 es podria evitar al menys 10 Mt CO₂ de emissions
A 2050 s'evitarien totes, cap les 60 MtCO₂

Transport:

- Mobilitat elèctrica en base a bateries o al hidrògen
- Biocombustibles
- Combustibles sintètics.

Tecnología disponible:



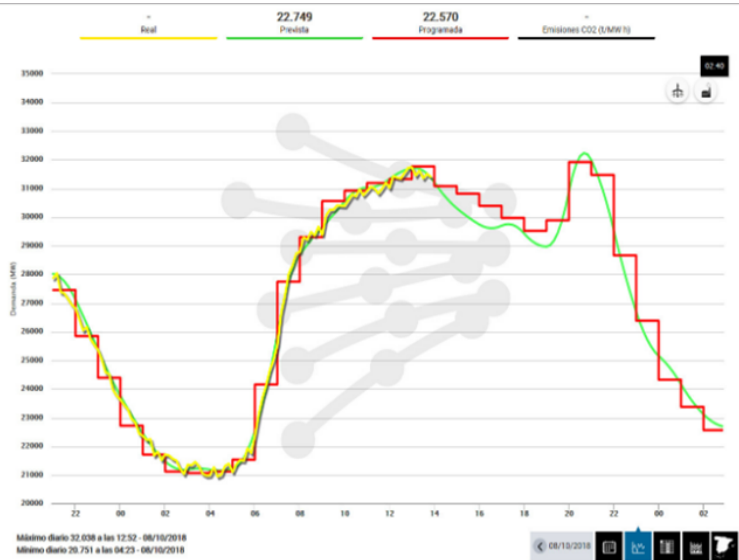
- BEV
- FCV
- Bio- and (H₂-based) synthetic fuels

○ Bubble size represents relative annual energy consumption of this type in 2013

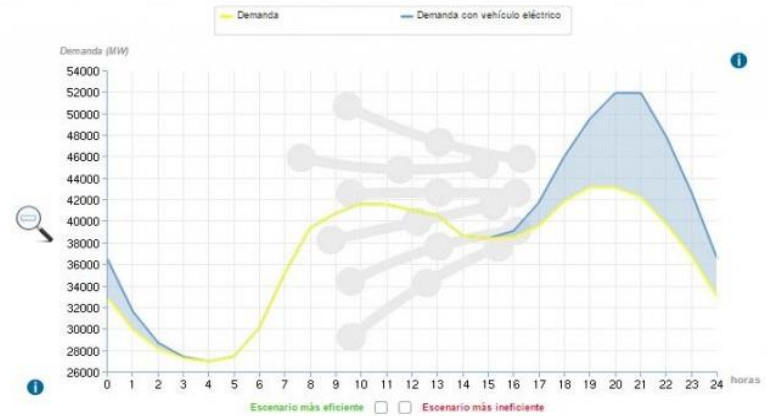
1 Battery-hydrogen hybrid to ensure sufficient power

2 Split in A- and B-segment LDVs (small cars) and C+-segment LDVs (medium to large cars) based on a 30% market share of A/B-segment cars and a 50% less energy demand

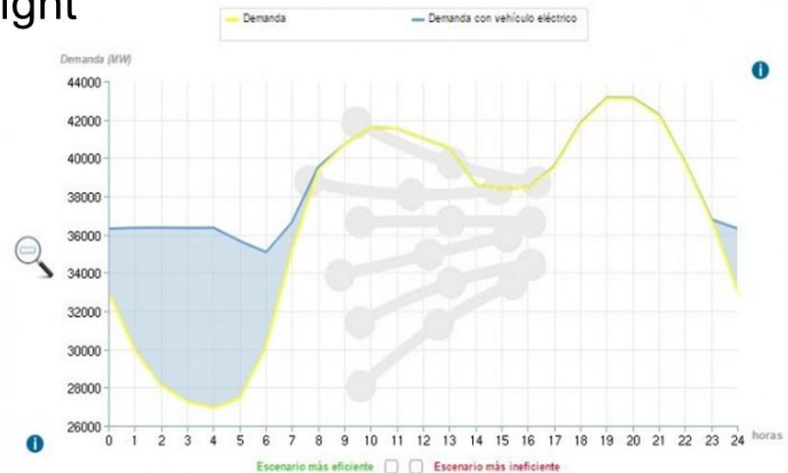
Disponibilidad de soluciones tecnológicas: Redes Eléctricas ■



During the day



During the night



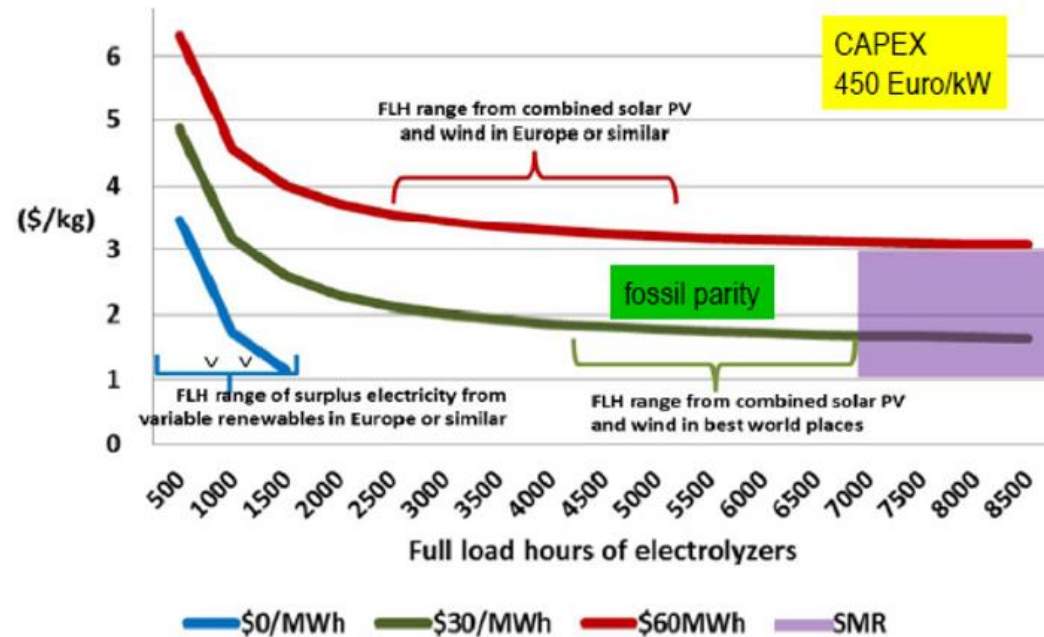
Economía

Electrolytic H₂ price (revisited)



Tiempo de repostaje con el tanque completamente vacío. (4 Kg) ~ 5 minutos

- + Incentivos fiscales
- + Incentivos de conducción
- + Incentivos de estacionamiento



Tecnología disponible:

The European Green Deal Call



Develop and demonstrate a 100 MW electrolyser upscaling the link between renewables and industrial applications

Demonstrate energy system integration through hydrogen: produce hydrogen from RES and use it in a commercial/industrial application (e.g. chemical or petrochemical industry)

Targeted Impacts

- Impact 1:** Establish a European industry capable of developing a novel 100MW electrolyser using a European value chain
- Impact 2:** Increase the efficiency of the electrolyser reaching an energy consumption of 49 (ALK) to 52 (PEM) kWh/kg H₂ at nominal power
- Impact 3:** Increase the current density to 1A/cm² (ALK) or 3A/cm² (PEM) and delivery pressure to 30 bar
- Impact 4:** Reduce the plant's footprint by 30% thanks to the larger modules and the plant layout as well as the higher current densities
- Impact 5:** Reduce the electrolyser CAPEX by 20% down to €480/kW and €700/kW for Alkaline and PEM electrolysers respectively

Tecnología disponible:

The European Green Deal Call



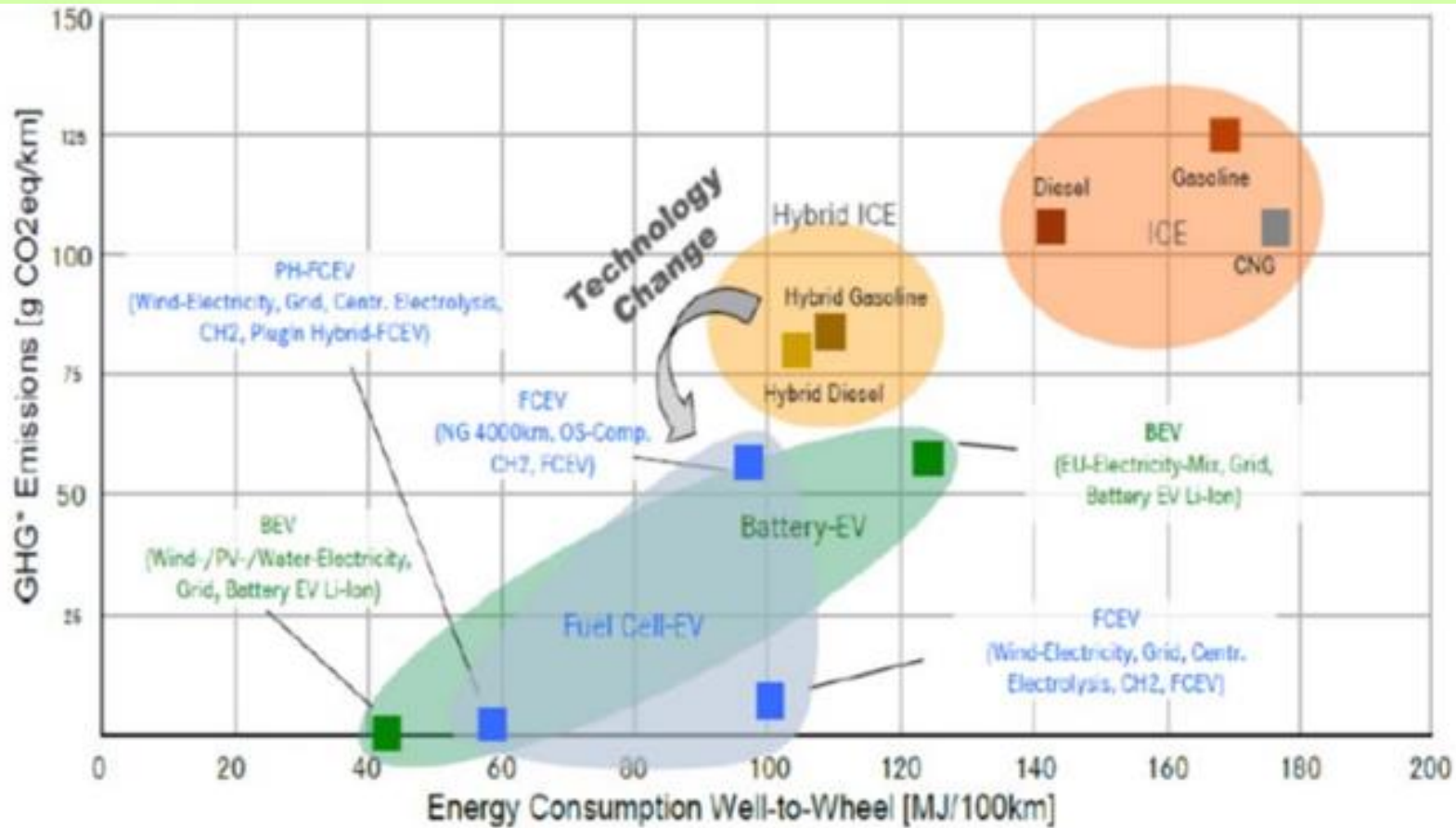
Develop and demonstrate a 100 MW electrolyser upscaling the link between renewables and industrial applications

Proposed activities:

1. Develop modules of 4-5 MW (or larger) with reduced balance of plant, managing efficiently the input power, the output hydrogen streams and the heat flows, while ensuring the reliability of the system and reducing the footprint
2. Assemble the modules into a 100MW electrolyser system
3. Test and demonstrate the 100MW electrolyser in real life conditions, operating flexibly to harvest maximum renewable power and provide grid-balancing services, and supplying renewable hydrogen to a commercial/industrial application
4. Assess the performance and the durability of the electrolyser operating dynamically
5. Address potential safety issues

Tecnología disponible: fuentes de energía renovable

Programa específico para la introducción de energías renovables Dos etapas 2030 y 2050: ESPAÑA PNIEC: 5 MILLONES DE VEHICULOS ELECTRICOS EN 2030

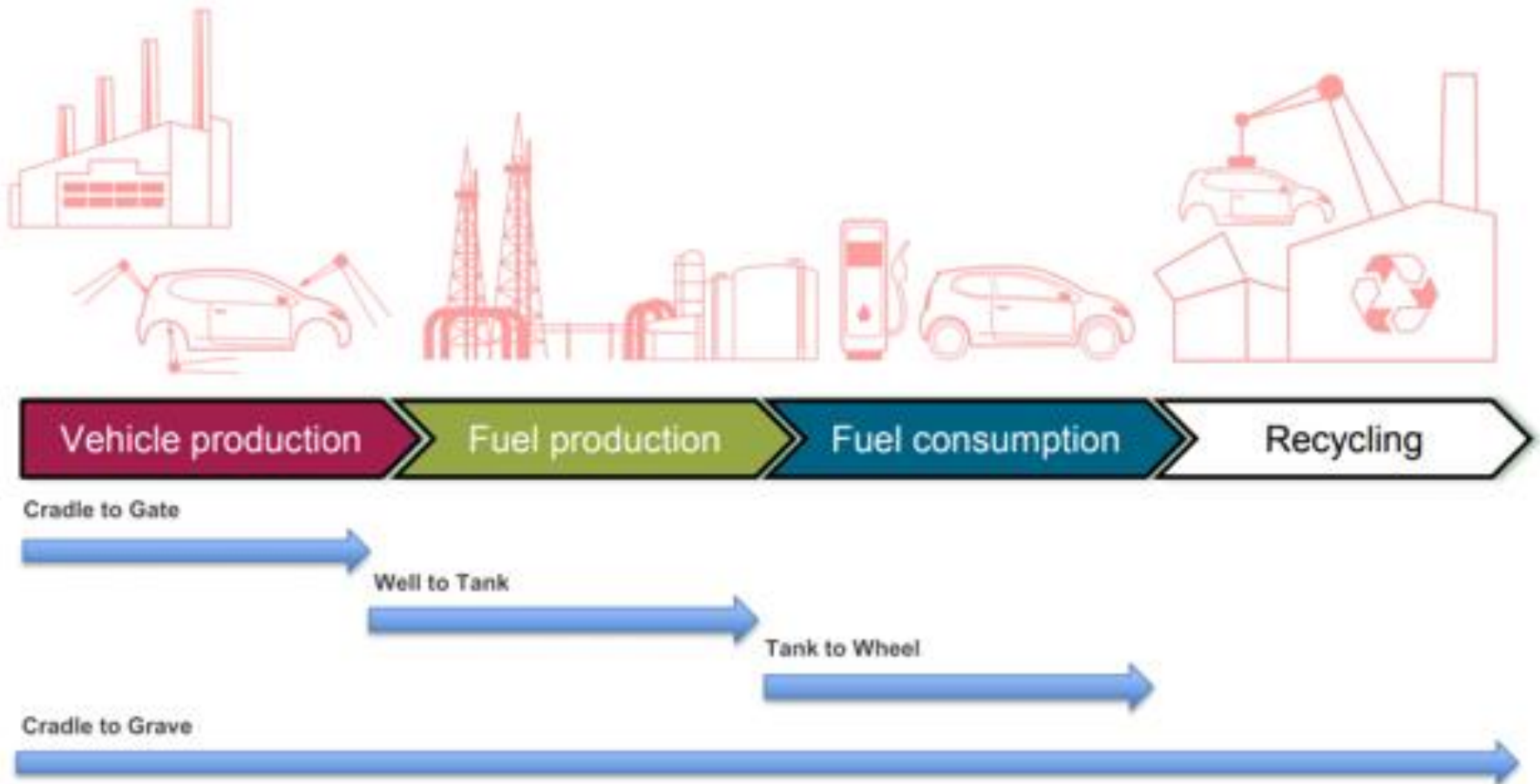


*GHG: Green House Gas

Source: JRC/EUCAR/CONCAWE (2013) WTW Report, Version 4

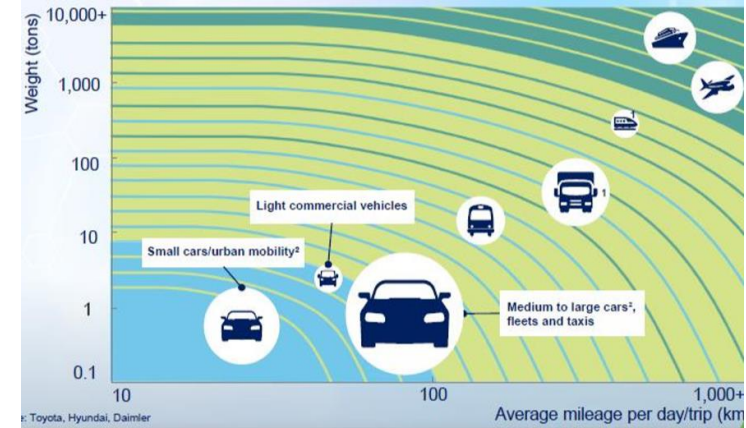
Tecnologías disponibles

Consideraciones futuras para el CO₂ para el sector transporte: Cradle to Grave

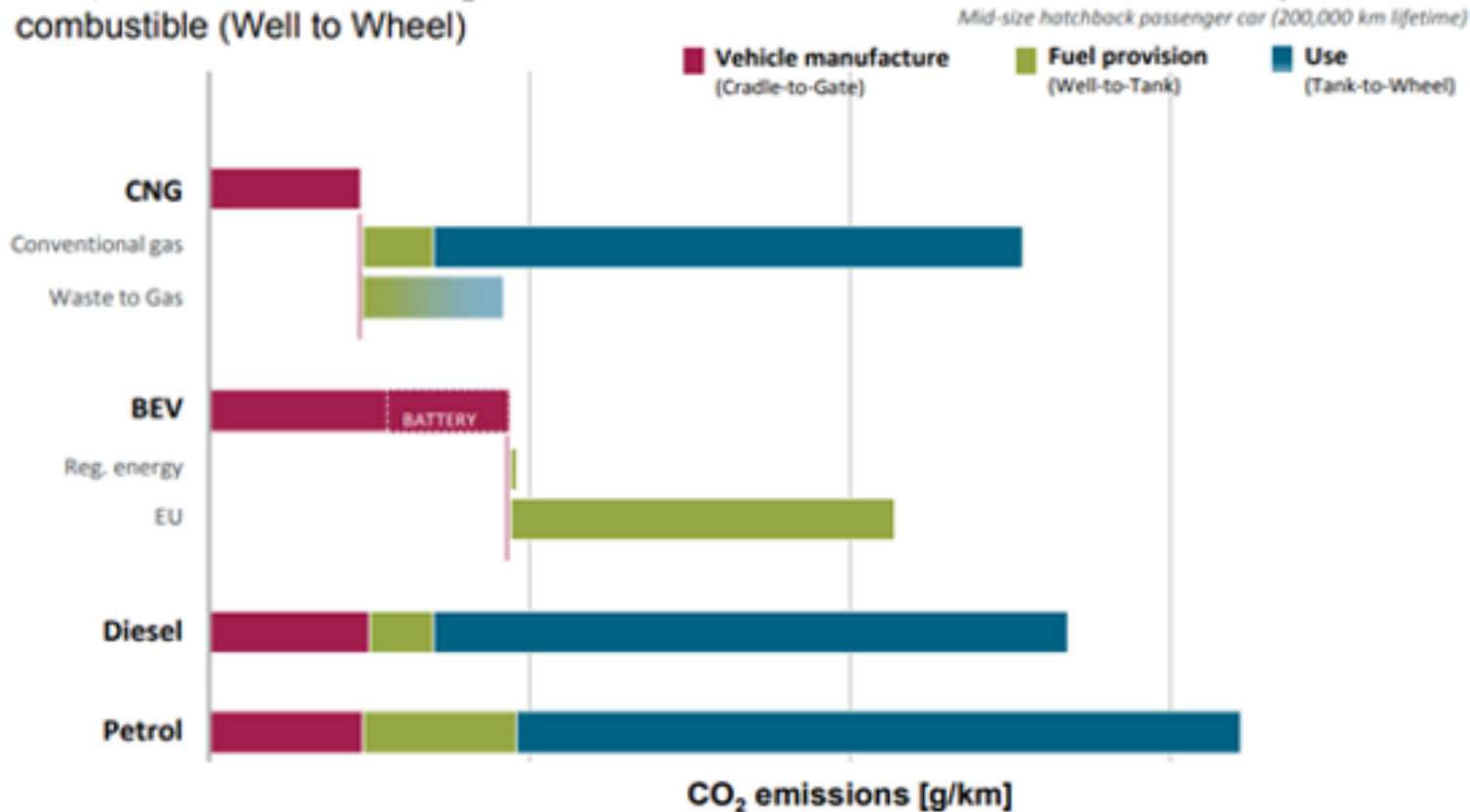


Fuente: SEAT

Tecnologías disponibles



Comparativa Emisiones CO₂, con distintas fuentes renovables, en todo el life-cycle del combustible (Well to Wheel)



Con biometano, Well to Wheel reducciones en CO₂ vs. Gasolina pueden llegar a ser de hasta: 80% dependiendo de la fuente

(5 Millions vehicles electrics) x(50Km/dia)x 365dies= 9.125E(10) Km
Considerant 120g CO₂/Km ens dona una estimació de 10 MtCO₂

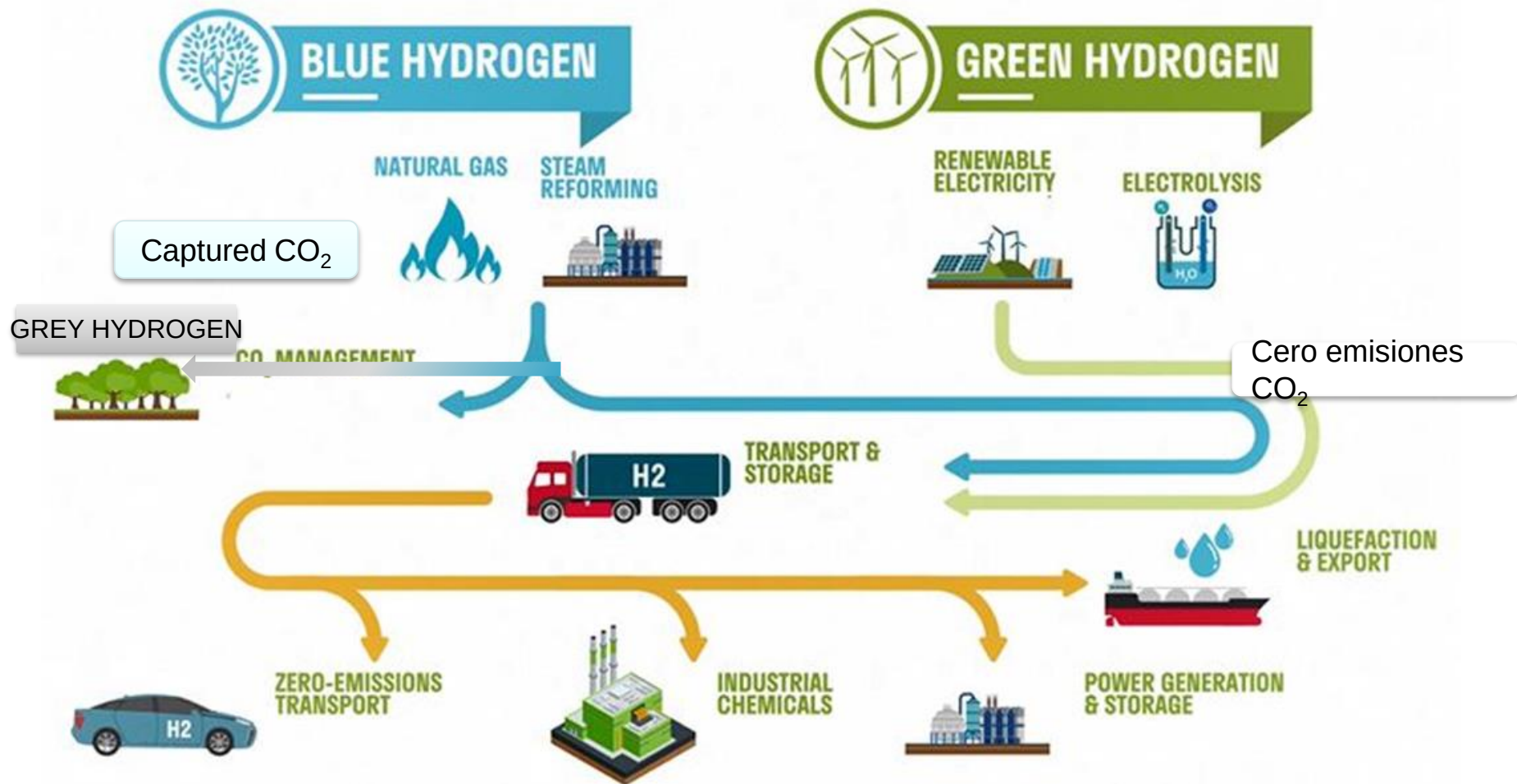
En el cas que aquests vehicles utilitzessin electricitat renovable hi haurien 10 MtCO₂ menys emesses. Però no es preveu pas incrementar el parc d'energies renovables per assumir aquest consum no pas inclos en la previsió de creixement del consum electric estimate per la decada 2020-2030

Estimant tot el parc automobilistic es podrien alliberar fins al voltant de 75 MtCO₂

Però tant pel cas d'hidrogen com pel cas de les bateries caldria que tota l'electricitat fos d'origen renovable per tal de ser efectivament efectius en la disminució esperable d'emissió de CO₂.

Per això caldria incrementar uns 30Mtep les renovables per generar uns 350TWh que substituís el consum de productes petrolífers amb hidrogen (amb bateries es menys degut a la major eficiència del BEV que dels HFCEV un factor al voltant del 2.7)
Cosa que no està pas prevista i que equival a més de duplicar els desplegament d'energies renovables amb una inversió considerable no prevista.

Tecnologies de Fabricació



<1Kg de H₂ permet fer 100Km en un turisme. L'equivalent en gasoline costaria amb impostos 8 euros dels que 3,7€ seria el cost del combustible. Cost estimate noves plantes de H₂ abans d'impostos 2-2.5€

Hyundai ix35 FCEV



Toyota Portal : 670 CV i 1.796 Nm
36 tones



https://www.youtube.com/watch?v=_F11bx6FqbM

<https://www.youtube.com/watch?v=pdbT4HjzTdk>

Tecnologia per autobusos urban I interurbans

Tecnologia per recollida d'escombraries

Toyota FC bus "Sora" (1)

<https://www.youtube.com/watch?v=94vAFQmw6zw>

Toyota FC bus "Sora" (2)

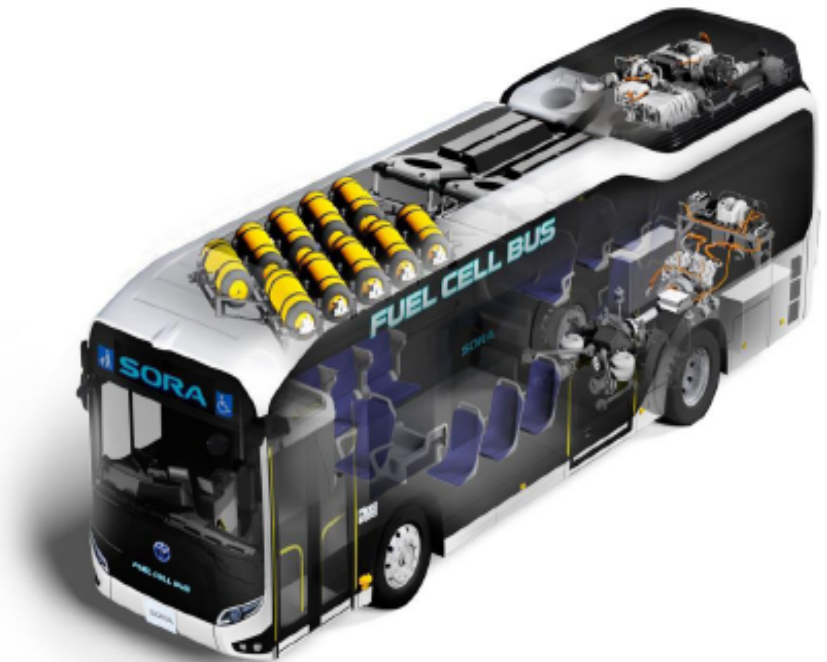
<https://www.youtube.com/watch?v=dqlaK5U-VFg>

Toyota FC bus "Sora" (3)

<https://www.youtube.com/watch?v=lt38ojGwmjE>

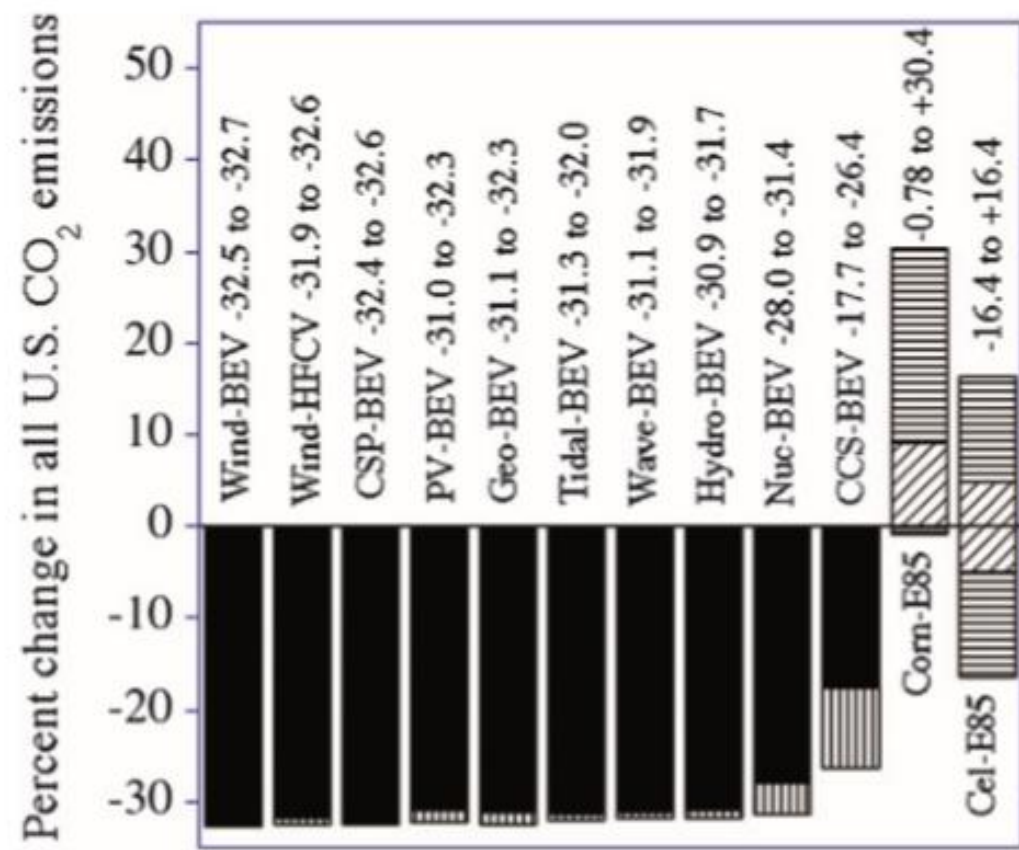
FC bus production line

<https://www.youtube.com/watch?v=HDoEbIKCvUA>

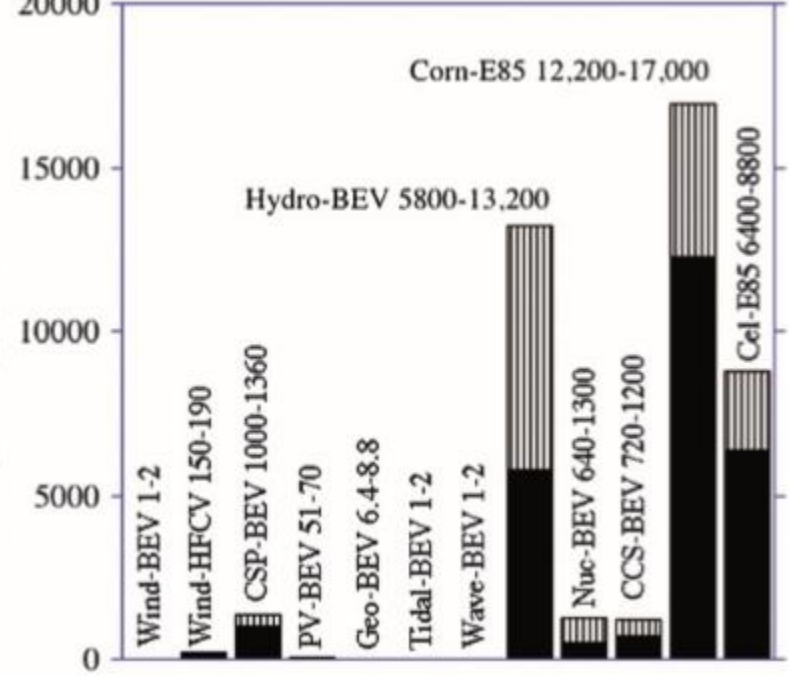


<https://www.autodevot.com/2019/08/toyota-sora-fuel-cell-bus-gets-more-safety-tech/>

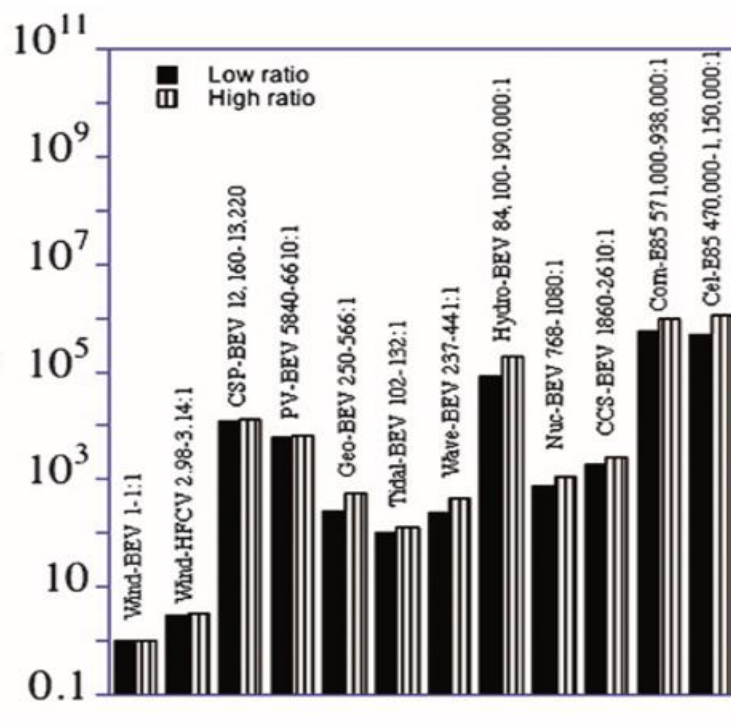




Water consumption (Ggal/year) to run U.S. vehicles



Ratio of Footprint Area of Energy Technology to Wind-BEV for Running U.S. Onroad Vehicles



Biocombustibles provenint de biomassa:
 Hi ha sufficient capacitate per produir tot el necessari sense competí per recursos com l'aigua o la producció d'aliments?

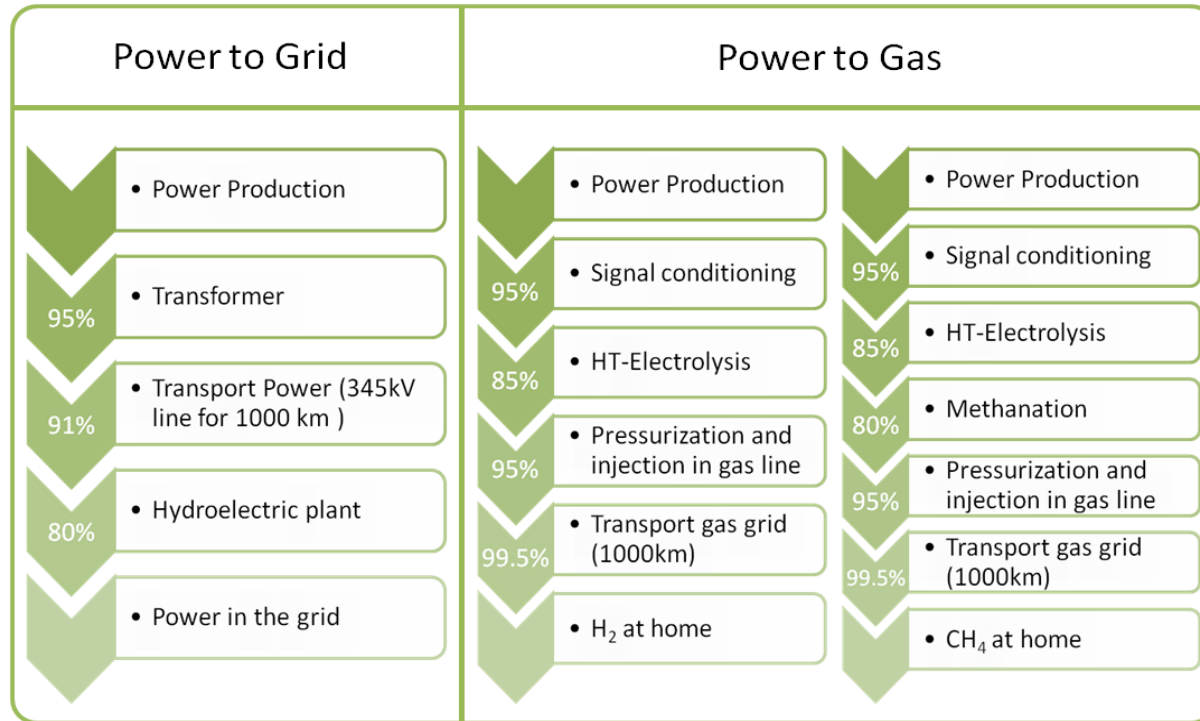
Transició energètica en la indústria:

- gasos renovables
- L'ús de l'hidrogen en processos
- Capture de CO₂ i cicles tancats

Tecnologies

La importancia de la eficiencia de cada pas en les rutes power-to-gas-to-power

estimació



$$\eta_{Power-to-Power} = 0.95 * 0.91 * 0.80 = 0.69 (69 \%)$$

68-76%

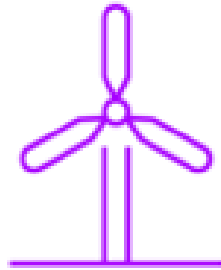
$$\eta_{Power-to-H_2} = 0.95 * 0.85 * 0.95 * 0.995 = 0.76 (76 \%)$$

62-76%

$$\eta_{Power-to-CH_4} = 0.95 * 0.85 * 0.80 * 0.95 * 0.995 = 0.61 (61 \%)$$

53-64%

POWER-TO-X



Power-To-X

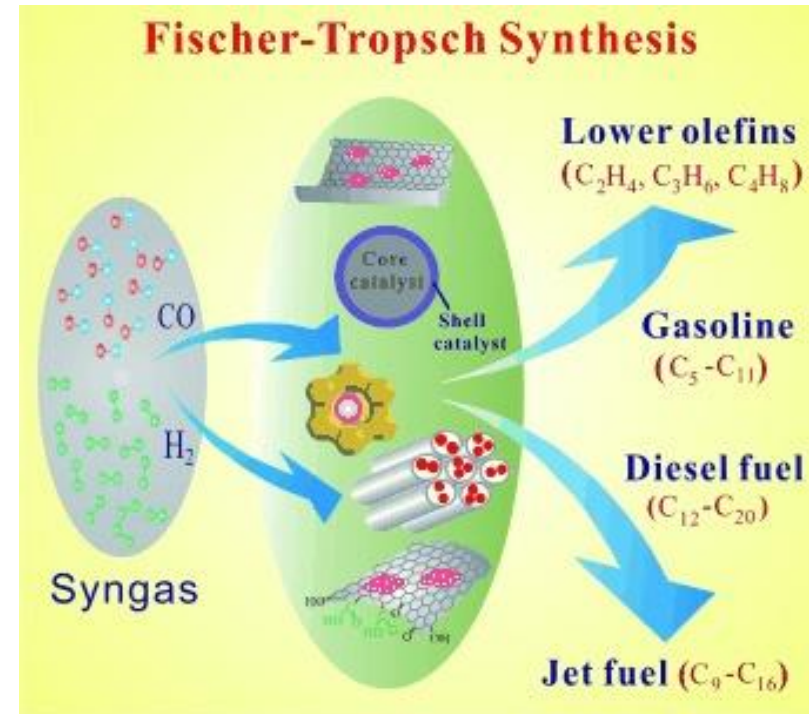
Emmagatzemar les energies renovables

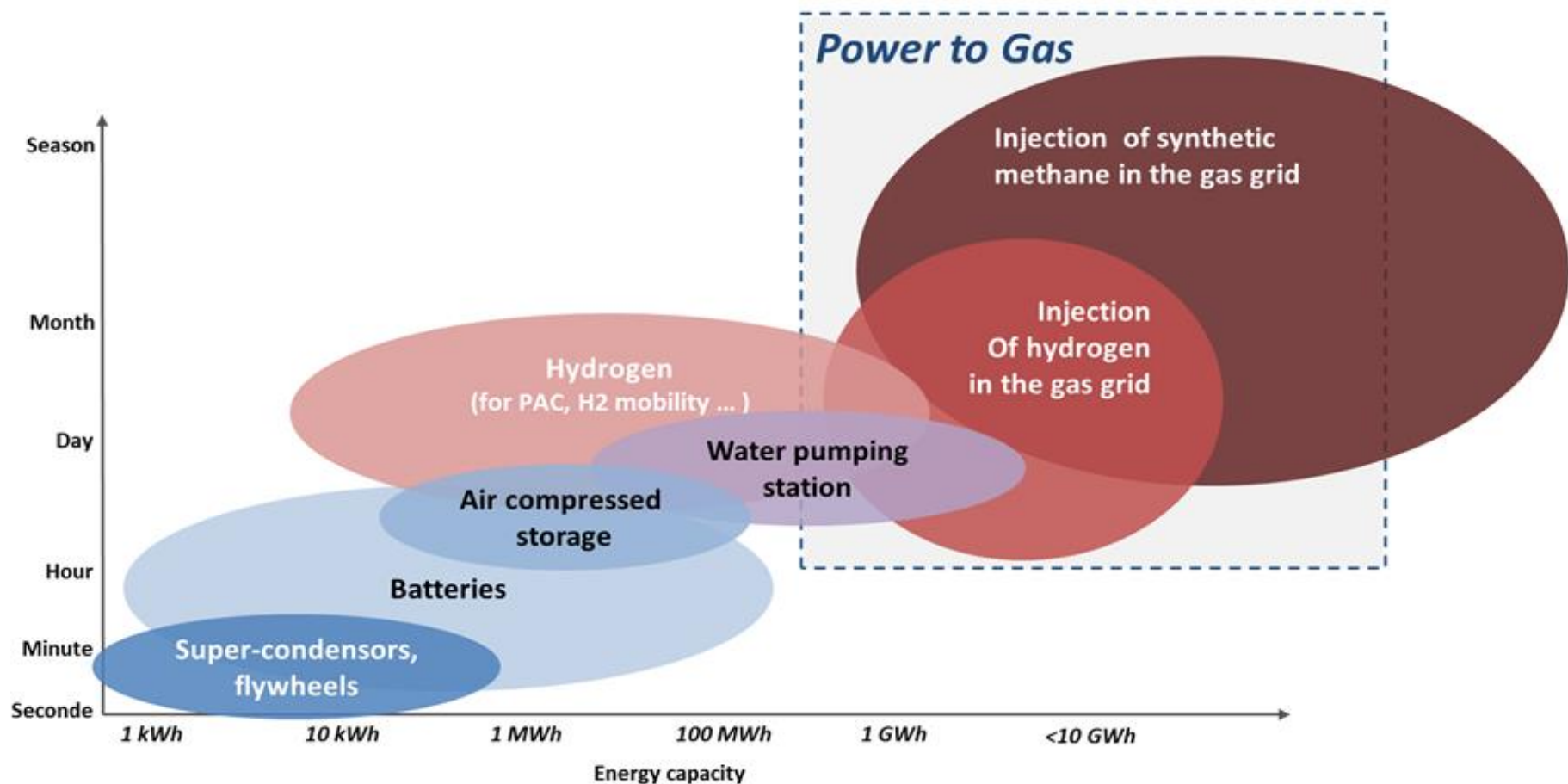
X= hidrogen,
metà,
metanol,

.....

Fischer Tropsch :combustibles sintètics.

Les alternatives passen per utilitzar gases renovables com l'hidrogen i el metà (biometà o metà sintètic a partir de la captura de CO₂ o CO₂ d'origen biogenic)



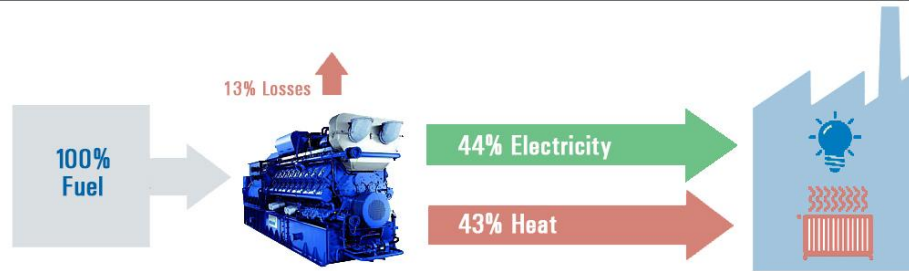


http://www.grtgaz.com/fileadmin/transition_energetique/documents/hydrogene_et_reseau_e-cube_GRTgaz.pdf

<http://www.grtgaz.com/fileadmin/engagements/documents/fr/Power-to-Gas-etude-ADEME-GRTgaz-GrDF-complete.pdf>

Cogeneration

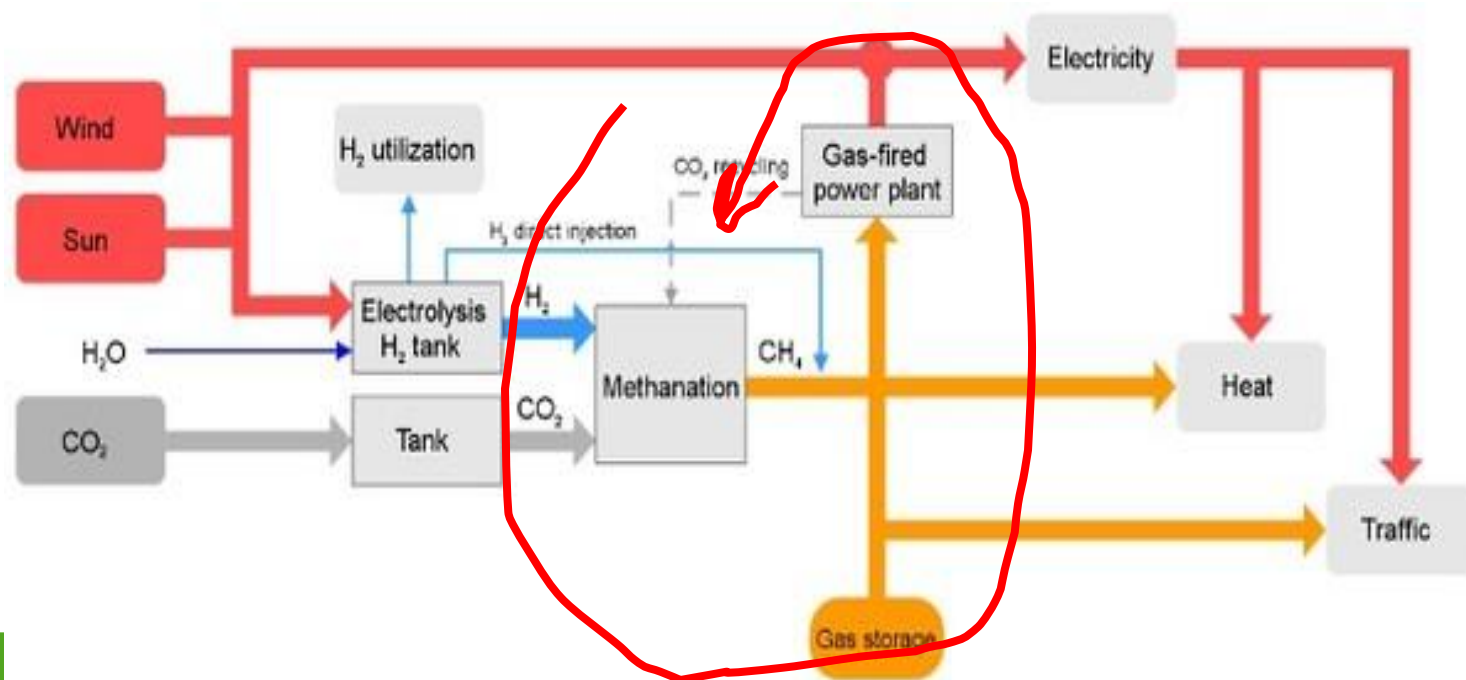
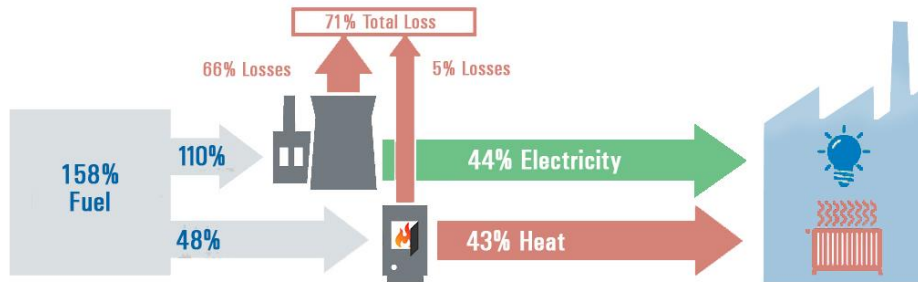
(Combined heat and power plant)



Closed loop CO₂-CH₄

Seperate power production

(Electricity in conventional powerplant, Heat in a boiler)



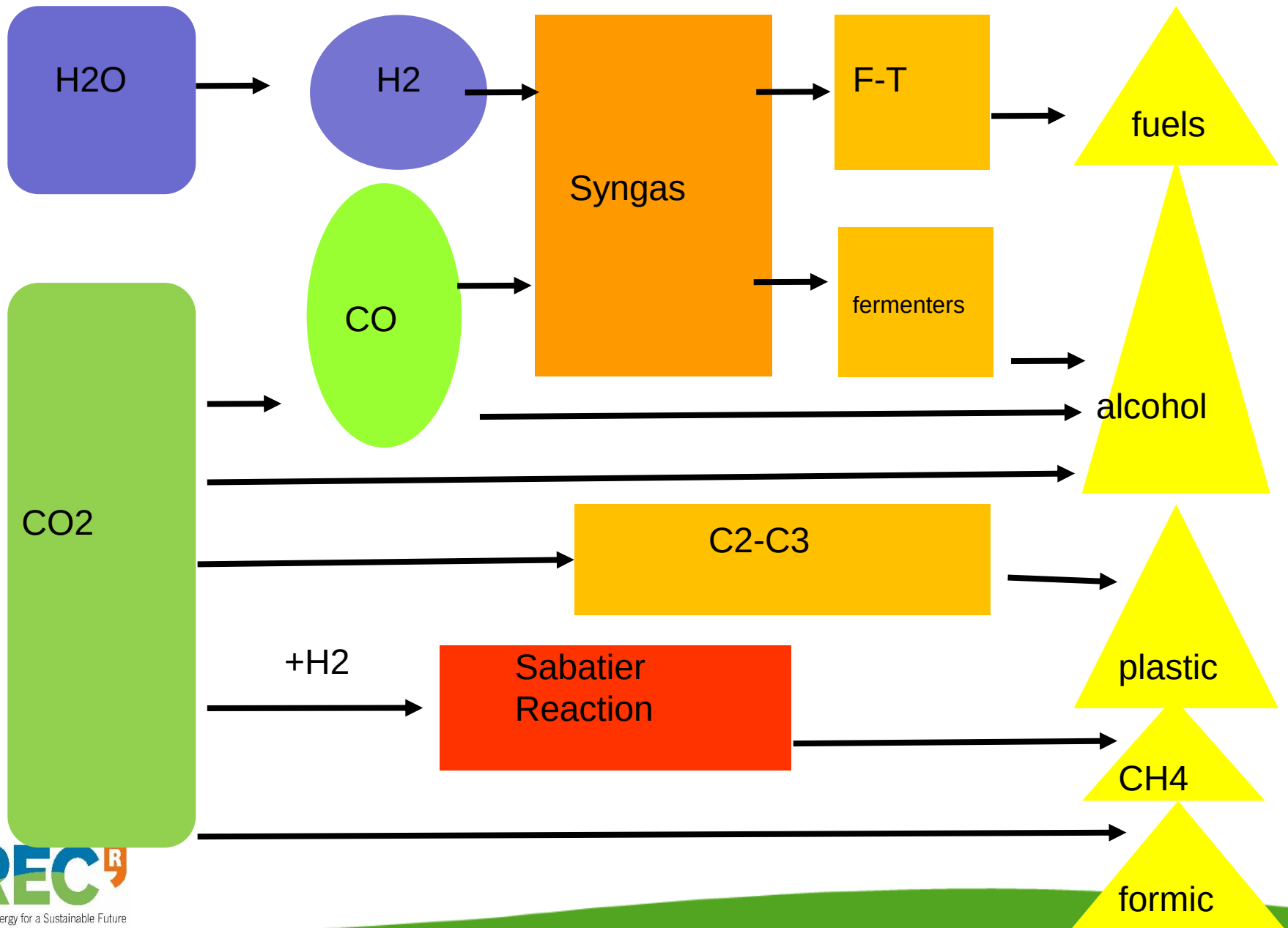
Captura de CO₂:

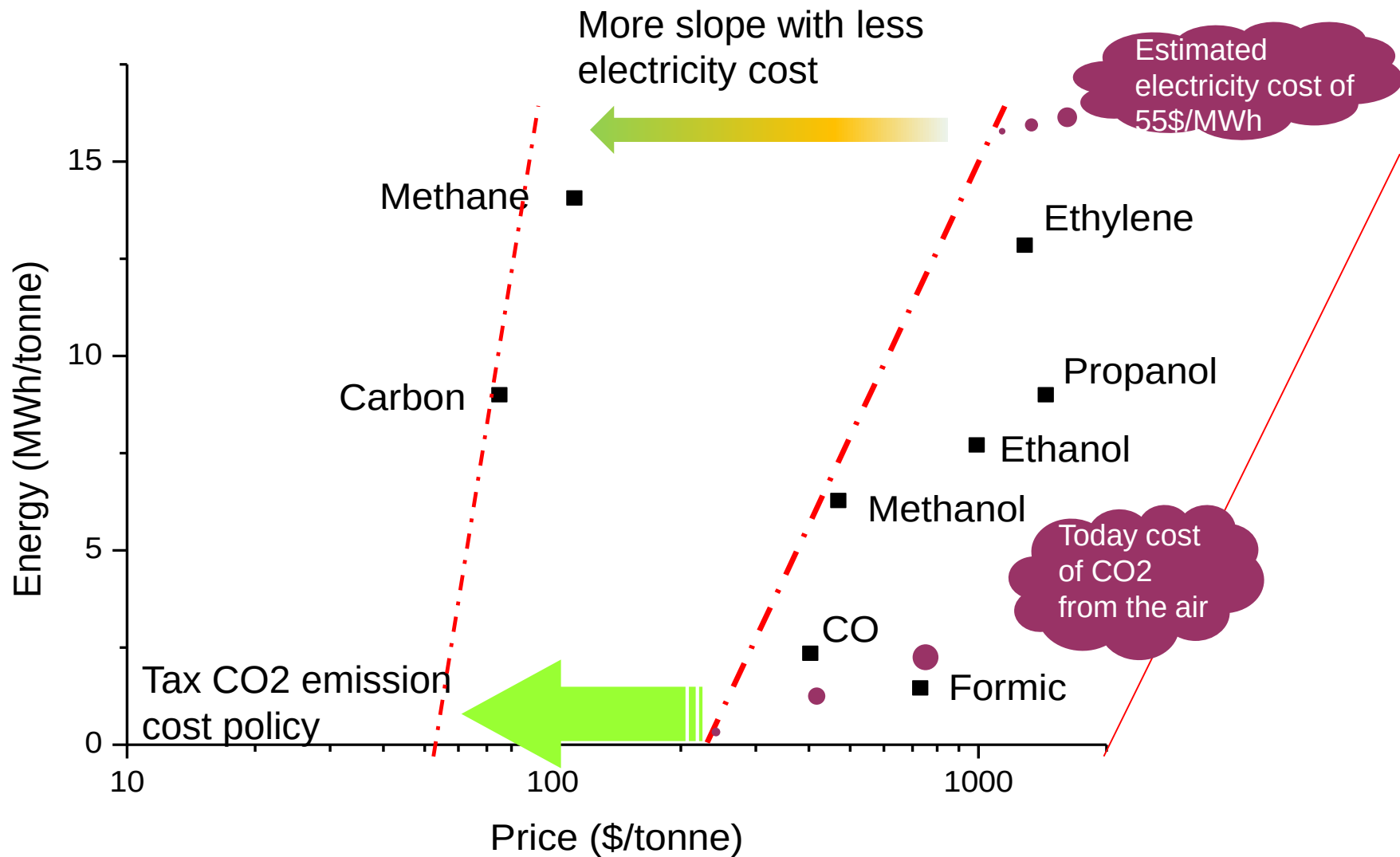
- Taxes per emissions de CO₂
- CO₂ com a materia prima
- Cicles tancats



Cost de les emissions
Quant costa la captura de la tona de CO2?

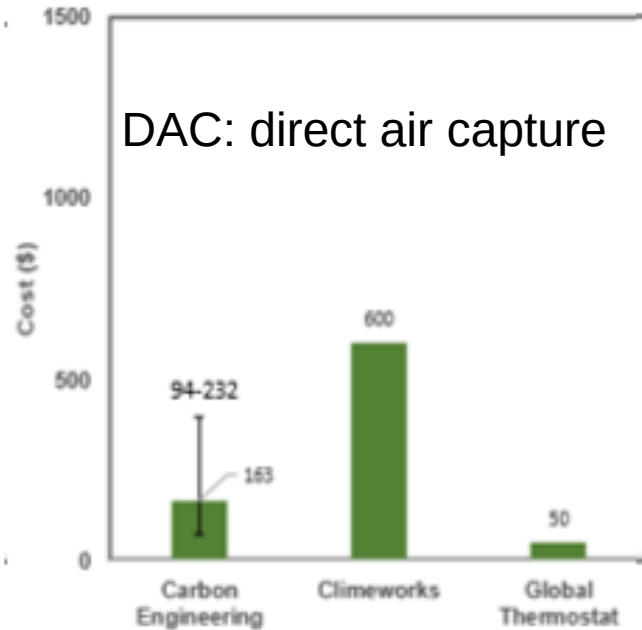
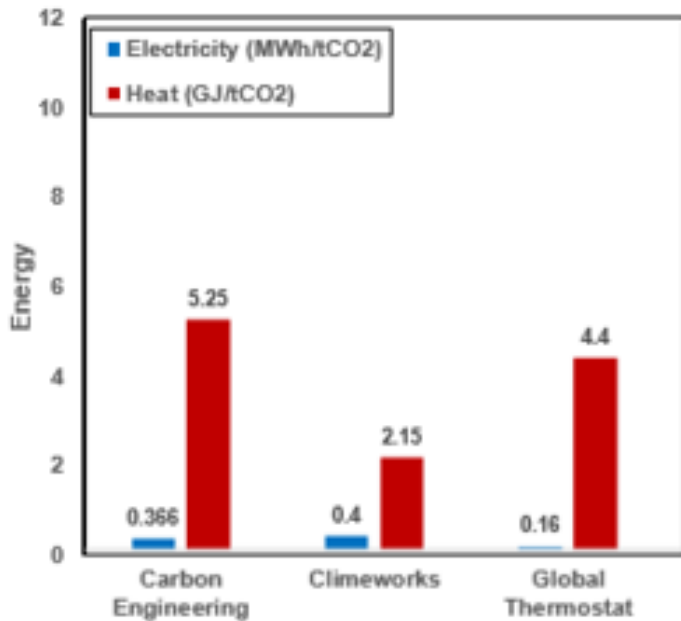
Reutilització del CO2





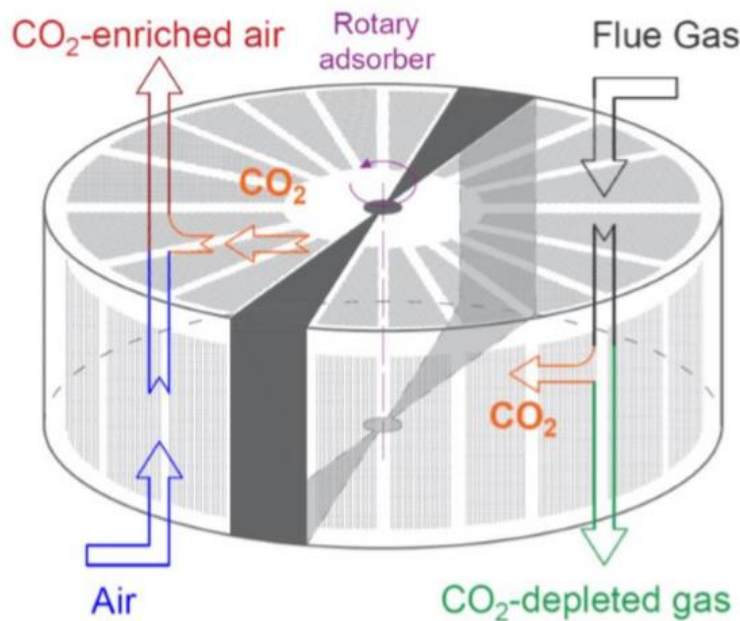
Renewable electroconversion must target first high value chemicals avoiding highly energy intensive thermochemical current routes.

In the next future, with the achieved technology maturity, new CO2 tax policies and contained electricity cost, it will replace shale gas applications too (renewable gases)



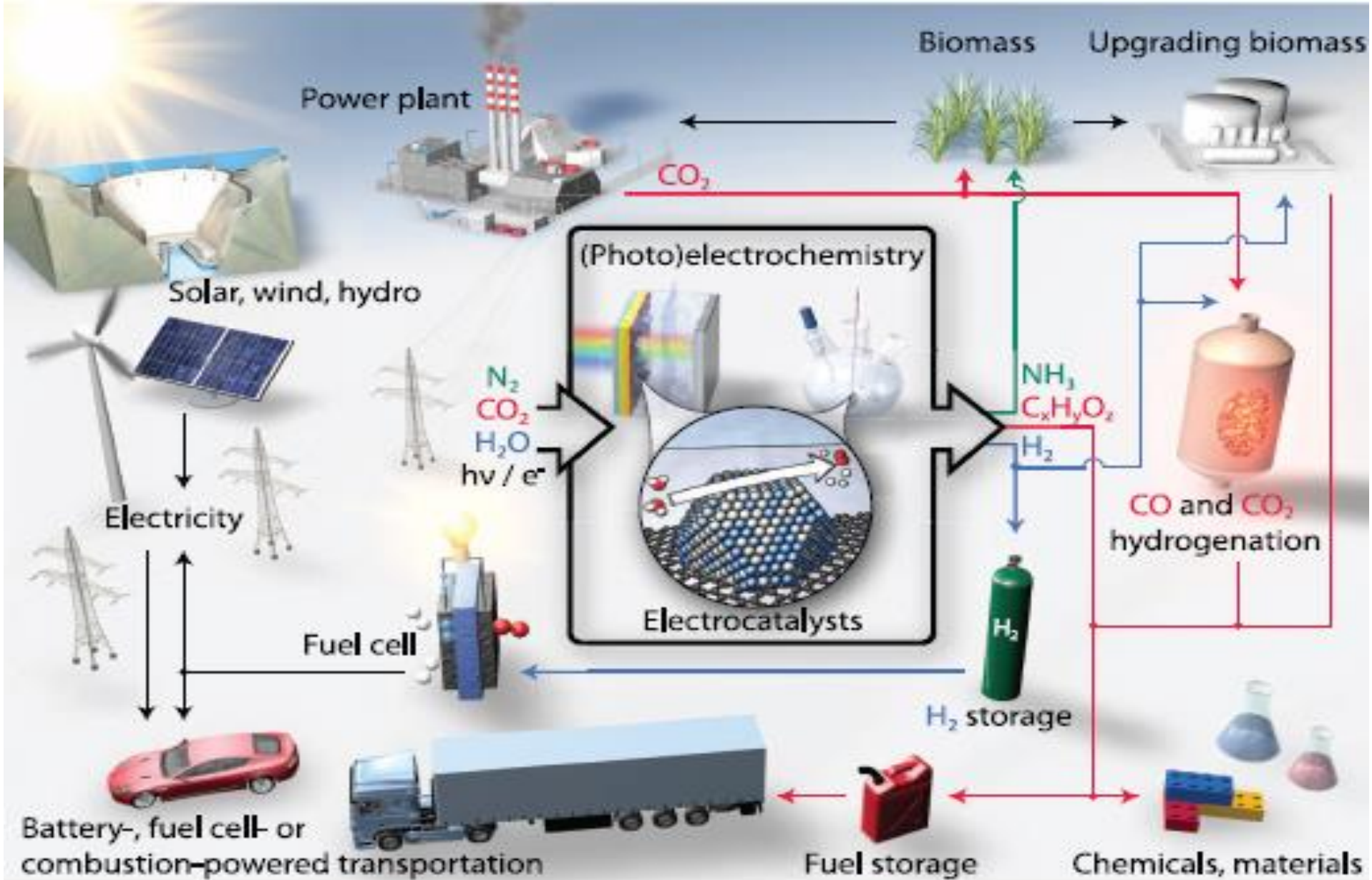
Encara molt car
pero es assegura
treure CO₂ de
l'ambient i no
unicament evitar.

DESORPTION / ADSORPTION



Zeolites
MOF
COF
+
amines

Cost dependent del lloc i
“qualitat” del flux de CO₂:
35-100€/tCO₂
Postcombustió
Oxicombustió
Biogas digestors
Fermentació
DAC edificis.



Conclusions:

- ❑ Encara cal insistir en la investigació i el desenvolupament de la tecnologia per assolir el grau de maduresa i abaratiment de costos que permetin una transició energètica minimitzant emissions de CO₂ per ser una societat descarbonitzada i competitiva.
- ❑ Els pressupostos previstos a l'PNIEC 2021-2030 per a l'augment de renovables en el mix energètic no semblen pas suficient per escometre les necessitats energètiques originades per la mobilitat elèctrica ni tampoc pels canvis en el sector industrial ni per a una major electrificació en el sector residencial o de serveis, aspectes que condicionen el compliment d'objectius del PNIEC
- ❑ La mobilitat elèctrica precisa ser replantejada considerant no únicament els BEV sinó també els HFCV tal com es preveu en el Green Deal (Pacte Verd Europeu)
- ❑ L'ús de gasos renovables també necessita ser revisat per assegurar especialment la transició energètica en la indústria i com a mitjà per a l'emmagatzematge d'energia.
- ❑ Cal seguir l'evolució dels costos d'emissions de CO₂ així com els costos de captura de CO₂ que poden obrir noves vies en un futur no molt llunyà fent considerar el CO₂ com a matèria primera canviant seqüestració de CO₂ per reutilització de CO₂ per obtenir combustibles sintètics o productes químics de valor afegit



Shaping Energy for a Sustainable Future



MIRAI desarrollo de la infraestructura de repostaje de hidrógeno en mercados clave de todo el mundo.

- Fuel cell stack**
The fuel cell stack is the heart of the vehicle, converting hydrogen and oxygen into electricity. It consists of multiple fuel cells, each made of a membrane, catalyst, and gas diffusion layer.
- Fuel cell boost converter**
The boost converter is responsible for increasing the voltage of the fuel cell stack to the level required by the vehicle's powertrain.
- Battery**
The battery is used to store energy and provide additional power to the vehicle, especially during acceleration and braking.
- High-pressure hydrogen tank**
The high-pressure hydrogen tank is used to store hydrogen gas at a pressure of up to 700 bars, allowing for a range of up to 600 km.
- Motor**
The motor is responsible for driving the vehicle's wheels and is powered by the fuel cell stack and battery.
- Power control unit**
The power control unit manages the flow of electricity between the fuel cell stack, battery, and motor.
- Auxiliary components**
The auxiliary components include the air intake system, water management system, and other essential parts for the vehicle's operation.



- 3-5 min recarga
- Autonomia 600-800Km
- Emisiones zero
- 6Kg H₂-700bars (350)

Moltes Gràcies



Generalitat de Catalunya

Ciemot
Centro de Investigación en Materiales Avanzados

IDAE
Instituto para el Desarrollo y la Eficiencia Energética

UNIVERSITAT DE BARCELONA

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH

endesa

Naturgy

enagas

Institució CERCA
Centres de Recerca de Catalunya

tecnio catalonia
ACCIO
Generalitat de Catalunya
Comunitat RISCAT ENERGIA