

CESIRE:
**Com podem explicar als alumnes
el model energètic actual i futur?**
(videoconferència oberta)

Conceptes sobre energia i clima

Carles Riba Romeva

President de CMES i professor emèrit de la UPC

25 de maig de 2020

Índex

1. **Introducció**
2. **Conceptes sobre energia i clima**
3. **Evolució de l'energia i el clima**
4. **Balanç energètic i impacte energètic**
5. **Usos energètics a Catalunya**
6. **Itineraris energètics**
7. **Educar per a la transició energètica**

1. Introducció



La situació actual de crisi és molt complexa i global.

De fet és una **crisi de civilització** que la pandèmia del Covid-19 (la salut com a premissa) ha vingut a posar de manifest amb tota la seva cruesa.

El confinament a casa ha obligat a canviar les nostres percepcions i comportaments, ens ha fet redescobrir la natura però, alhora, ha desballestat el sistema econòmic.

Darrera de la pandèmia del Covid-19, intensa com una febrada, emergeix la **crisi social i ecològica larvada**, més callada, però que posa en qüestió les mateixes bases de la civilització humana actual.

Els **combustibles fòssils** són la causa primera de la crisi en el seu doble vessant:

a) **Crisi energètica**; estem avançant acceleradament vers el declivi dels combustibles fòssils no renovables i escassos a la Terra que, alhora, s'han fet imprescindibles per al funcionament del sistema econòmic i social dominant.

b) **Emergència climàtica**; causada pels gasos d'efecte hivernacle emesos per la pròpia crema dels combustibles fòssils (efecte antròpic), i que condueix vers unes condicions climàtiques persistents durant segles molt adverses per a la pervivència de la civilització humana.

(si disposéssim d'aquests recursos per temps indefinit i no generessin gasos d'efecte hivernacle que causen el canvi climàtic, no parlaríem de crisi)

La **crisi energètica i climàtica** interacciona amb una la **crisi política, econòmica i social**:

a) **De model organitzatiu**; el sistema econòmic dominant, basat en el creixement continu i el deute (viure del futur), ha externalitzat els impactes negatius i condueix vers l'exhauriment dels recursos i a la contaminació dels medis

b) **De repartiment del treball i la riquesa**; en privatitzar recursos naturals decisius per al sosteniment humà, el sistema ha permès l'enriquiment sense límits d'alguns i no ha socialitzat els beneficis que els nous coneixements i el resultat del treball col·lectiu han aportat.

(en un sistema econòmic basat en les persones i no en la cursa per l'acaparament, probablement ja hauríem trobat una sortida a la crisi energètica i climàtica)

2. Conceptes sobre energia i clima



CONCEPTE D'ENERGIA

Malgrat la seva naturalesa abstracte, l'energia, ha esdevingut cada cop més un concepte operatiu: actua com a moneda de canvi en el món físic, amb les seves equivalències i devaluacions.

A continuació es donen unes definicions d'energia en els tres camps on el seu ús s'ha fet més present: el **científic**, el **tecnològic** i el **socioeconòmic**.

ENERGIA EN L'ÀMBIT CIENTÍFIC

L'energia és una magnitud quantificable associada a tots els fenòmens de la naturalesa que, en qualsevol transformació en un sistema tancat, manté la seva suma constant. L'energia és governada per les lleis següents:

- **Principi de la conservació** (o primer principi) que estableix les equivalències entre les diferent manifestacions de l'energia (mecànica, elèctrica, química, tèrmica, nuclear, etc.)
- **Principi de la tendència al major desordre** (o segon principi) que assenyala el sentit de les transformacions possibles i la seva irreversibilitat en els sistemes dissipatius: de les formes més ordenades (mecànica, elèctrica o química) vers les formes més desordenades (energia tèrmica o calor)

CONCEPTE D'ENERGIA

ENERGIA EN L'ÀMBIT TECNOLÒGIC

El punt de vista tecnològic centra l'atenció en els **vectors energètics** (formes transformades i operables d'energia; electricitat, combustibles comercials) per a ser usats en la satisfacció de les necessitats humanes

Sense contradir les lleis de la física, l'àmbit tecnològic posa l'èmfasi en controlar els processos per establir el complex compromís entre la **rapidesa** amb què s'efectuen (associada al concepte **potència**) i el seu **rendiment** (associat a la **quantitat de recursos energètics** necessaris)

ENERGIA EN L'ÀMBIT SOCIOECONÒMIC (amb la seva expressió política)

El punt de vista socioeconòmic (sense contradir la ciència ni la tecnologia), centra l'atenció en les **fonts** de la naturalesa que proporcionen **recursos energètics** (matèries o fluxos d'on obtenir energia útil)

Des d'aquest punt de vista, són claus la **geoestratègia de les localitzacions**, les **activitats d'adequació** dels recursos als usos (extraccions, transformacions, transports, emmagatzematges), així com l'**avaluació dels costos econòmics i ecològics** (en particular la contaminació i el canvi climàtic)

ETAPES DE L'ÚS DE L'ENERGIA

L'energia recorre una llarga trajectòria des de les seves fonts a la naturalesa fins als seus usos per part dels humans. Es poden definir les etapes següents en l'ús de l'energia:

ENERGIA PRIMÀRIA

Matèries o fluxos naturals (no transformats per sistemes tècnics) amb capacitat potencial per proporcionar energia útil als éssers humans: petroli, gas fòssil, carbó, urani, biomassa, corrents i salts d'aigua, vents, radiació solar (la més abundant) calor geotèrmic, ones, corrents marins i mareas.

- **Recursos.** Conjunt de matèries i fluxos presents en un territori amb potencialitat per proporcionar energia útil (mesurats en termes d'energia)
 - **Recursos no renovables.** Són aquells recursos que provenen d'un **estoc** finit o que s'usen a un ritme molt elevat en relació a la seva reposició (jaciments de carbó, petroli, gas fòssil, roques d'urani)
 - **Recursos renovables.** Són aquells recursos associats a un **flux** (radiació, corrent) que s'usen a un ritme no superior a la seva originació (radiació solar, vents, corrents i salts d'aigua, la biomassa).

ETAPES DE L'ÚS DE L'ENERGIA

ENERGIA FINAL

Energia transformada en forma de **vectors energètics** (en anglès “energy carriers” o portadors d’energia) que la indústria de l’energia proporciona als consumidors finals.

Essencialment són: l’**electricitat de xarxa** (també les **piles elèctriques**) i els combustibles i carburants d’usuari (**gasolina, gasoli, fueloil, gas fòssil canalitzat, butà i propà embotellats, llenya serrada, pellets**, etc.)

ENERGIA ÚTIL

Energia que, situada a l’inici dels processos o màquines, és **efectiva per produir un bé o d’un servei a les persones**. Entre l’energia final i la útil hi ha les pèrdues generades en l’àmbit dels usuaris, siguin de caràcter tècnic (**rendiments**) o de caràcter organitzatiu o social (**malbarataments**). Per exemple:

- Del vector gasolina del dipòsit d’un automòbil, tan sols el 20% (rendiment del propulsor i transmissió) s’aprofita a les rodes per impulsar el vehicle
- Si circulem a 140 km/h enlloc de 100, dissipem un 50% més de combustible. I si recorrem inútilment 100 km, malbaratem 58 kWh de gasolina

ENERGIA GRISA (“embodied energy” en anglès)

DEFINICIÓ

És l'energia que s'ha utilitzat (o incorporat) per produir un bé o un servei.

Exemple: un automòbil elèctric usa explícitament l'electricitat que carrega a les bateries (energia directa, 0,14 kWh/km); però la fabricació del vehicle i les bateries també comporten una energia grisa (uns 40 MWh), i la pròpia generació d'electricitat requereix també una energia grisa (uns 0,06 kWh/km)



Automòbil **elèctric**: ús



Energia grisa, uns 40 MWh,
equivalent a uns 200.000 km

Energia directa, 0,14 kWh/km; energia grisa de
l'electricitat renovable, 0,06 kWh/km; total 0,20



Comentari: l'energia grisa consisteix en computar els consums d'energia que ha comportat a crear o executar els béns i serveis. Com es veurà més endavant, l'energia grisa (oculta) és superior a l'energia explícita

IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

Cal distingir entre **contaminació**, **radioactivitat** i **canvi climàtic**

CONTAMINACIÓ

Resulta d'**abocar substàncies i partícules estranyes i nocives en els diferents medis naturals** (atmosfera, aigües, sòls) que alteren els equilibris ecològics i les condicions per al desenvolupament de les persones i éssers vius. Tot i ser un fenomen local, la contaminació ja té afectacions globals sobre la Terra

La contaminació és la conseqüència d'haver generalitzat un **model econòmic de cicle obert**, extreure/usar/llançar, sense assumir els impactes que origina

Es poden distingir diverses formes de contaminació:



IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

Contaminació atmosfèrica:

Cal distingir la **pol·lució atmosfèrica** del canvi climàtic causat pels **gasos GEH** i la destrucció de la capa d'ozó causada pels **gasos CFC** (vegeu més endavant)

Les dues principals formes de contaminació atmosfèrica són: l'**esmog**, boirina de les ciutats creada pels motors d'explosió (especialment en els episodis d'inversió tèrmica); i la **pluja àcida**, que té l'origen en la combustió de carbons amb elevat contingut de sofre en centrals tèrmiques i que té efectes regionals en la desforestació i la mort de la vida en les aigües interiors.

Contaminació de les aigües:

Molts elements contaminants acaben en les aigües dels rius, dels aqüífers, dels llacs i dels mars.

Les causes són múltiples: les aigües residuals residencials i industrials, productes usats en l'agricultura o els residus i abocaments dels vaixells



Pluja àcida

IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

Contaminació dels sòls:

Són moltes les causes de la contaminació dels sòls: entre elles destaquen els abocaments (especialment els incontrolats), la impermeabilització de superfícies urbanes (que impedeix la filtració de les aigües), i l'ús abusiu d'adobs i fitosanitaris artificials que maten la vida dels sòls agrícoles

Contaminació acústica:

Els sorolls en les ciutats, especialment a causa del trànsit, han esdevingut un dels principals problemes en el benestar i la salut dels ciutadans

Contaminació lumínica:

L'excés de llum a la nit implica un malbaratament d'energia, especialment en forma de combustibles fòssils

Les activitats nocturnes consumeixen energia en el moment que manca la principal font d'energia, el Sol



IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

CANVI CLIMÀTIC

Múltiples funcions del CO₂

El CO₂ (0,41% de l'atmosfera, 0,27% en l'era preindustrial) intervé en els cicles biològics com ara **la funció clorofíl·lica** de les plantes i **la respiració** dels éssers vius i, per tant, és necessari per a la vida

Però, el CO₂ (i altres gasos com el metà i els òxids nitrosos) també incideix en **la regulació de la temperatura de la Terra** a través de l'efecte hivernacle

Equilibri energètic de la Terra

La Terra rep constantment del Sol una radiació d'uns 174.000 TW (el sistema energètic humà és d'uns 17 TW, 10.000 cops inferior) ($1 \text{ TW} = 10^{12} \text{ W}$). Alhora, com a cos negre, la Terra radia energia a l'espai en funció de la seva temperatura la qual s'autoregula a fi que els fluxos d'energia rebuda i emesa tendeixin a equilibrar-se

Sense atmosfera i amb una reflexió de l'ordre del 30%, la Terra tindria una temperatura mitjana d'uns **-18 °C**.

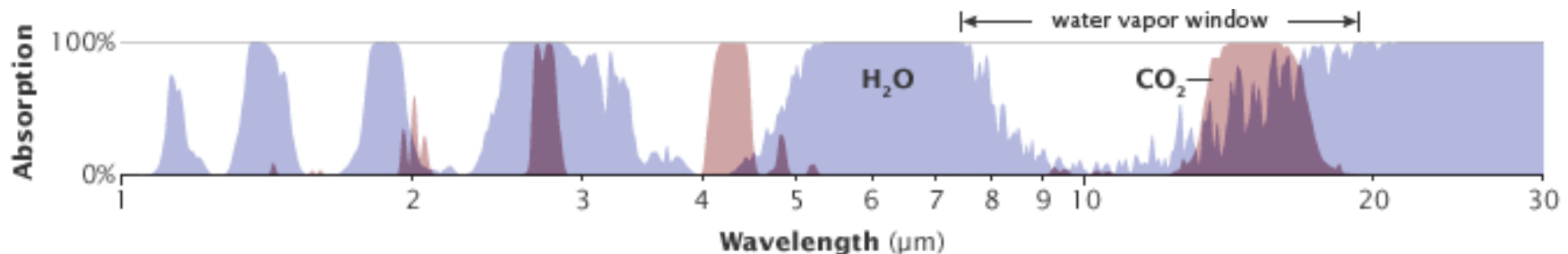
IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

CANVI CLIMÀTIC I EFECTE HIVERNACLE

La presència d'atmosfera a la Terra canvia les coses. Certs gasos (vapor d'aigua, CO_2) són més transparents a la llum solar (de longituds d'ona més curtes) que a la radiació emesa per la Terra (de longituds d'ona llargues) de manera que retenen part d'aquesta energia de sortida.

Es crea, doncs, un **efecte hivernacle** amb l'energia atrapada entre la superfície de la Terra i la seva atmosfera que eleva la temperatura fins que la temperatura s'equilibra: en l'època preindustrial, **uns +14 °C**.

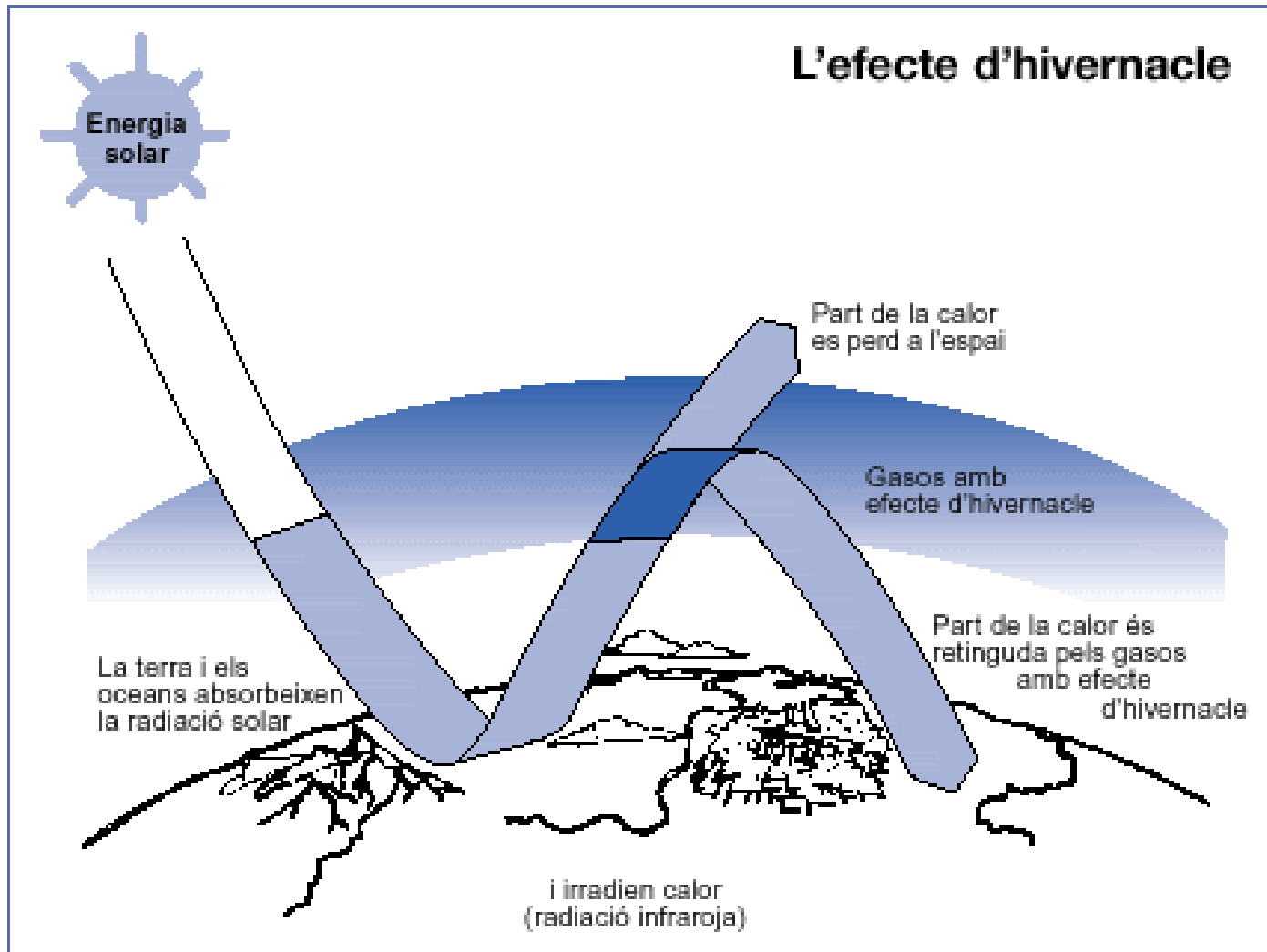
L'efecte hivernacle del vapor d'aigua s'autoregula a través del cicle de l'aigua, però altres gasos dits d'efecte hivernacle (com el CO_2) persisteixen i són els que determinen l'efecte hivernacle a llarg termini



https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_effect

IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

CANVI CLIMÀTIC I EFECTE HIVERNACLE (esquema)



IMPACTES ECOLÒGICS I CLIMÀTICS

RADIOACTIVITAT

Consisteix en la presència no desitjada de radioactivitat elevada en un medi. El efectes en els éssers vius són especialment perillosos quan les substàncies radioactives entren a l'interior de l'organisme via l'alimentació o la respiració. Els episodis més greus de contaminació radioactiva s'han produït en accidents de reactors nuclears, com el de **Txernòbil** (Ucraïna 1986) i de **Fukushima** (Japó 2011). En ambdós casos, a més de les morts, les malalties i els nadons amb malformacions, s'han hagut d'abandonar territoris extensos. A més, el tractament dels residus nuclears encara no ha trobat una solució.



3. Evolució de l'energia i el clima



USOS ENERGÈTICS INSOSTENIBLES

POBLACIÓ MUNDIAL I ENERGIA:

- En poc més de dos segles i mig (1750-2015), la **població humana** augmenten 10 vegades i els, **usos de l'energia**, creixen 40 vegades.
- Els temps s'acceleren: el canvi percentual entre 1750 a 1950 (200 anys) és del mateix ordre (més de 3 vegades en població i més de 6 vegades en energia) que el canvi percentual de 1950 a 2015 (65 anys)

RECURSOS ENERGÈTICS:

- L'ús mundial d'energia primària el 2016 era de **148.400 TWh/any**, de la qual el **85%** provenia de fonts finites, no renovables a escala de temps humana i contaminants (**combustibles fòssils**, 80% i **urani**, 5%)
- La màxima proporció de fonts no renovables a escala mundial va tenir lloc el 1973 quan va arribar a **87%**. Des d'aleshores, malgrat l'augment de les energies renovables, aquesta proporció ha disminuït molt poc.
- A Catalunya, l'ús d'energia primària el 2014 era de **256 TWh/any**, de la qual el **92%** provenia de fonts no renovables.

USOS ENERGÈTICS INSOSTENIBLES

ALTERNATIVA:

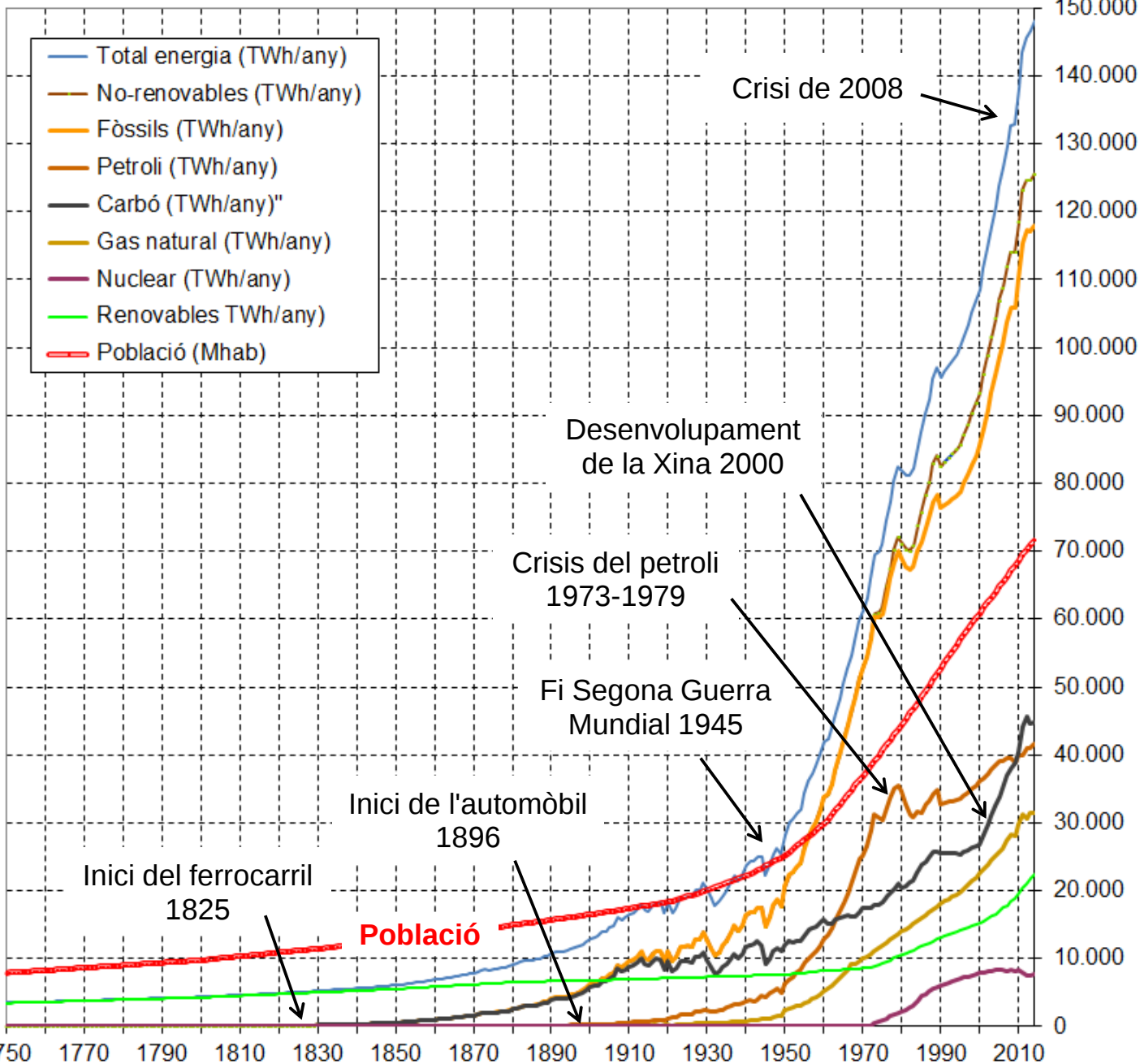
- Les fonts renovables (quasi totes derivades en darrera instància de la radiació solar), són **10.000 vegades** els usos actuals)
- Són suficients per a cobrir les necessitats del sistema energètic humà, però són necessaris **canvis tècnics i socials** de gran envergadura

TRANSICIÓ ENERGÈTICA:

- La crisi de les fonts energètiques no renovables (fòssils i urani) no és una opció. **Tindrà lloc SÍ o SÍ.**
- El que és una opció és com l'encarem: *a)* Acaparar els darrers recursos en base a la llei del més fort; o *b)* Fer la transició vers les fonts energètiques renovables i una transició social vers la cooperació i el compartir
- La crisi de l'energia no renovable també ve associada a la d'altres recursos no renovables, o difícilment renovables a l'escala de temps humana (**marins, sòls fèrtils, atmosfera, boscos, aigua dolça, metalls escassos**)

Món. Usos energètics 1751-2014

Energia Població

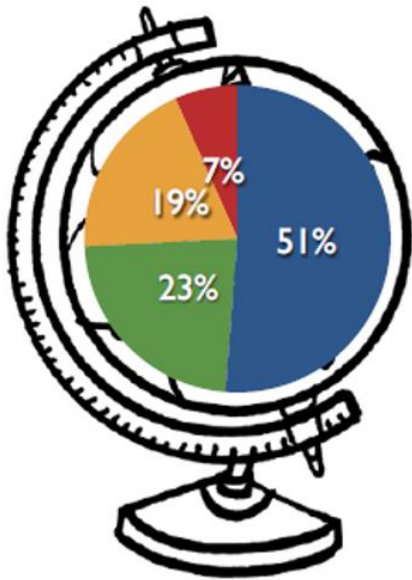


va

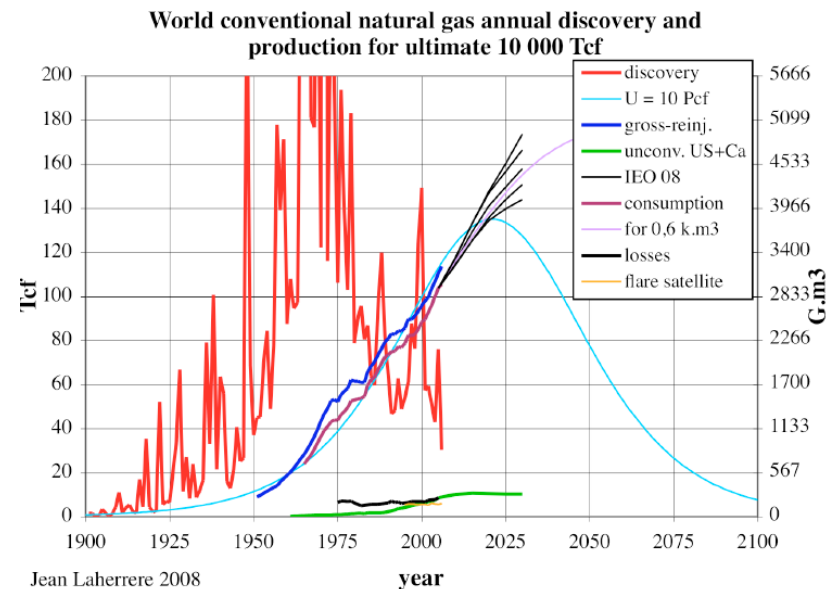
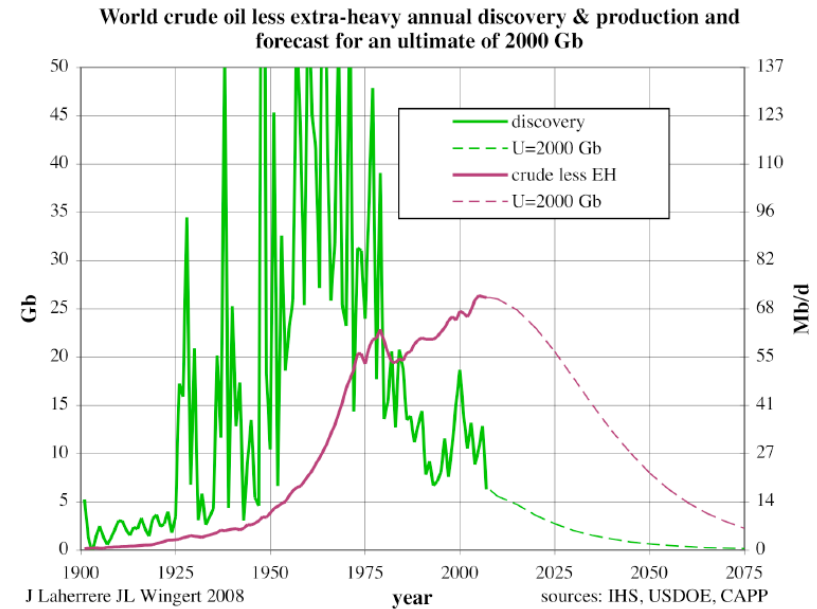
RESERVES DE FÒSSILS I NUCLEAR

Avaluades en PWh ($= 10^{12}$ kWh) (2008):

●	Carbó:	5.055 PWh
●	Petroli:	2.265 PWh
●	GN:	1.885 PWh
●	Urani:	660 PWh
	Total:	9,865 PWh



Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles (Carles Riba Romeva)



PRODUCCIÓ ACUMULADA I RESERVES ORIGINÀRIES

Definicions:

PRODUCCIÓ ACUMULADA (PA):

Suma de les produccions des de l'inici de les extraccions

RESERVES FUTURES (RF):

Estimació dels recursos que poden ser extrets en el futur en base a les condicions tècniques i econòmiques actuals

RESERVES ORIGINÀRIES (RO):

Suma de PA+RF, o sigui les reserves estimades abans d'iniciar les extraccions

Comentaris (vegeu taula i figura següents):

RESERVES FUTURES MUNDIALS:

Si bé les reserves futures (RF) són el doble de la producció acumulada (PA), el ritme actual d'extracció i consum de fonts no renovables porta a l'exhauriment del petroli vers 2045 i del conjunt de no renovables vers el 2060

SITUACIÓ CRÍTICA D'EUROPA:

Europa, amb un nivell de consum elevat, quasi ha consumit totes les seves reserves originàries. Ara, amb el 9% de la població mundial, disposa del 2,4% de les reserves, quasi totes elles de carbó de baixa qualitat

PRODUCCIÓ ACUMULADA, I RESERVES ORIGINÀRIES

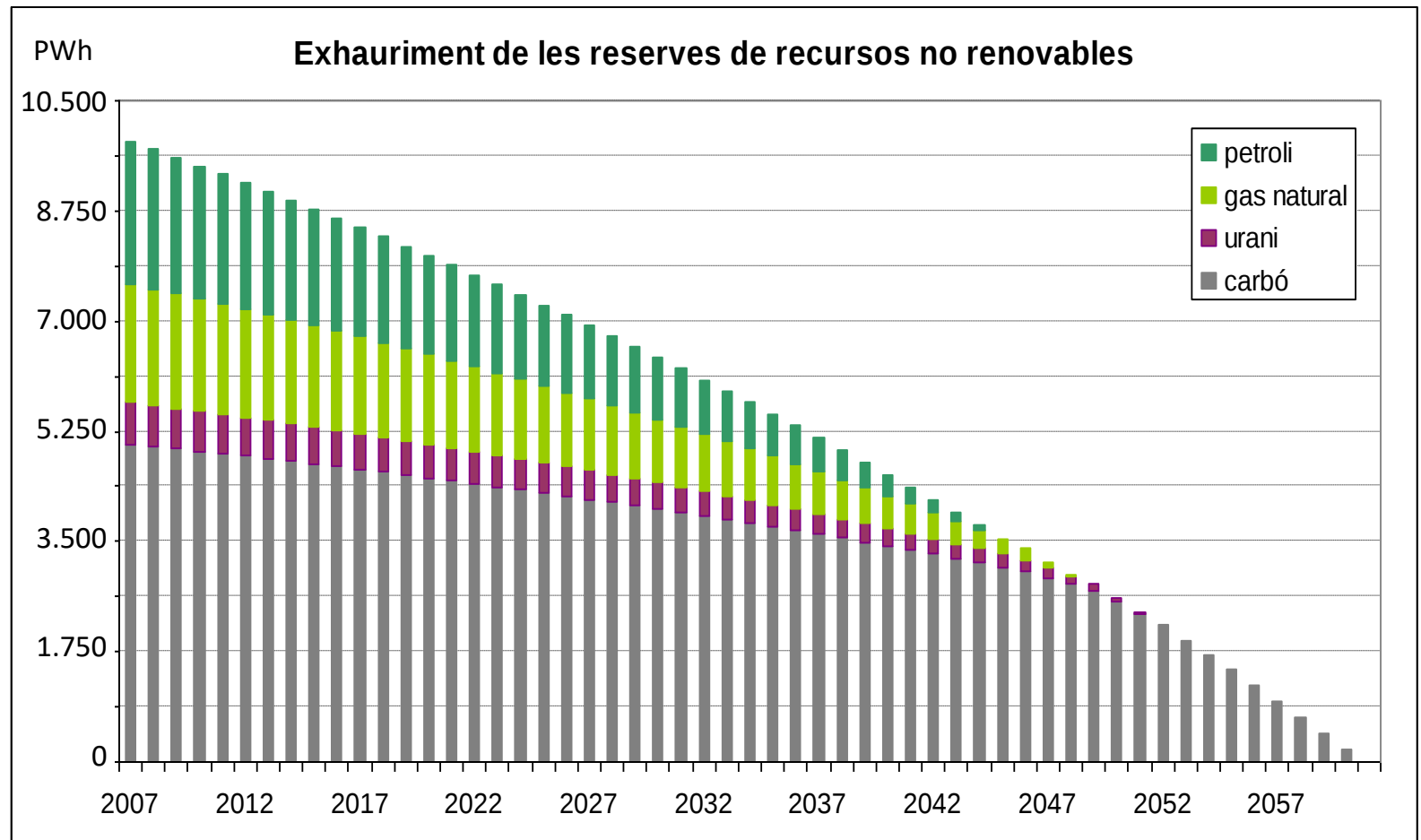
La comptabilització de reserves a finals de 2007 era:

MÓN-2007 (població 6.614 Mhab)					
PWh = 10^{12} kWh	Petroli	GN	Carbó	Urani	TOTAL
Producció acumulada (PA)	1.805	820	1.940	275	4.840
Reserves futures (RF)	2.265	1.890	5.055	660	9.870
Reserves originàries (RO)	4.070	2.710	6.995	935	14.710
% TOTAL (RO)	27,7%	18,4%	47,6%	6,3%	100,0%
EUROPA-2007 (població 596 Mhab, 9,0% del món)					
PWh = 10^{12} kWh	Petroli	GN	Carbó	Urani	TOTAL
Producció acumulada (PA)	106	88	597	57	848
Reserves futures (RF)	26	53	141	14	234
Reserves originàries (RO)	132	140	738	71	1.082
% TOTAL (RO)	12,2%	13,0%	68,3%	6,6%	100,0%
% MÓN (RF)	1,2%	2,8%	2,8%	2,1%	2,4%

Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles (Carles Riba Romeva)

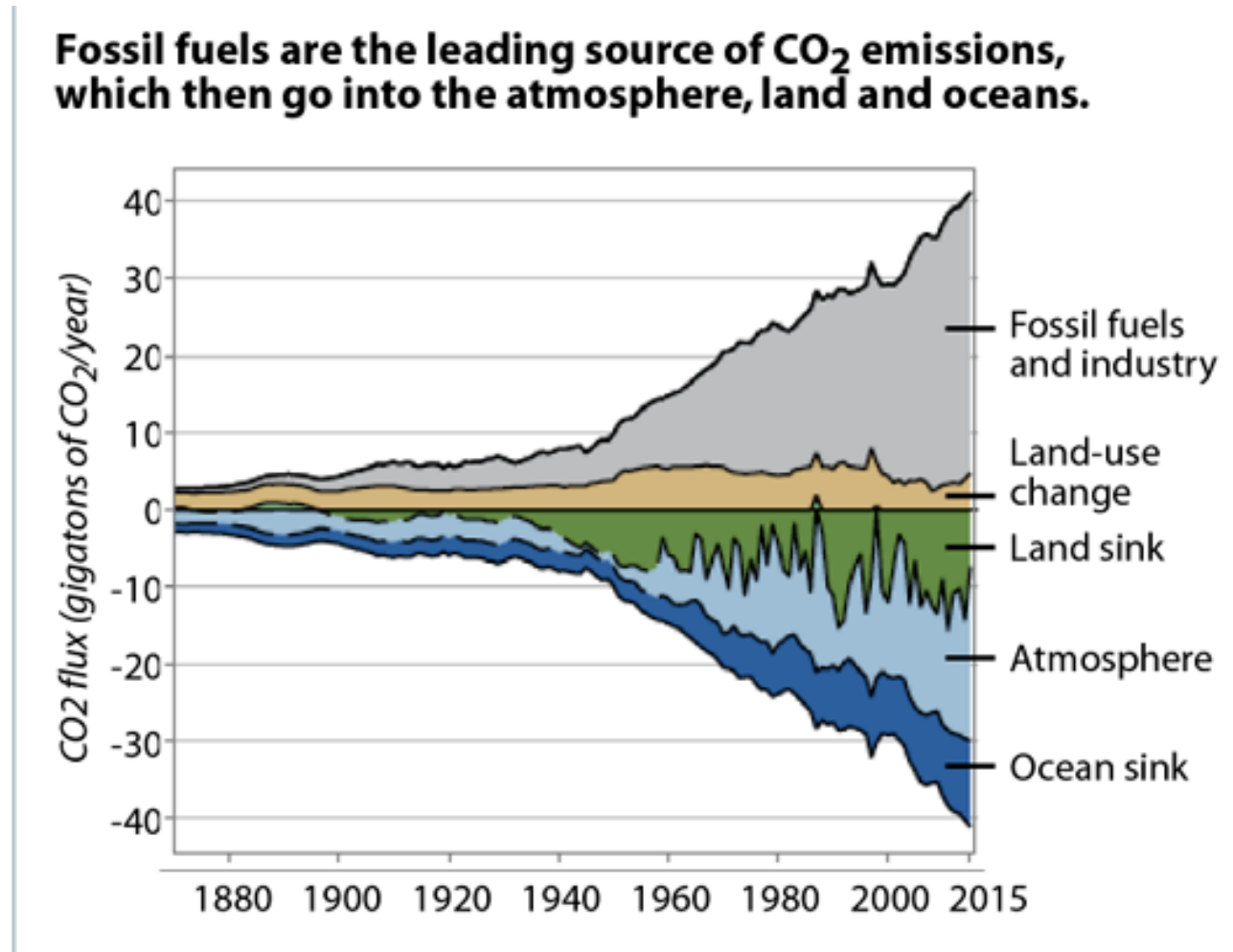
SEQÜÈNCIA D'EXHAURIMENT

Suposant que es mantenen les tendències de consum actuals:



Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles (Carles Riba Romeva)

EMISSIONS I EMBORNALS DE CO₂



SOURCE: U.S. Global Change Research Program

InsideClimate News

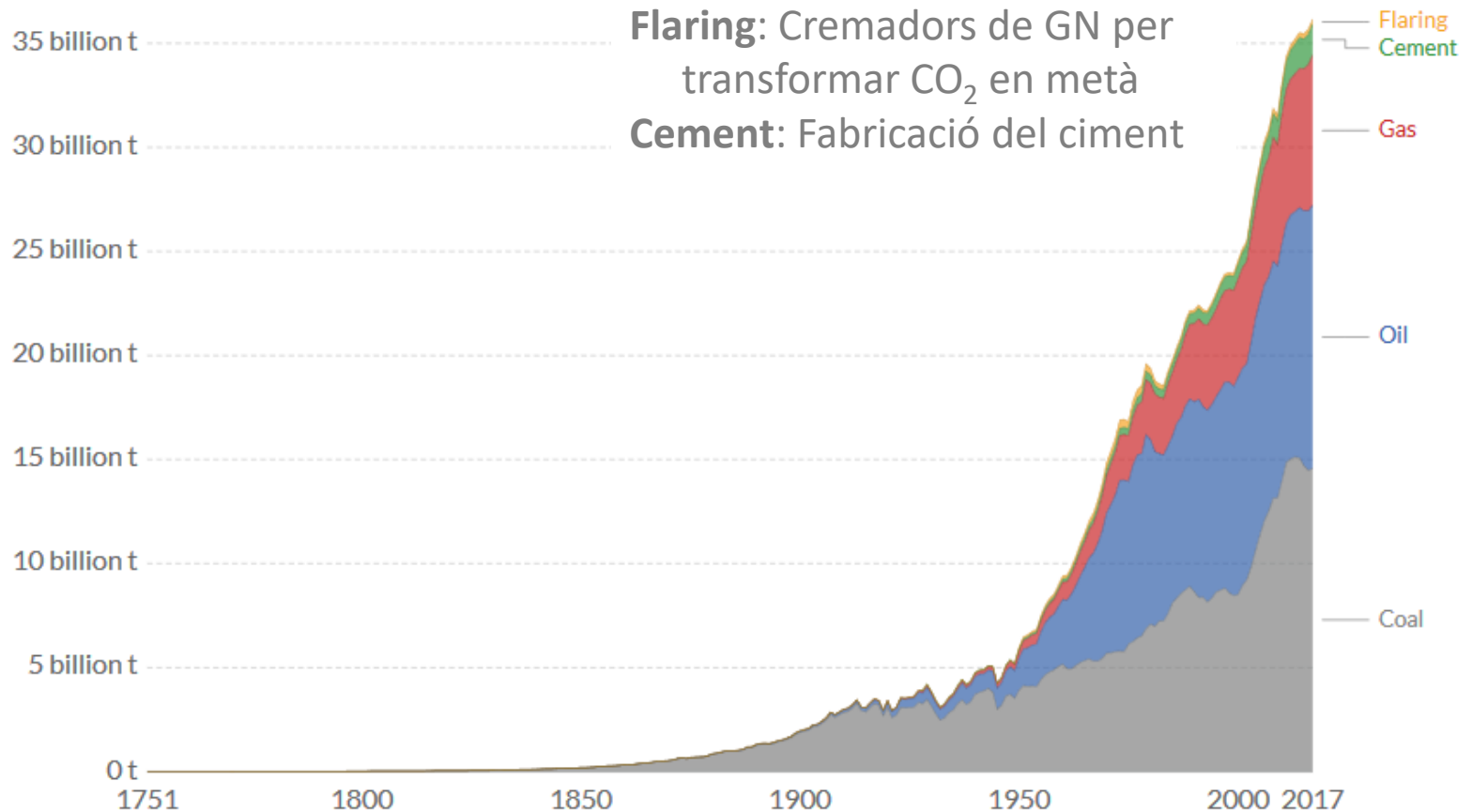
<https://insideclimatenews.org/content/co2-sources-sinks-national-climate-assessment>

EMISSIONS DE CO₂ CAUSADES PELS FÒSSILS I LA INDÚSTRIA

CO₂ emissions by fuel type, World

Annual carbon dioxide (CO₂) emissions from different fuel types, measured in tonnes per year.

Our World
in Data



Source: Global Carbon Project (GCP); CDIAC

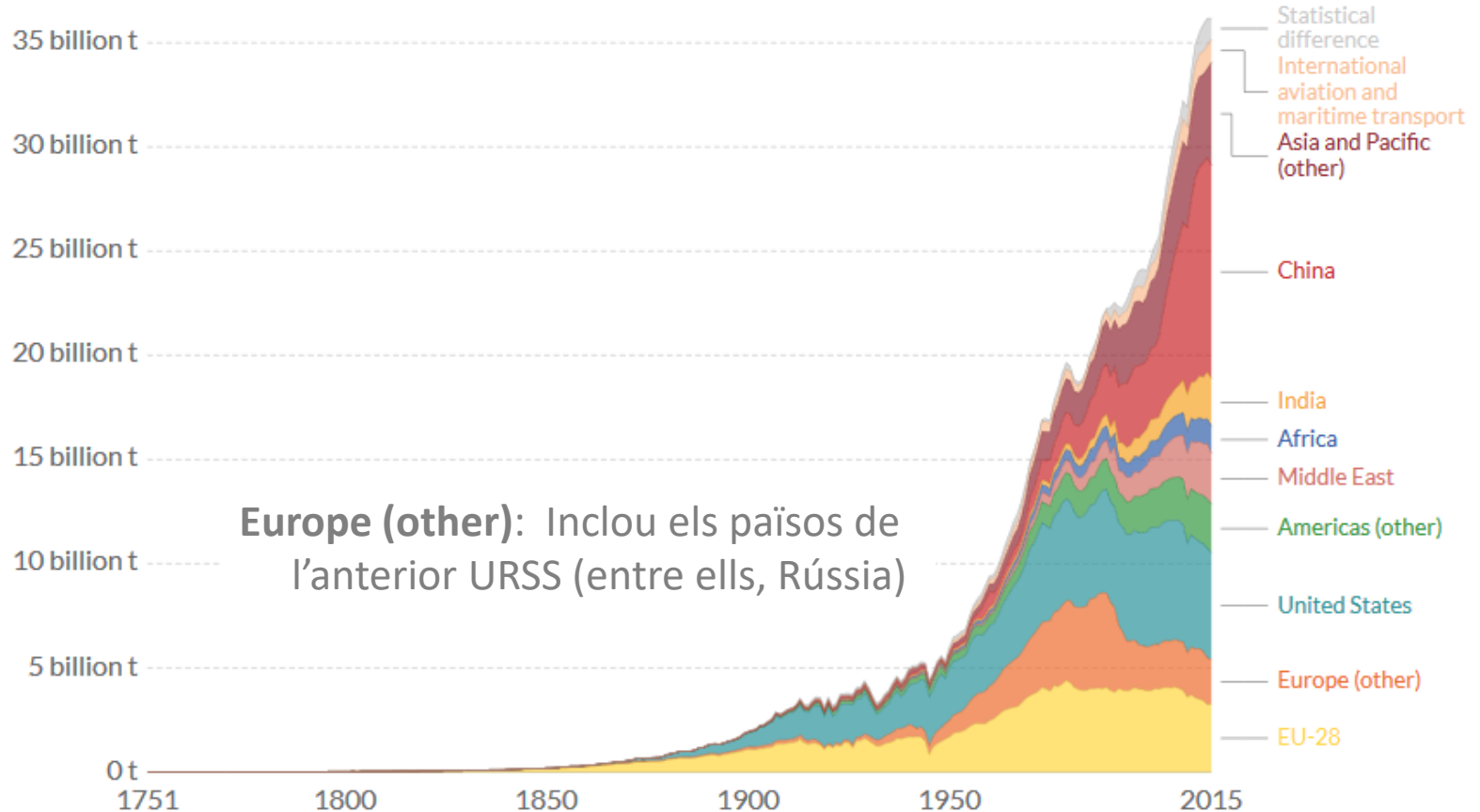
CC BY

<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

EMISSIONS DE CO₂ SEGONS REGIONS DEL MÓN

Annual CO₂ emissions by world region
Annual carbon dioxide (CO₂) emissions measured in tonnes per year.

Our World
in Data



Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project (GCP)

CC BY

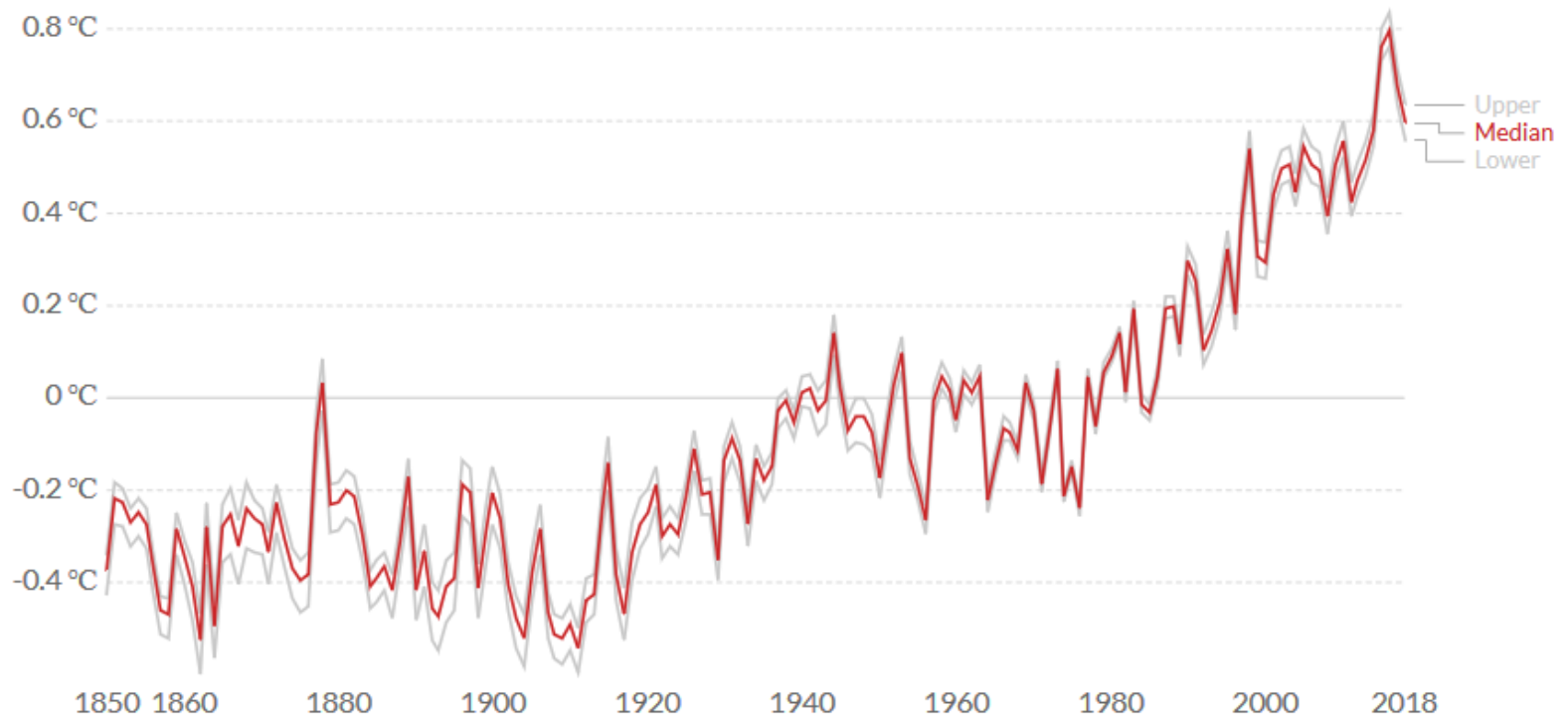
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

TEMPERATURA MITJANA GLOBAL DE LA TERRA

Average temperature anomaly, Global

Global average land-sea temperature anomaly relative to the 1961-1990 average temperature in degrees celsius (°C). The red line represents the median average temperature change, and grey lines represent the upper and lower 95% confidence intervals.

Our World
in Data

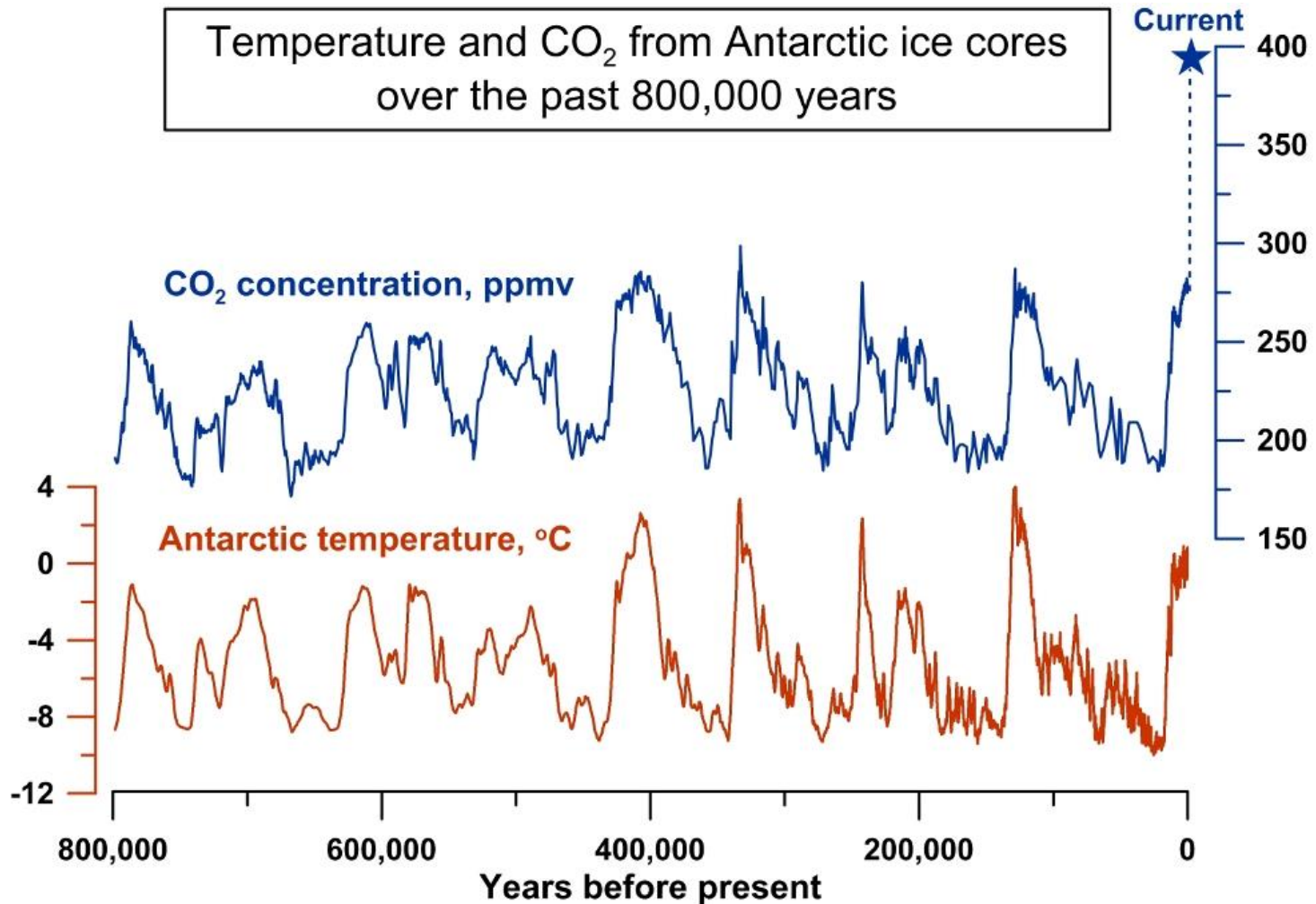


Source: Hadley Centre (HadCRUT4)

CC BY

<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

TEMPERATURA I EMISSIONS DURANT LES GLACIACIONS



<https://robertscribblers.com/tag/480-ppm-co2e/>

4. **Balanç energètic i impacte energètic**



PERCEPCIÓ SOBRE ELS USOS DE L'ENERGIA

PERCEPCIÓ DE LA CIUTADANIA

En general, la percepció dels ciutadans es relaciona amb l'energia directa, la de les factures dels subministraments de la llar (l'electricitat, el gas fòssil, el gas butà i la biomassa) o els carburants dels vehicles (gasolina i dièsel).

La resta d'usos energètics (energia grisa) són percebuts de forma molt indirecta ja que no graven explícitament els pressupostos familiars; tanmateix, són diverses vegades més grans que els residencials i de l'automoció.

VISIÓ DE CONJUNT SOBRE L'ENERGIA

Aquest apartat proporciona una visió global dels usos energètics d'un territori que s'exemplifica amb el cas de Catalunya.

En anàlisi global dels usos energètics, adquireixen una gran importància els conceptes de balanç energètic (BE) i d'impacte energètic (IE)

BALANÇ ENERGÈTIC I IMPACTE ENERGÈTIC

BALANÇOS ENERGÈTICS (BE) d'IEA

Des de fa unes quatre dècades, la IEA (Agència Internacional de l'Energia) ha organitzat anualment els recursos energètics explícitament usats en un territori (país, regió o el món) en forma d'unes taules denominades **balanços energètics (BE)**. A continuació es mostra un resum dels balanços energètics de Catalunya (IDESCAT), Espanya, la UE28, l'OCDE i el Món (IEA) per a 2016.

IMPACTES ENERGÈTICS (IE) d'IDRRI

Un treball¹ d'IDDRI (think tank francès per al desenvolupament durable) defineix **impacte energètic (IE)** (o balanç energètic integrat), aquell que junt amb l'**energia directa** (explícitada com a energia) comptabilitza l'**energia grisa** associada als béns i serveis dels ciutadans residents en un territori.

Atès que no tots ells són produïts en el mateix país (productes d'altres països, serveis turístics prestats a estrangers), respecte al balanç energètic de la IEA, l'impacte energètic comptabilitza l'**energia grisa importada** (en més) i l'**energia grisa exportada** (en menys).

¹https://www.researchgate.net/publication/268218842_New_representations_of_energy_consumption

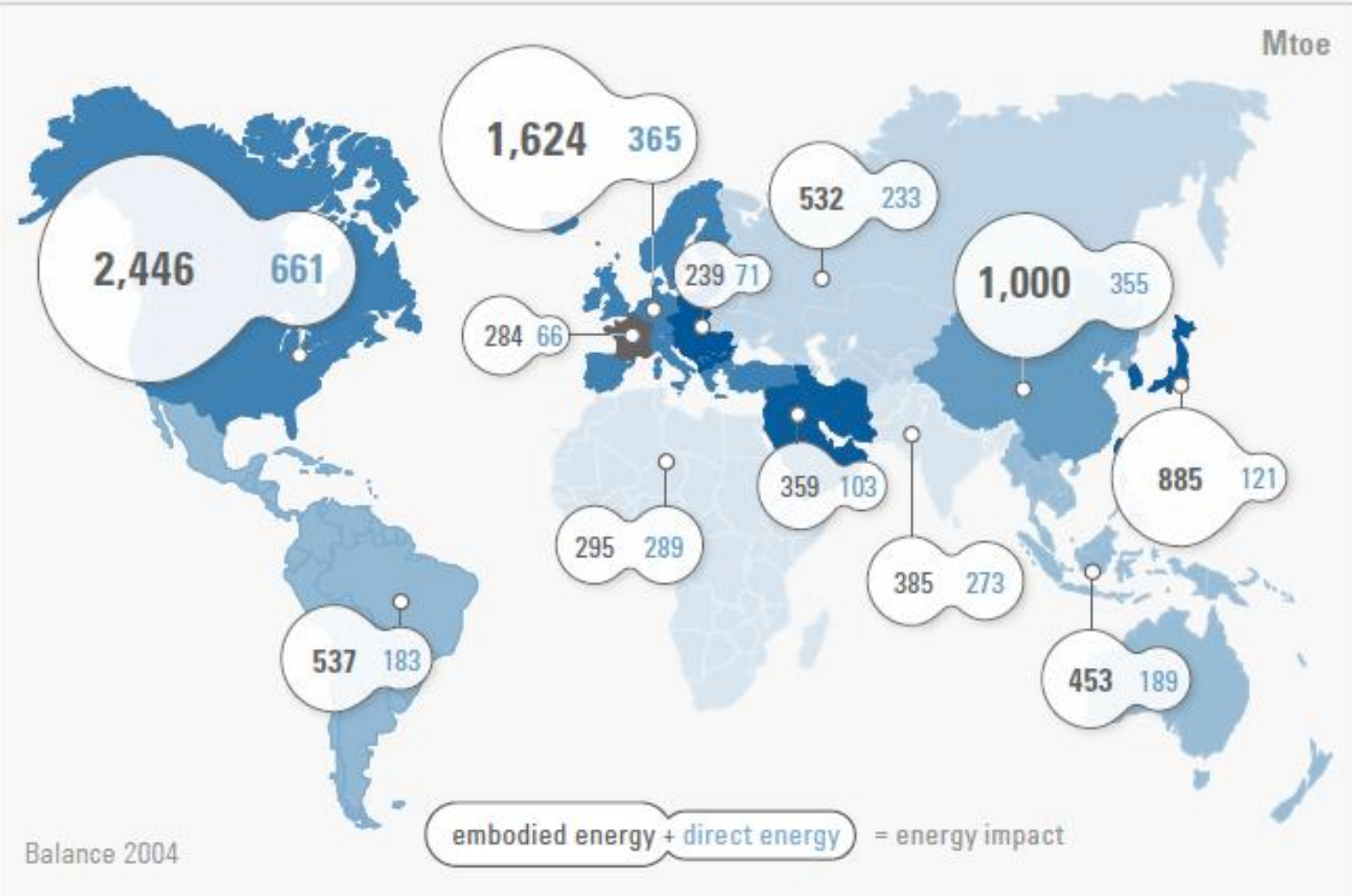
BALANÇOS ENERGÈTICS (segons IEA, Agència Internacional de l'Energia)

(TWh/any)	Catalunya 7,434 Mhab Idescat 2014	Espanya 46,4 Mhab IEA-2016	EU28 512 Mhab IEA-2016	OCDE 1.289 Mhab IEA-2016	MÓN 7.426 Mhab IEA-2016
En. primària (EP)	255,9	1.463	18.408	58.626	148.408
<i>kWh/hab/any</i>	34.420	31.520	35.950	45.480	19.985
% Món	0,17%	1,0%	12,4%	39,5%	100,0%
% (EP-EF)/EP	37,2%	34,9%	34,0%	36,7%	37,4%
Energia final (EF)	160,8	952	12.148	37.109	92.882
Sectors primaris	4,7	31	296	832	2.376
Indústria	31,1	150	2.216	6.701	25.882
Terciari i SP	18,4	123	1.744	5.698	9.022
Transport	83,6	470	4.543	15.641	29.945
Residencial	22,8	175	3.310	7.938	23.971
No-especificat	0,0	3	39	299	1.675
Energia final (EF)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Sectors primaris	3,0%	3,2%	2,4%	2,2%	2,6%
Indústria	19,4%	15,8%	18,2%	18,1%	27,9%
Terciari i SP	11,5%	13,0%	14,4%	15,4%	9,7%
Transport	52,0%	49,4%	37,4%	42,1%	32,2%
Residencial	14,2%	18,4%	27,2%	21,4%	25,8%
No-especificat	0,0%	0,3%	0,3%	0,8%	1,8%

IMPACTE ENERGÈTIC (IDDRI)

Figure 13

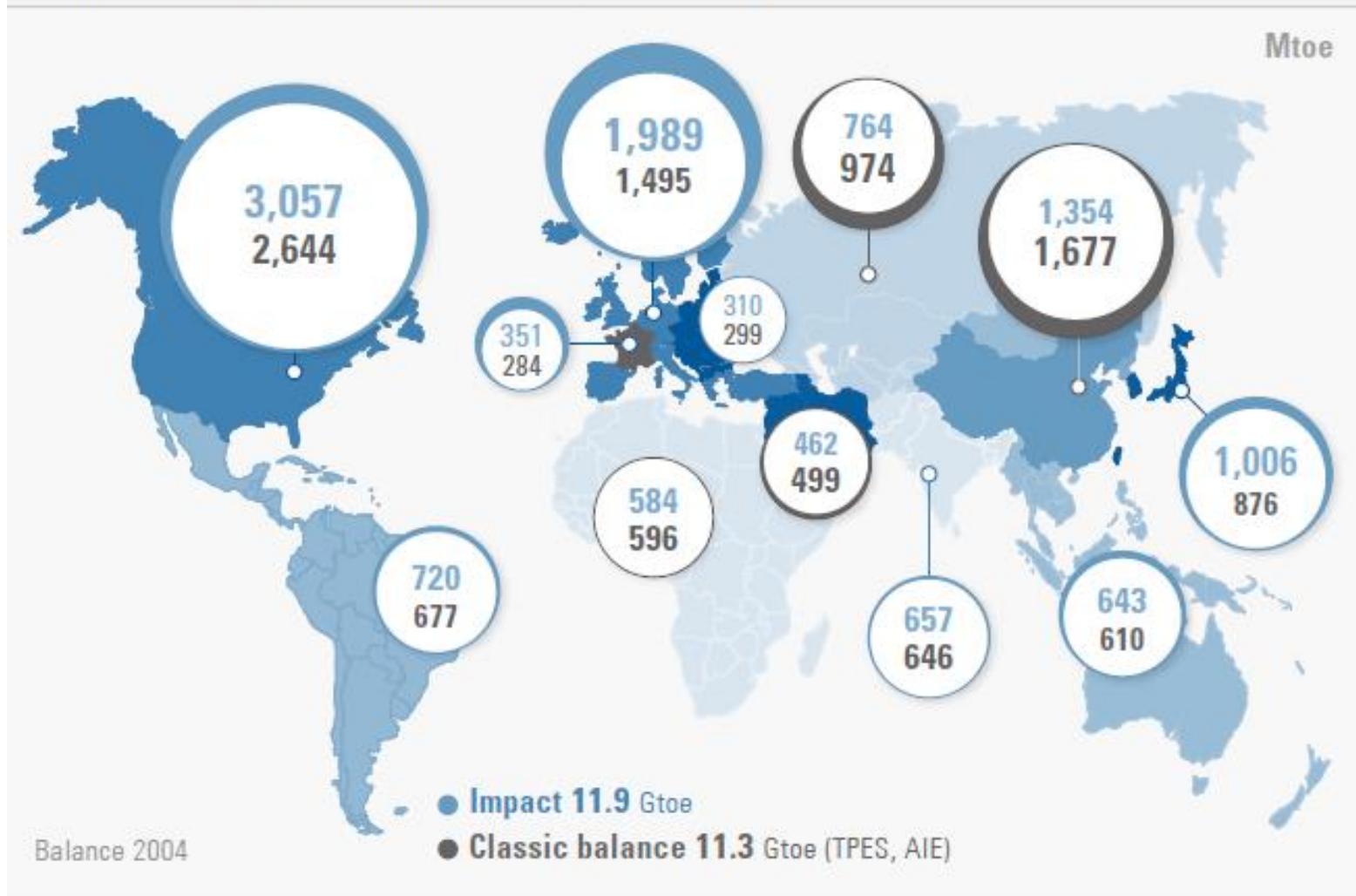
Breakdown of the energy impact into embodied energy and direct energy



IMPACTE ENERGÈTIC (IDDRI)

Figure 14

Comparison of impacts with the classical balances (IEA)



IMPACTE ENERGÈTIC (IDDRI)

IDDRI-2004	Població Mhab	BE (IEA) TWh/any	IE (IDDRI) TWh/any	IE-BE TWh/any	(IE-BE) /BE (%)	IE/hab kWh/hab/a
EU15 (amb França)	468	21.318	27.203	5.885	27,6%	58.125
EU, nous països	118	3.582	3.605	23	0,6%	30.553
Xina	1.319	20.632	15.759	-4.873	-23,6%	11.947
Japó, Corea, Taiwan	198	10.816	11.700	884	8,2%	59.090
Àsia del Sud	1.458	7.594	7.653	58	0,8%	5.249
Pacífic Sud	602	7.525	7.466	-58	-0,8%	12.403
Amèrica del Nord	327	32.366	35.553	3.187	9,8%	108.724
Amèrica Llatina	553	8.641	8.374	-267	-3,1%	15.142
Orient Mitjà	187	6.850	5.373	-1.477	-21,6%	28.733
Àfrica	886	7.118	6.792	-326	-4,6%	7.666
Ex-URSS	286	11.932	8.897	-3.035	-25,4%	31.108
MÓN	6.402	138.374	138.374	0	0,0%	21.614

BE = Balanç energètic; IE = Impacte energètic; (IE-BE)/BE (%) = percentatge de la diferència IE-BE (segons IDDRI) sobre el BE (segons IEA); IE/hab = impacte energètic per habitant

IMPACTE ENERGÈTIC (IDDRI)

COMENTARIS

A escala mundial, el balanç energètic i l'impacte energètic coincideixen, ja que les importacions/exportacions de béns i serveis es compensen.

Les diferències en més de l'impacte energètic (IE) sobre el balanç energètic (BE) són a **Europa** (5.885 TWh/any, 27,6% del BE), a Amèrica del Nord (3.187 TWh/any, 9,8% del BE) i Japó, Corea, Taiwan (884 TWh/any, 8,2% del BE).

Les diferències en menys de l'IE sobre el BE es donen a **Xina** (-4.873 TWh/any, -23,6% del BE), la fàbrica del món, i en els grans exportadors d'hidrocarburs: Ex-URSS (-3.035 TWh/any, -25,4% del BE), Orient Mitjà (-1.337 TWh/any, -21,6% del BE) i, a molta distància, Àfrica (-326 TWh/any, -4,6% del BE)

La taula següent mostra que, a escala mundial, la relació **energia grisa/energia directa** és de 3,2 i que, a Europa, s'eleva a 4,4.

També mostra la importància de l'**energia no comercialitzada** (Enoco) a **Àfrica** (28,3% del total) i també a l'Àsia del Sud (subcontinent indi, 23,7%) al Pacífic Sud (o Sud-Est Asiàtic, 14,7%), a la Xina (13,8%) i, a més distància, Amèrica Llatina (8,6%)

IMPACTE ENERGÈTIC (IDDRI)

IDDRI-2004	Població Mhab	Edirecta TWh/hab/a	Egrisa TWh/hab/a	Enoco TWh/hab/a	IE+Enoco TWh/hab/a	IE+Enoco Món = 100
EU15 (amb França)	468	10.711	47.415	1.093	59.219	253,9%
EU, nous països	118	6.998	23.556	1.281	31.835	136,5%
Xina	1.319	3.130	8.817	1.913	13.861	59,4%
Japó, Corea, Taiwan	198	7.107	51.983	117	59.207	253,8%
Àsia del Sud	1.458	2.178	3.071	1.611	6.860	29,4%
Pacífic Sud	602	3.651	8.751	2.144	14.547	62,4%
Amèrica del Nord	327	21.731	86.994	1.743	110.467	473,6%
Amèrica Llatina	553	3.849	11.294	1.430	16.572	71,0%
Orient Mitjà	187	6.406	22.327	62	28.795	123,4%
Àfrica	886	3.794	3.872	3.032	10.698	45,9%
Ex-URSS	286	9.475	21.633	163	31.271	134,1%
MÓN	6.402	5.194	16.420	1.711	23.325	100,0%

BE = Balanç energètic; IE = Impacte energètic; **Edirecta** = Energia directa; **Egrisa** = Energia grisa; **Enoco** = Energia no comercialitzada (autoconsum, biomassa no comercialitzada)

5. Usos energètics a Catalunya



AVALUACIÓ DELS USOS ENERGÈTICS A CATALUNYA

CONSUMS DIRECTES DELS CIUTADANS (energia final) **8.570 kWh/hab/any**

Les llars (usos domèstics):

Electricitat (**balanç energètic, BE**, de Catalunya) 1.290 kWh/hab/any

Gas i combustibles (BE de Catalunya) 1.780 kWh/hab/any

Total **3.070 kWh/hab/any**

Transport privat (carburants):

Estimació (dades del BE de Catalunya) **5.500 kWh/hab/any**

ACTIVITATS I SERVEIS LOCALS (energia final) **2.680 kWh/hab/any**

Administracions locals:

En base als PAES del Baix Llobregat **250 kWh/hab/any**

Transport públic i de mercaderies local:

Estimació (dades del BE de Catalunya) **1.440 kWh/hab/any**

Terciari i serveis locals:

Estimació (dades del BE de Catalunya) **990 kWh/hab/any**

ACUMULAT (part de l'energia final, EF) **11.250 kWh/hab/any**

AVALUACIÓ USOS ENERGÈTICS A CATALUNYA

ACTIVITATS I SERVEIS GENERALS (energia final) **10.380 kWh/hab/any**

Sectors primaris (agricultura, ramaderia, etc.):

En base a les dades del BE Catalunya **640 kWh/hab/any**

Sectors secundaris (Indústria i construcció):

En base a les dades del BE Catalunya **4.190 kWh/hab/any**

Transport públic i privat (globals):

Exclòs el transport privat i local

En base a les dades del BE Catalunya **4.310 kWh/hab/any**

Terciari i serveis públics (globals):

Exclòs el terciari i els serveis públics locals

En base a les dades del BE Catalunya **1.240 kWh/hab/any**

ACUMULAT (total d'energia final, EF) **21.630 kWh/hab/any**

INDUSTRIA DE L'ENERGIA (de primària a final) **12.790 kWh/hab/any**

En base a les dades del BE Catalunya

ACUMULAT (total de balanç energètic, BE) **34.420 kWh/hab/any**

AVALUACIÓ USOS ENERGÈTICS A CATALUNYA

ENERGIA GRISA IMPORTACIÓ-EXPORTACIÓ

9.500 kWh/hab/any

En base a les dades de l'estudi IDRRi sobre la importació/exportació d'energia grisa a través de productes i serveis (EU28, incr. 27,6% sobre BE

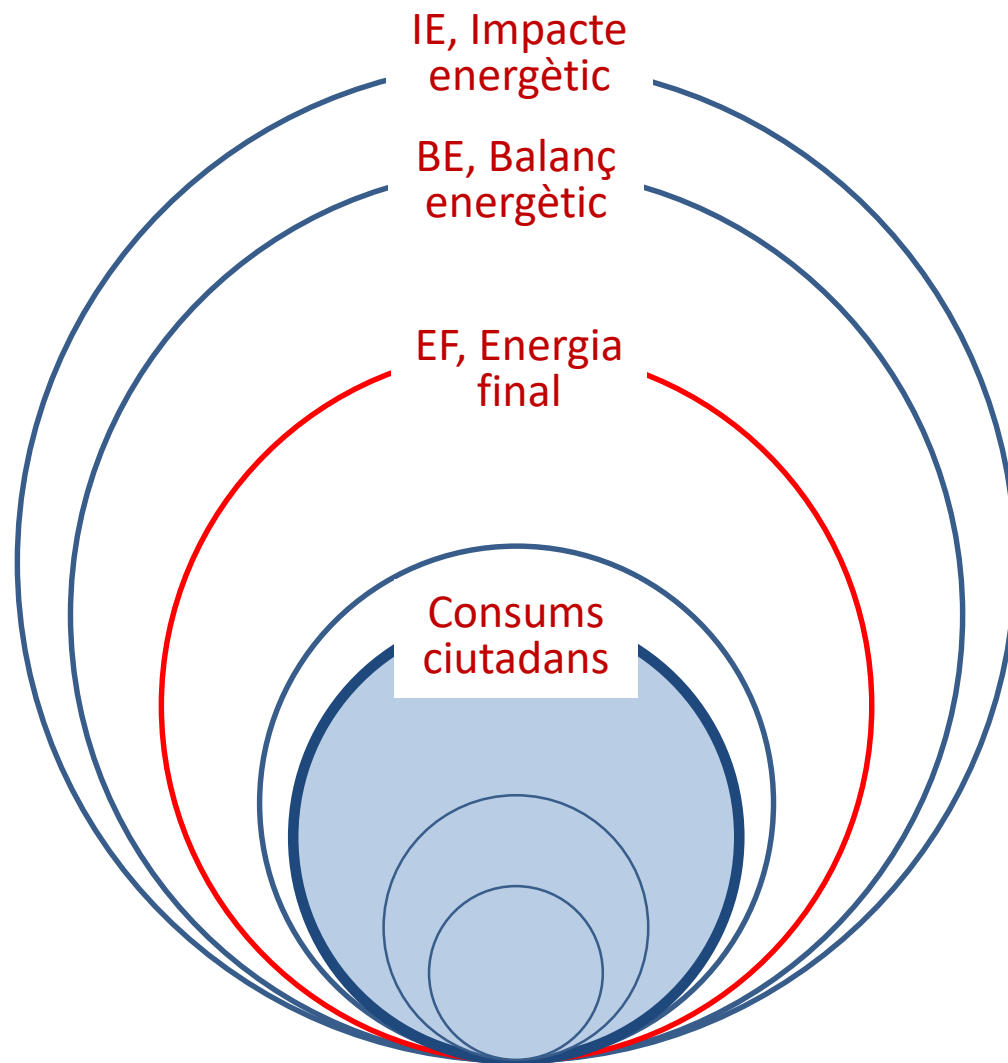
ACUMULAT (total d'impacte energètic, IE)

43.920 kWh/hab/any

COMENTARIS

1. L'energia de **les llars** (electricitat i gas natural) són **3.070 kWh/hab/any**. La mobilitat privada afegeix **5.500 kWh/hab/any**.
2. Les **activitats, serveis i transport locals** sumen **2.680 kWh/hab/any** més.
3. Les **activitats, serveis i transport generals** requereixen més energia: **10.380 kWh/hab/any**
4. L'**energia grisa** per produir l'**energia final** és **12.790 kWh/hab/any**,
5. Finalment, atès que Catalunya (Espanya i Europa) són receptors nets de productes i serveis (més importacions que exportacions), cal computar una **energia grisa importada** de **9.500 kWh/hab/any**.

CATALUNYA: USOS ENERGÈTICS (energia final)



CONSUMS DIRECTES DELS CIUTADANS:

(energia final)

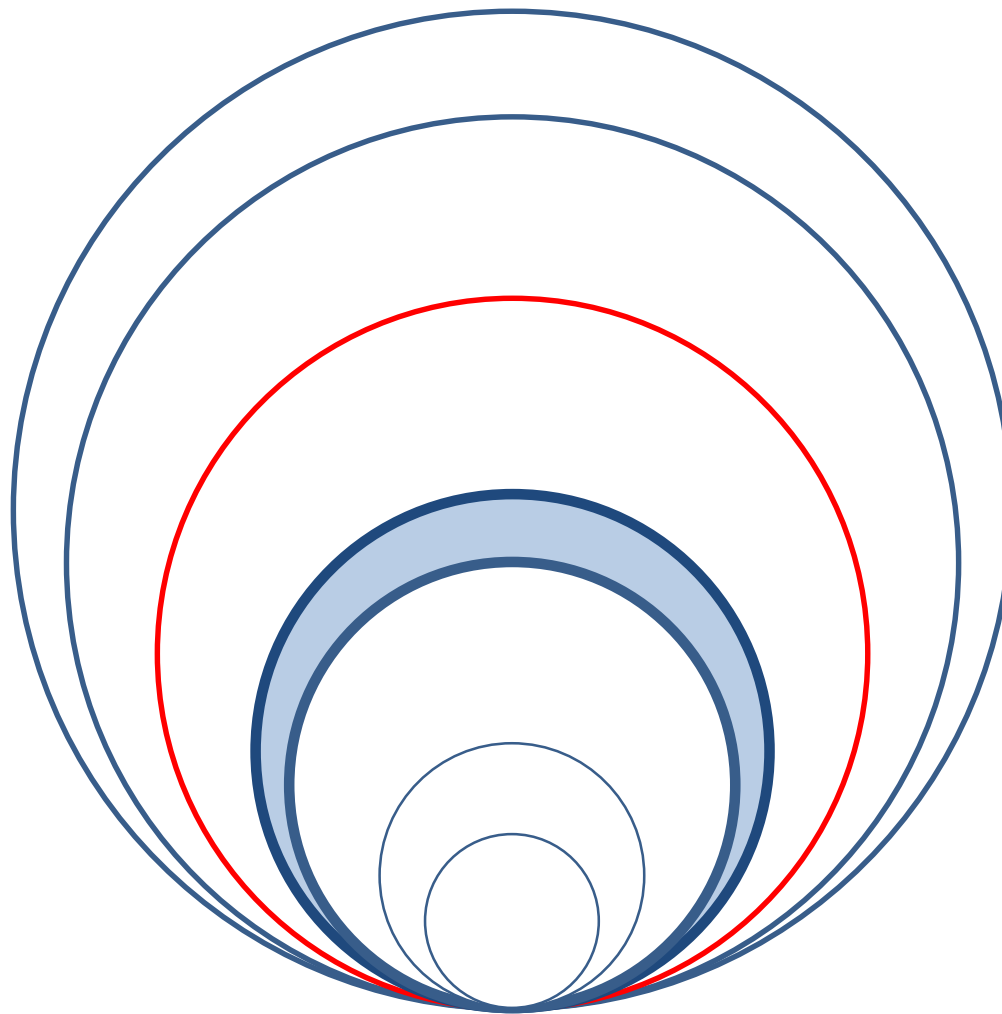
- Electricitat, 1.290
 - Combustibles, 1.780
- 7,0% IE
- Transport privat, 5.500
- 12,5%
- 8.570 kWh/hab/any**
- 19,5%

ACUMULAT:

8.570 kWh/hab/any

19,5% IE

CATALUNYA: USOS ENERGÈTICS



ACTIVITATS I SERVEIS

LOCALS (energia final):

- Administracions, 250
 - Transport, 1.440
 - Terciari i serveis, 990
- 2.680 kWh/hab/any**

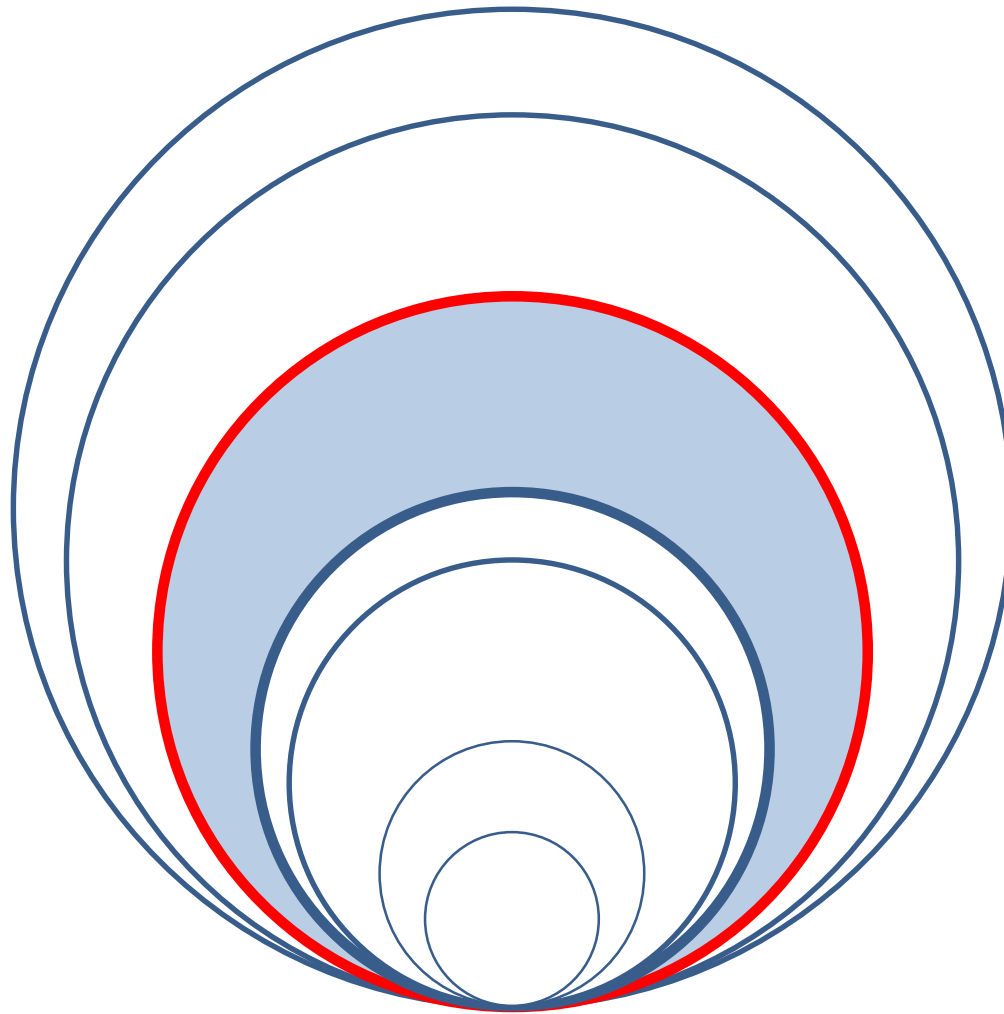
6,1% IE

ACUMULAT:

11.250 kWh/hab/any

25,6% IE

CATALUNYA: USOS ENERGÈTICS



ACTIVITATS I SERVEIS

GENERALS (energia final):

- Sectors primaris
- Indústria i construcció
- Terciari i serveis públics generals
- Transport general

10.380 kWh/hab/any

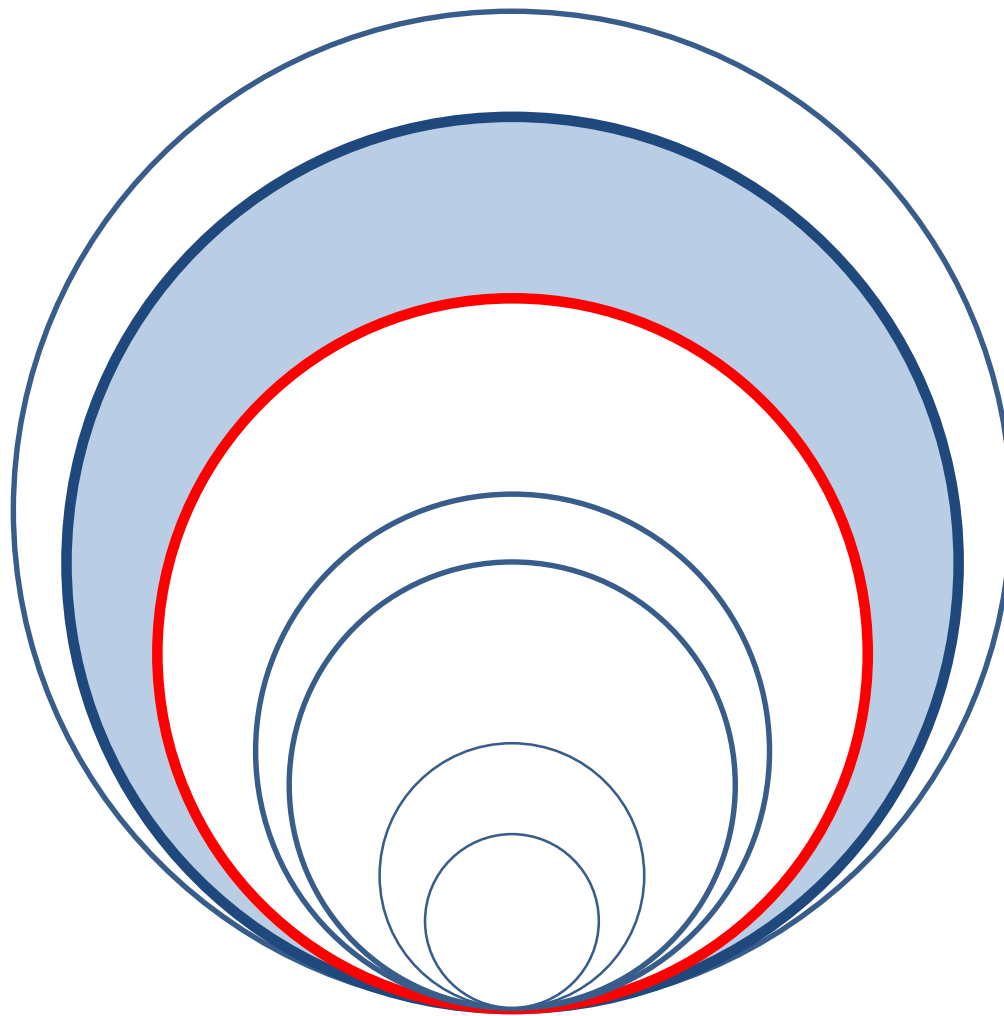
23,6% IE

ACUMULAT (energia final):

21.630 kWh/hab/any

49,2% IE

CATALUNYA: USOS ENERGÈTICS



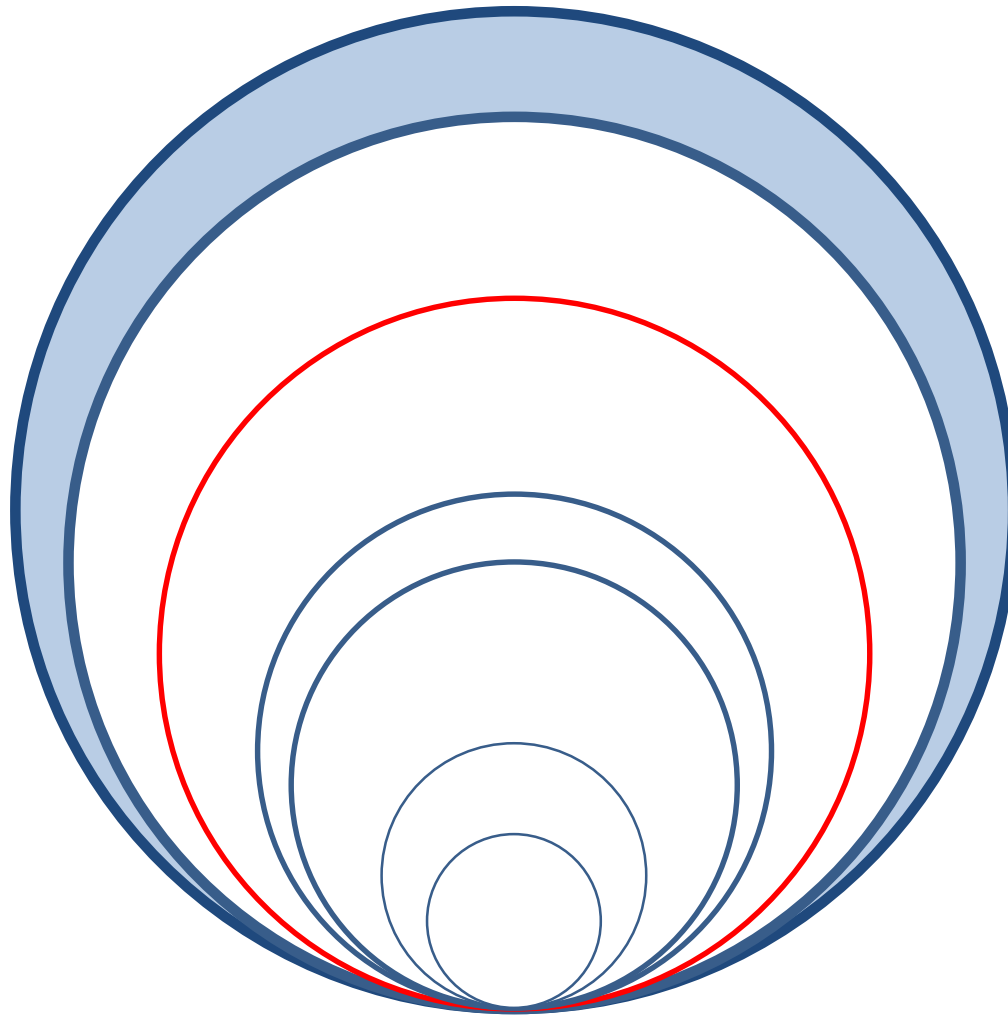
D'ENERGIA PRIMÀRIA A FINAL (energia primària):

- Electricitat,
 - Combustibles comerç.
- 12.790 kWh/hab/any**
29,1% IE

ACUMULAT (BE):

34.420 kWh/hab/any
78,4% IE

CATALUNYA: USOS ENERGÈTICS



ENERGIA GRISA

EXTERIOR (primària):

- Balanç net d'importacions i exportacions en béns i serveis (27,6% del BE)

9.500 kWh/hab/any

21,6% IE

ACUMULAT (IE):

43.920 kWh/hab/any

100,0% IE

6. Itineraris energètics



ITINERARI ENERGÈTIC

DEFINICIÓ

Un itinerari energètic és el recorregut que fa un determinat recurs entre les fonts primàries (**energia primària EP**) i la forma en què l'energia que, un cop condicionada i/o transformada, arriba a l'aplicació (**energia útil EU**).

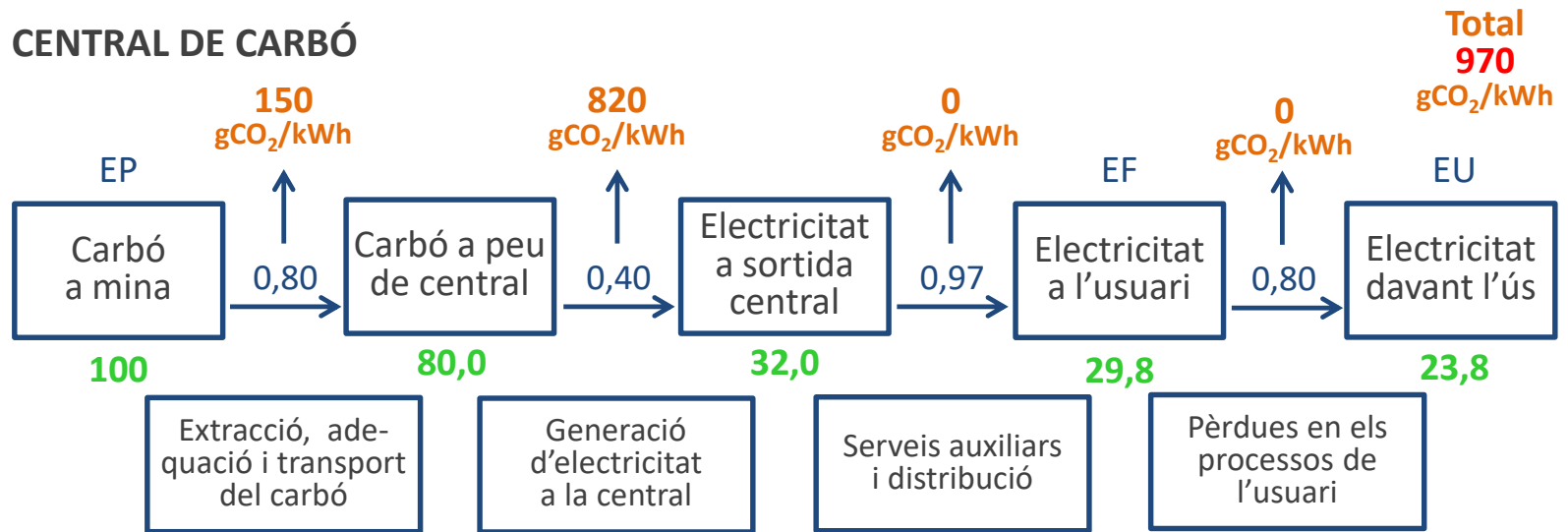
Nota: l'Agència Internacional de l'Energia (IEA) ha fixat el terme d'energia final (EF) com aquella que comercialitza la indústria de l'energia. En general, l'energia final està lluny de ser l'energia útil; per exemple, l'energia final (potencial) de la gasolina, un cop transformada pel motor tèrmic, tan sols entre un 15 i 25% (segons el tipus de motor) arriba a la roda per impulsar el vehicle (energia útil, EU).

Els itineraris que es presenten a continuació posen de manifest el **rendiment** i les **emissions de CO₂** dels diferents passos, aspectes sens dubte decisius. Però cal tenir en compte que existeixen altres factors que poden ser determinants per a l'acceptació o la utilització de determinats recursos energètics.

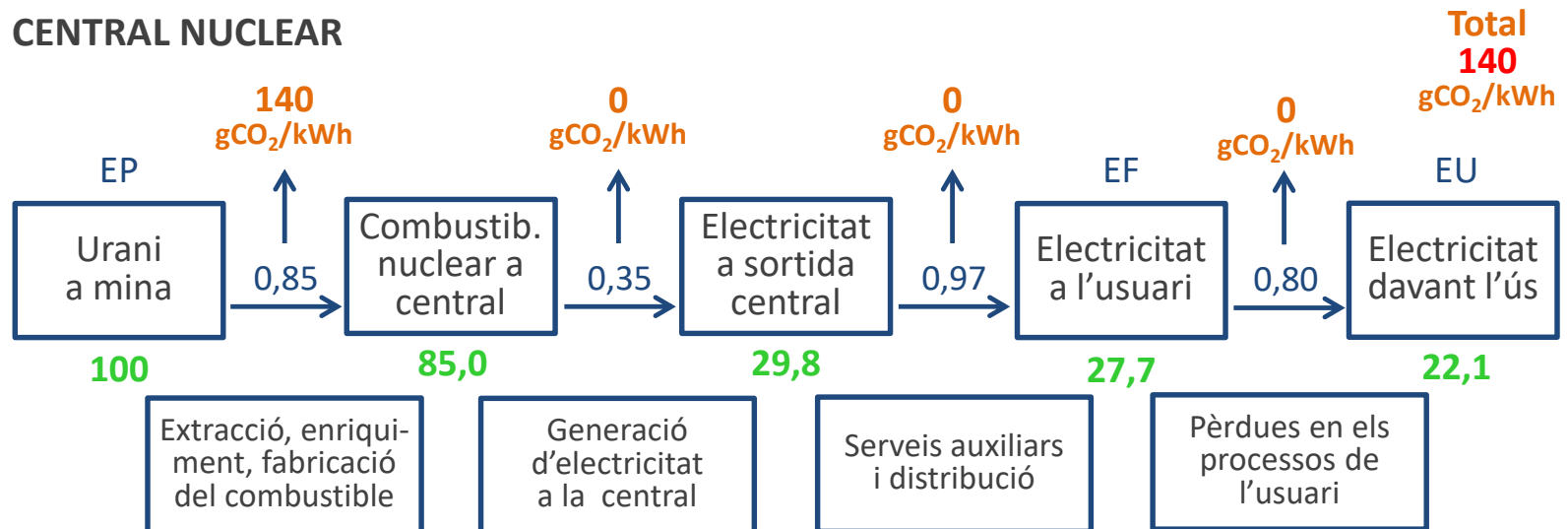
En la darrera transparència d'aquesta secció es comenta la incidència d'altres factors en recursos com l'urani, la biomassa o els recursos hídrics.

ITINERARIS ENERGÈTICS: ELECTRICITAT FÒSSIL I NUCLEAR

CENTRAL DE CARBÓ

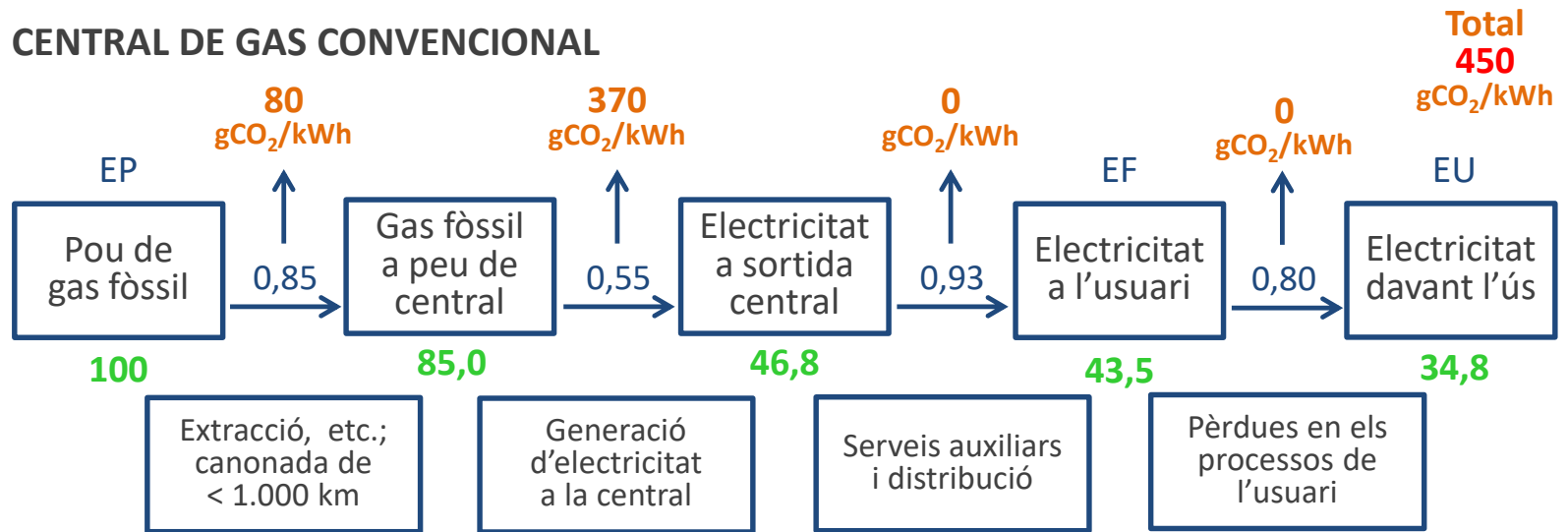


CENTRAL NUCLEAR

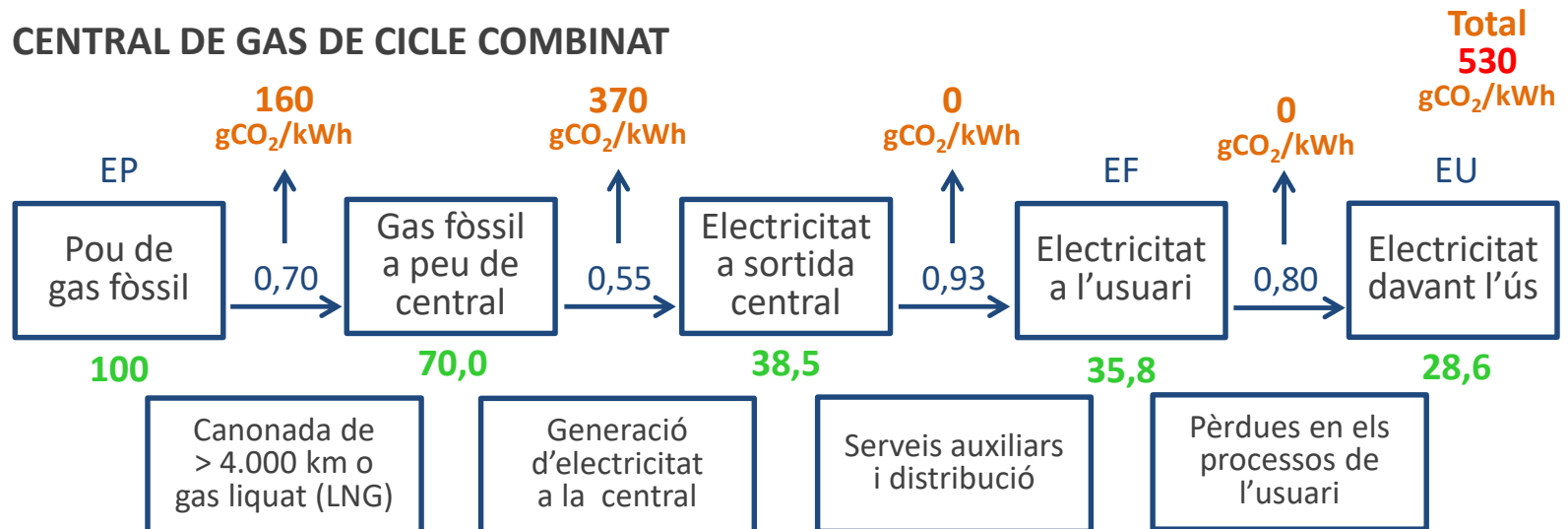


ITINERARIS ENERGÈTICS: ELECTRICITAT FÒSSIL

CENTRAL DE GAS CONVENCIONAL

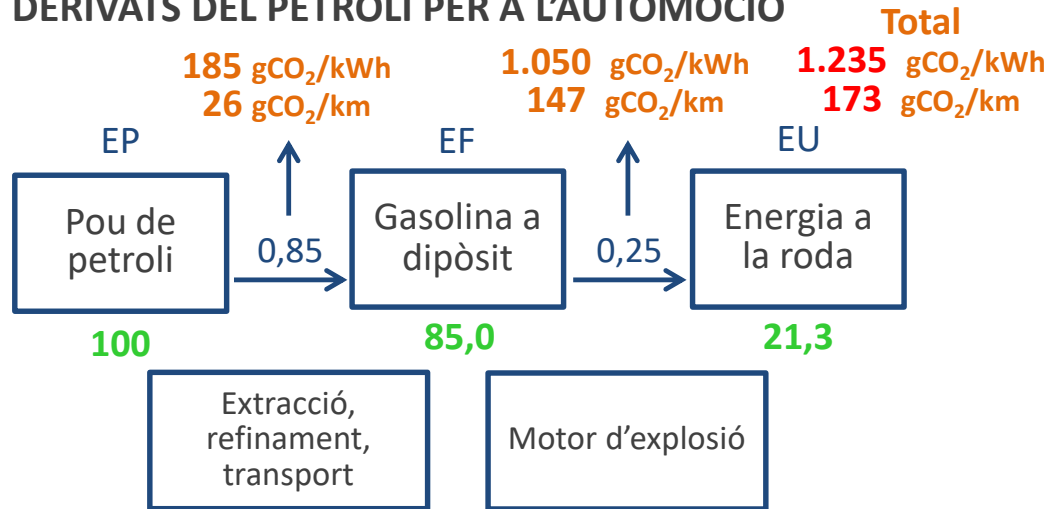


CENTRAL DE GAS DE CICLE COMBINAT

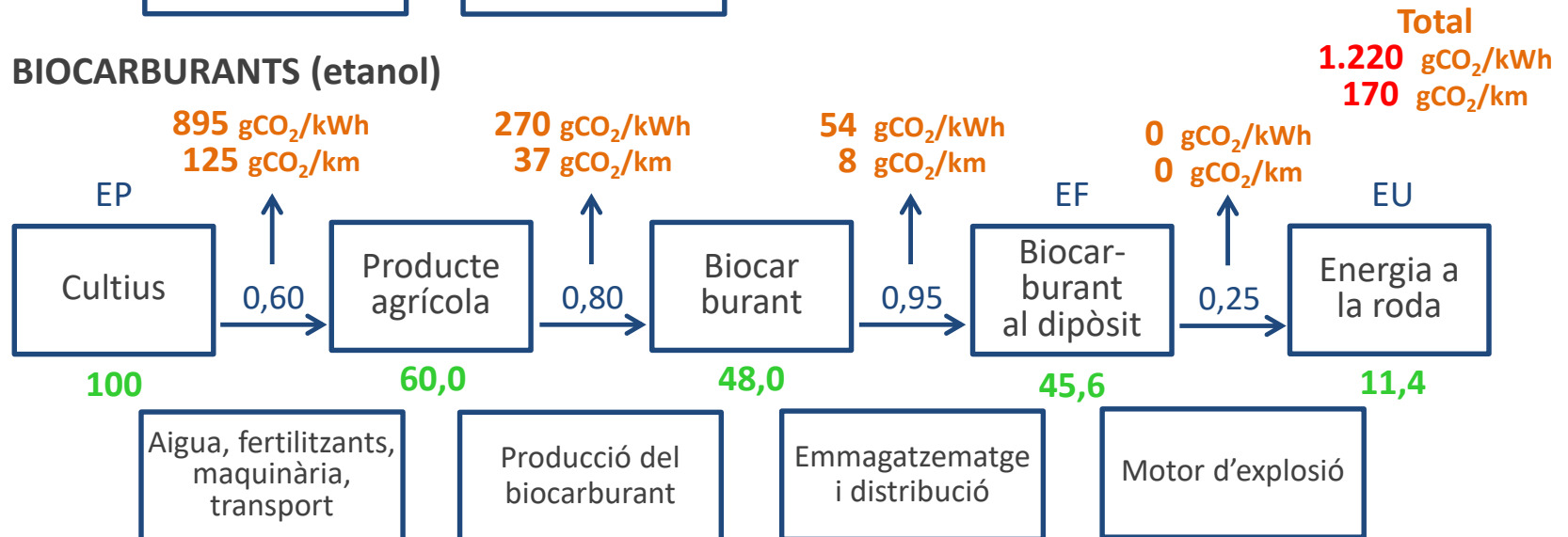


ITINERARIS ENERGÈTICS: MOBILITAT

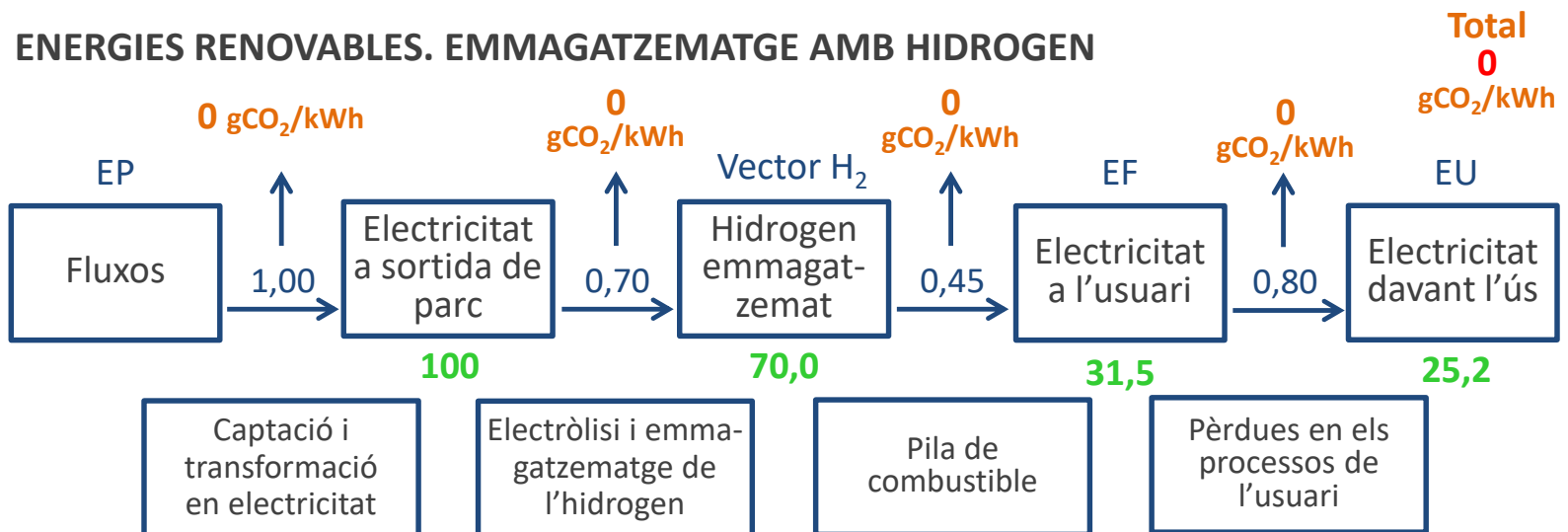
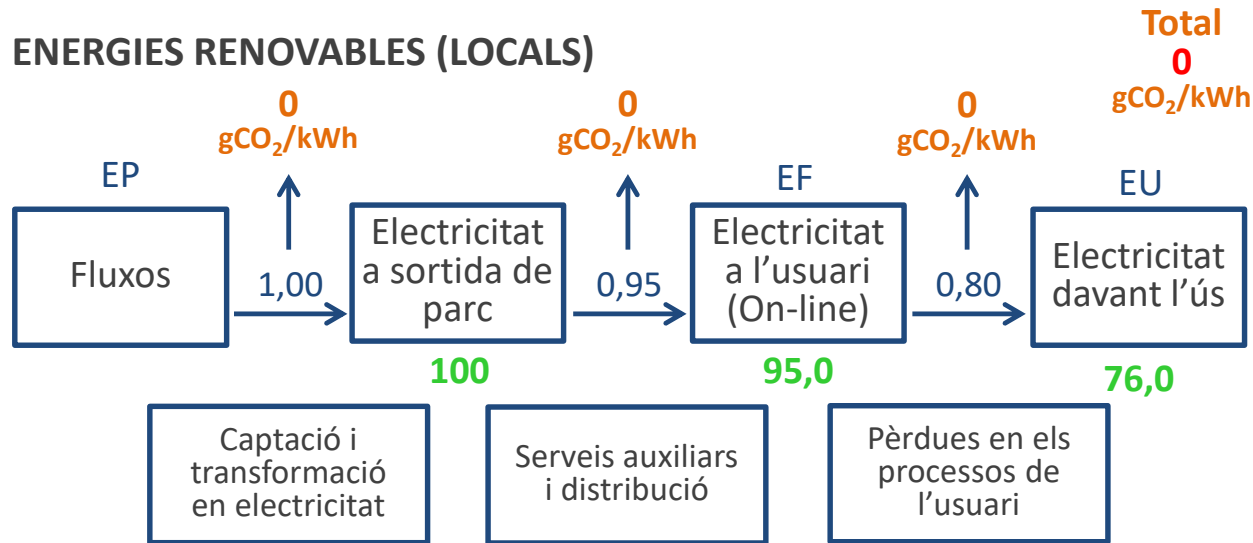
DERIVATS DEL PETROLI PER A L'AUTOMOCIÓ



BIOCARBURANTS (etanol)

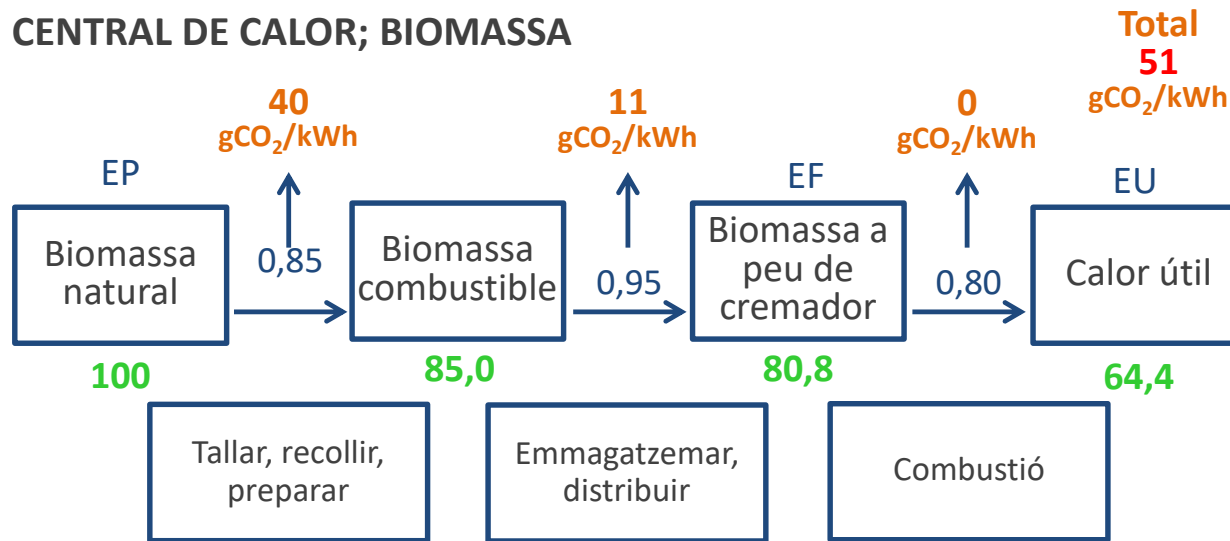


ITINERARIS ENERGÈTICS: ELECTRICITAT RENOVABLE

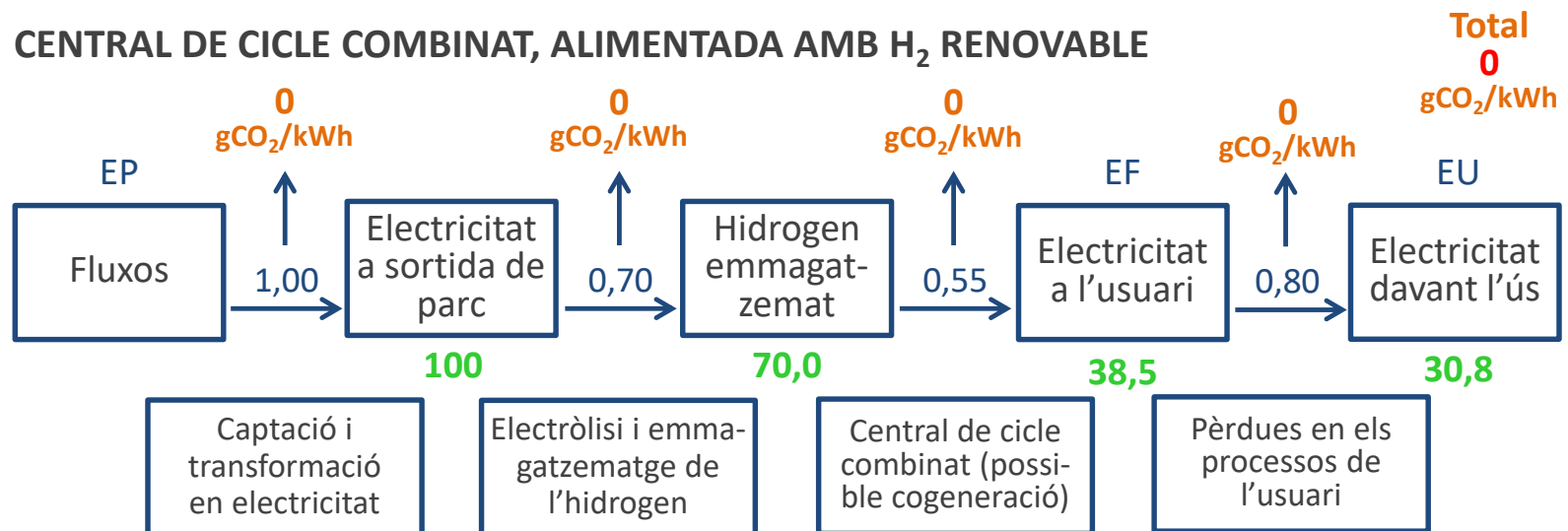


ITINERARIS ENERGÈTICS: CALOR

CENTRAL DE CALOR; BIOMASSA

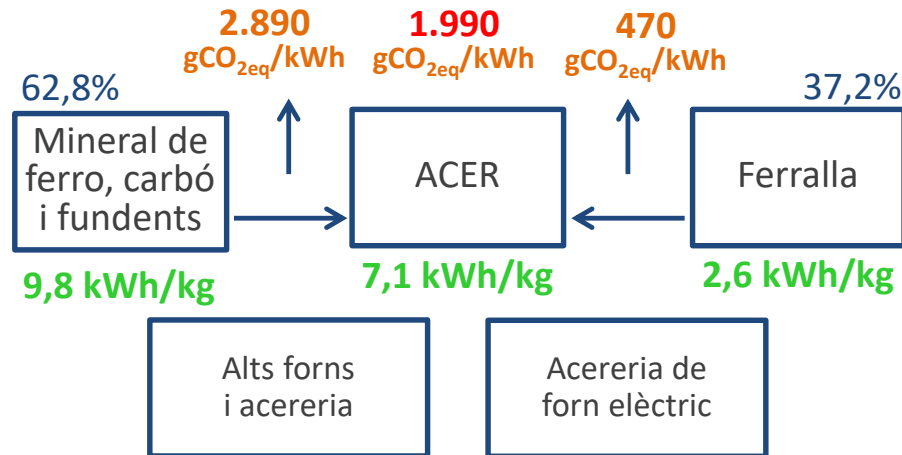


CENTRAL DE CICLE COMBINAT, ALIMENTADA AMB H₂ RENOVABLE

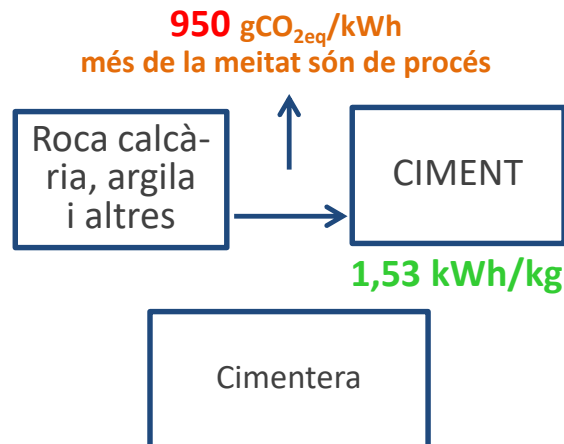


ITINERARIS ENERGÈTICS: ACER I CIMENT

ACER (1.800 Mt/any; 1.130 d'alts forns i 670 de reciclatge; més del 50% a Xina)



CIMENT (4.200 Mt/any, el 50% a Xina)



ITINERARIS ENERGÈTICS

COMENTARIS

Els esquemes d'itineraris de les transparències anteriors volen mostrar uns aspectes concrets de cada una de les opcions: els **rendiments** i les **emissions**. Tanmateix, en l'avaluació de cada una d'elles intervenen molts més aspectes, sovint decisius que cal tenir en compte. Per exemple:

Escassetat de recursos: a més dels residus radioactius i el perill d'accident greu, l'escassetat de l'urani fa inviable la generalització de l'opció nuclear

Recursos en conflicte: els biocarburants entren en conflicte amb l'alimentació humana i l'adob orgànic dels sòls; o, l'energia hidroelèctrica col·lideix amb els altres usos de l'aigua.

Usos inadequats: La biomassa és escassa per als usos energètics d'avui dia; s'aprofita molt millor en usos tèrmics (preferentment industrials, ja que crea un mercat estable) que per produir electricitat.

Emmagatzematge: tot i que l'opció d'emmagatzematge de l'electricitat com a hidrogen té una rendibilitat inferior a les bateries, esdevé un vector polivalent que serà imprescindible en etapes més avançades de la transició energètica.

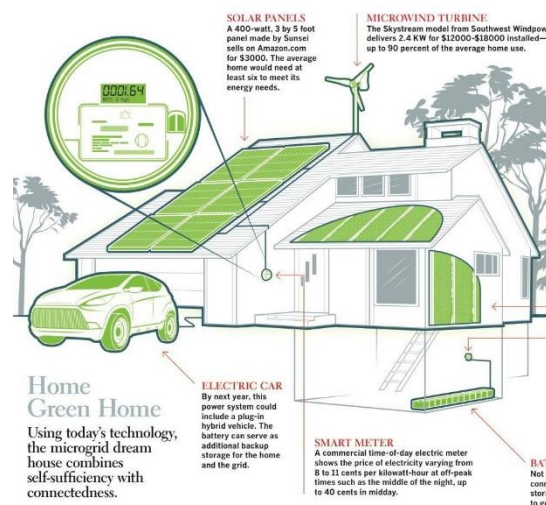
7. Educar per a la transició energètica



OPCIONES DE TRANSICIÓ ENERGÈTICA

La humanitat avança (no prou conscient) vers el col·lapse. **L'exhauriment dels fòssils i el canvi climàtic no són una opció: els tenim aquí SI o SI.** En canvi, sí que **tenim opcions en la forma com s'aborda la transició energètica:**

- Continuem com fins ara i, en arribar al precipici, que “se salvi qui pugui”?
- Preparem una transició energètica per a una població mundial reduïda (500 milions)? Moltes solucions d'alta tecnologia van en aquesta direcció.
- O, reconduïm les nostres activitats d'acord amb les dinàmiques de la naturalesa on hi càpiguen tots els éssers vius i tots els humans?



EQUILIBRI ENTRE SOSTENIBILITAT I QUALITAT DE VIDA

És evident l'ús dels recursos fòssils durant els darrers segles ha permès fer un salt en els coneixements i en progrés tecnològic que cal preservar. Però, també és evident que la potència que aquests recursos ha posat a les nostres mans, ens ha fet oblidar que la Terra és finita i que funciona com un tot.

Ara, amb una població humana immensa i uns consums insostenibles (molt desiguals), i sense perdre l'essencial de la qualitat de vida actual, cal aturar l'obsessió pel creixement i situar la nostra activitat en un **nou context de sostenibilitat i recuperar la cooperació amb la resta d'éssers vius.**

Alhora, la humanitat ha de repensar les pròpies regles de comportament i d'organització social, molt especialment les d'assignació del treball productiu i del repartiment dels béns i serveis obtinguts.

L'automatització combinada amb la limitació del creixement porten a una disminució del treball (al menys en activitats necessàries); alhora, internet (i ara, el covid-19) dificulten el sosteniment econòmic tradicional d'activitats com la informació o les arts. Es fa imprescindible, doncs, el **dret a la renda bàsica** però també cal articular el **deure a contribuir en generar riquesa.**

COM ACTUAR: FORMAR EN NOVES ACTITUDS

La no-sostenibilitat d'avui dia es basa en un sistema productiu que fa un ús creixent de recursos no renovables (energètics i d'altres), i en una ciutadania cada cop més allunyada i despreocupada sobre la seva pròpia subsistència. Desgraciadament, aquestes dues tendències es retro-alimenten. El sistema productiu s'escuda en què els ciutadans no accepten els canvis i, aquests, en què les petites accions no tenen cap efecte sobre el sistema general

La transició energètica demana trencar aquest cercle viciós a través del **CONEIXEMENT**, el **CORATGE** i la **COOPERACIÓ**

Les primeres passes vindran de petites accions realitzades pels ciutadans, les empreses i els reguladors públics amb sentit de responsabilitat, que es reforçaran mútuament

En aquest procés, el foment de noves actituds serà fonamental



NOVES ACTITUDS

COOPERAR I COMPARTIR

El pensament hegemònic de les classes dirigents de les societats riques (i també d'una part de la població) és de colonitzar el món, dominar la natura i els altres éssers vius, i també de sotmetre les classes subalternes.

La sostenibilitat ens redescobreixen la forta interdependència entre tots els éssers vius i tots els pobles de la Terra. Cal, doncs, fomentar les actituds de **cooperar** (tothom segons les seves capacitats) i de **compartir**, enlloc de les actuals actituds predominants de **competir** i **acaparar**

Es proposa:

Fomentar les actituds de COOPERAR I COMPARTIR

Efectes:

Els recursos de la Terra són immensos si no els malbaratem. Avui dia, els països rics (17% de la població) acaparen més de la meitat dels recursos de la Terra, sense una percepció de benestar proporcional a aquest diferència. Cal donar l'exemple i desenvolupar noves actituds per equilibrar la situació

NOVES ACTITUDS

PROCESSOS DE CICLE TANCAT

El **metabolisme social** requereix unes entrades que tendeixen a disminuir els recursos i unes sortides en forma de residus que tenen impactes sobre els diferents medis. Davant del principi de l'**economia del creixement en cicle obert** dels darrers anys, **extreure – usar – llançar**, el principi de l'**economia de cicle tancat** propugna **usar – reciclar – usar**

Cal desterrar el fetitxisme del “tot nou” sovint sota l'excusa del més eficient. Per exemple, l'energia usada per fabricar un automòbil elèctric equival a recórrer 200.000 km. La decisió en l'adquisició inicial és important; després, cal assumir les conseqüències de rendibilitzar el conjunt del cicle de vida

Es proposa:

Impulsar i experimentar les ECONOMIES DE CICLE TANCAT

Efectes:

Cal prendre consciència d'on venen i qui ha produït les coses, i on van a parar després del seu ús. Cal fomentar la reparació, la reutilització i el reciclatge

NOVES ACTITUDS

DE LA POSSESSIÓ A L'ÚS

En els darrers decennis, el neoliberalisme ha magnificat la **possessió** (la propietat privada) davant l'**ús**; i sobretot davant de l'**ús compartit**

Per exemple, el cost global mitjà d'un automòbil és d'uns 6.000 €/any per fer uns 12.000 km (0,5 €/km), vehicle que tenim aturat (i fa nosa) 23 de les 24 hores del dia. El cost mitjà de les targetes de TMB no supera 0,025 €/km.

El model econòmic actual prioritza obtenir guanys de les vendes dels productes i serveis, davant de resoldre les necessitats. Els condicionants de la sostenibilitat no ens permeten més el malbaratament de recursos.

Actitud a fomentar:

Prioritzar el valor de l'ÚS dels béns i serveis davant de la POSSESSIÓ

Efectes:

Centrar l'atenció en l'ús (i no en la propietat) fa les coses més eficients. Els béns i serveis compartits proporcionen una millor rendibilitat dels recursos.

ACCIONS A EMPRENDRE

CONÈIXER LA NOSTRA REALITAT

Els ciutadans de les societats post-industrials estem permanentment informats de moltes coses, però ens hem allunyat del coneixement i del control d'allò que ens sosté (alimentació, aigua, energia)

Per exemple, paguem les factures d'energia directa de les llars (electricitat, combustibles i carburants (a Catalunya **8.570 kWh/hab/any** , el **19,5%** de l'impacte energètic, IE); però no solem ser conscients del **80,5%** restant que rebem com a energia grisa, en part per produir els vectors energètics (**29,1%** de l'IE) i en part, amb els béns i serveis que consumim (**51,4%** d'IE), dels quals el **21,6%** procedeixen del balanç importacions - exportacions.

Es proposa:

Eixamplar l'anàlisi del BALANÇ ENERGÈTIC fins a l' IMPACTE ENERGÈTIC

Justificació:

La transició energètica s'ha d'implementar sobre tots els usos energètics. Cal prendre consciència de l'energia grisa associada al consum de béns i serveis, molts d'ells importats dels països en vies de desenvolupament.

ACCIONS A EMPRENDRE

REEDUCAR-NOS

Hem de reeducar-nos en un nou metabolisme humà per incorporar actituds i comportaments sostenibles. Això afecta tots els àmbits de la nostra vida:

- Una **alimentació** sana i sostenible (avui dia, usa més del 30% de l'energia)
- Unes **formes d'habitatge** preparades per captar energia i per usar-la de la forma més adequada
- Fomentar una **accessibilitat als llocs, béns, serveis i al coneixement** basat en una mobilitat i unes comunicacions sostenibles
- Reeducar-nos per **gaudir dels béns i dels serveis de forma compartida**
- **Produir per cobrir necessitats**, no per fer negoci

Es proposa:

Llançar una gran reflexió col·lectiva sobre sostenibilitat i, de forma especial, a través del SISTEMA EDUCATIU

Justificació:

Sense un coneixement i un canvi d'actituds no serà possible la transició energètica. Les **generacions futures** seran claus en aquesta transformació

ACCIONS A EMPRENDRE

EXPERIMENTAR

Probablement és la primera vegada en el curs de l'existència de l'home que percebem globalment els límits de la Terra.

És una situació nova que ens angossa: **acaba la cultura de la conquesta i del creixement**; però ningú ha dit que no existeixin **noves formes de desenvolupament humà** tan o més satisfactòries que les actuals.

Per tant, entrem en una **època d'experimentació tecnològica i sobretot social**. Una de les preocupacions bàsiques haurà de ser facilitar aquesta experimentació, **enlloc de lamentar un passat que ja no tornarà**

Acció:

Facilitar i posar les bases per EXPERIMENTAR NOVES REALITATS SOCIALS I TECNOLÒGIQUES

Justificació:

Com en altres etapes de la humanitat, farem passes endavant i enrere. L'experimentació social i tecnològica són les claus de les solucions futures

UNA DARRERA CONSIDERACIÓ

LA TRANSICIÓ ÉS COSA DE TOTS

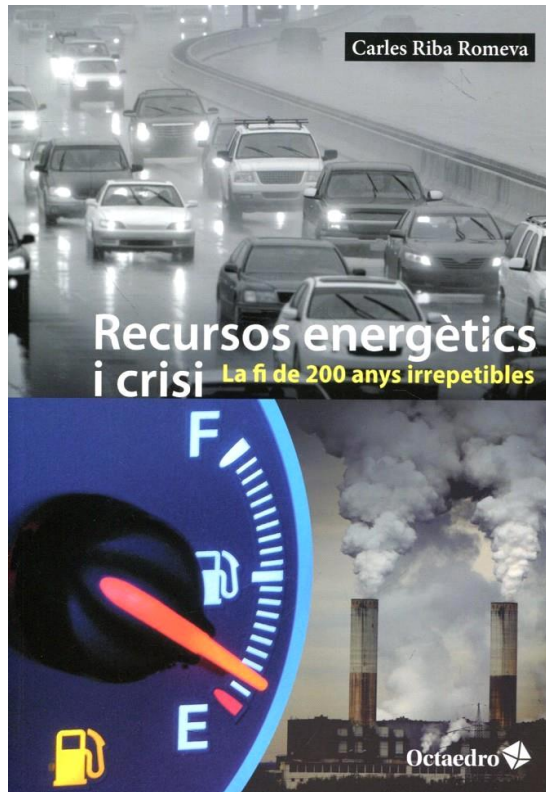
Com s'ha dit al començament, el desencadenant de la situació és la **crisi energètica dels combustibles fòssils**. Però, un cop analitzades les seves conseqüències, ens adonem que té un caràcter global que podem qualificar de **crisi socioecològica**.

Per tant, no es resol simplement amb “tecnologies” sinó que afecta tots els aspectes de la nostra vida, l'alimentació, l'habitatge, la mobilitat, el treball, el lleure i totes les formes d'organització social i política.

Per tant, hi sou cridats tots els docents de les diferents disciplines: **ciències naturals, història, filosofia, educació física**, etc. I, per descomptat, **tecnologia**.



L'associació CMES i l'energia



Detecció del problema

Carles Riba Romeva



El problema té solució

Ramon Sans Rovira



Programar les actuacions

Eduard Furró i Estany

<https://octaedro.com/libro/recursos-energetics-i-crisi/>

<https://octaedro.com/libro/el-col%C2%B7lapse-es-evitable/>

<https://octaedro.com/libro/catalunya-aproximacio-a-un-model-energetic-sostenible/>

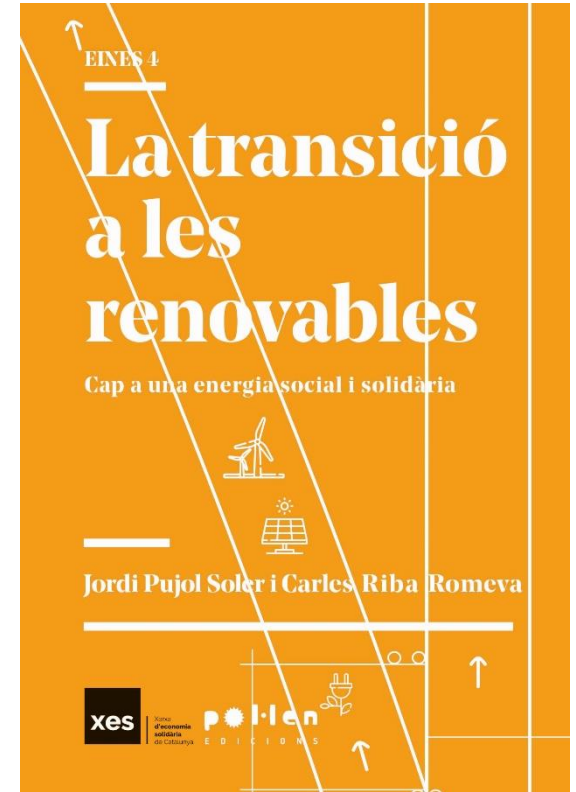
L'associació CMES i l'energia



La governança de la TE
Josep Centelles Portella



La transformació del SE
Eduard Furró i Estany

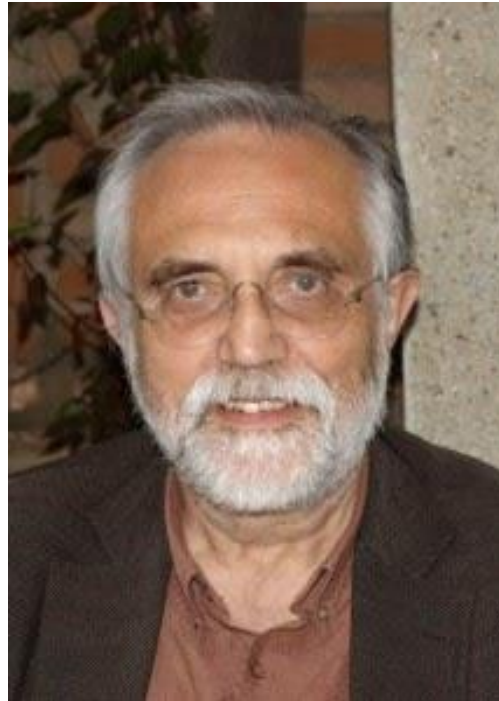


TER i economia solidària
J. Pujol Soler, C. Riba Romeva

<https://octaedro.com/libro/cap-al-100-renovable/>

<https://octaedro.com/libro/la-transformacio-del-sistema-energetic-2/>

<https://pol-len.cat/lilibres/la-transicio-a-les-renovables-cap-a-una-energia-social-i-solidaria/>



Carles Riba Romeva

President de CMES

(www.cmes.cat)

Professor emèrit de la UPC

(carles.riba@upc.edu)