



Generalitat de Catalunya
Departament de la Vicepresidència
i de Polítiques Digitals i Territori



**Els costos socials i
ambientals del
transport per
carretera.
Anàlisi del cicle de
vida.**

Any 2021



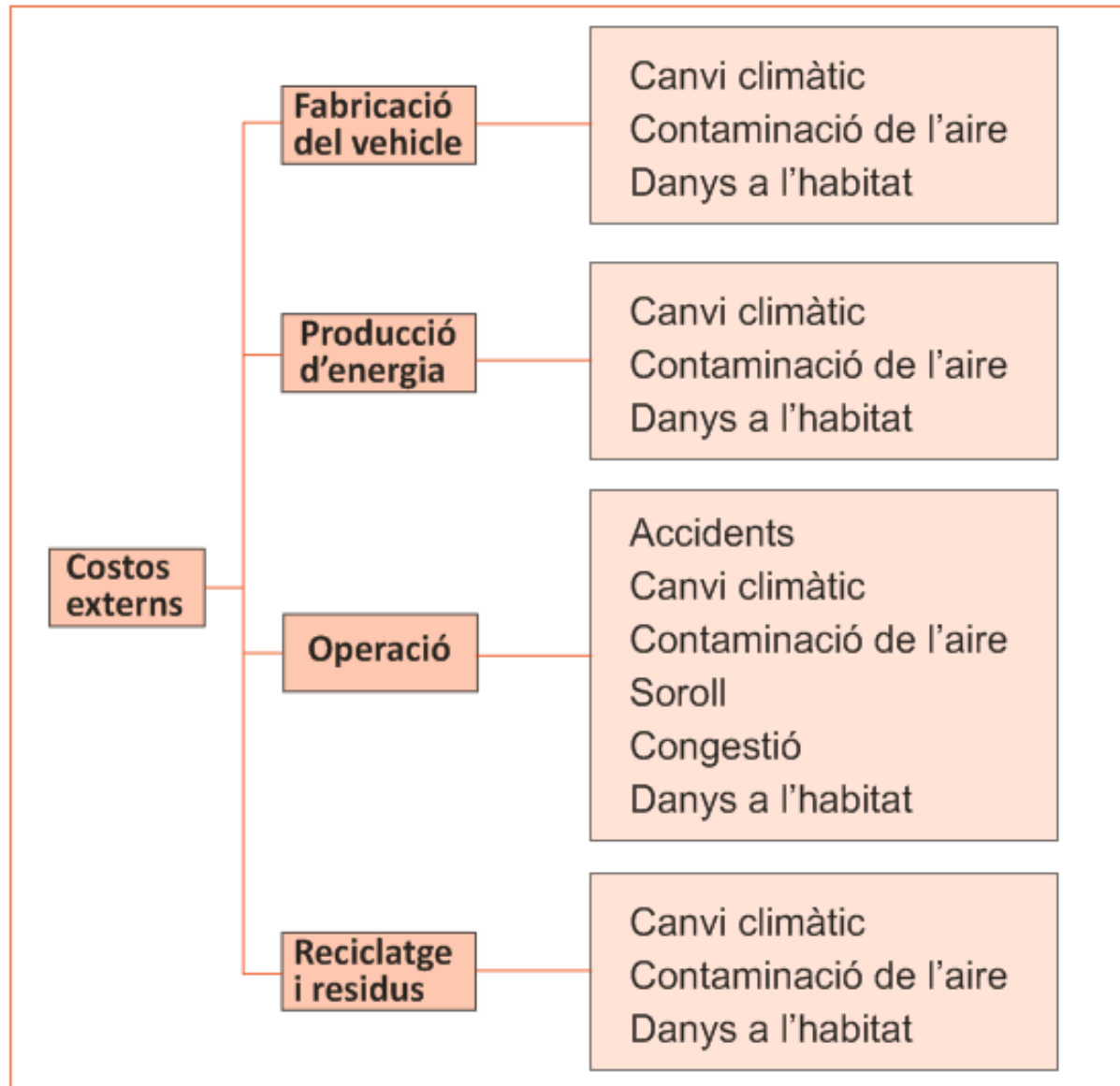
Memòria de recerca i innovació.

Elaboració de la metodologia d'avaluació del cicle de vida (LCA) per a l'avaluació ambiental comparativa de tecnologies de vehicles M2019-20, M2019 (2020). Vol. Direcció General de Transports i Mobilitat, 90 URL http://www.rdit.es/scipedia.com/s/Torre_2019ah

L'anàlisi del cicle de vida (ACV).



Els costos externs

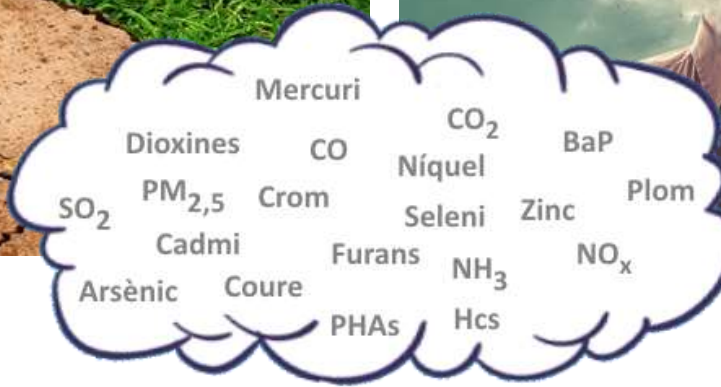


Impacte ambiental

Canvi climàtic



Salut



Categoria de l'impacte	Unitats	Escala geogràfica
Canvi climàtic	gCO2eq	Global
Esgotament Ozó	µgR11eq	Global
Acidificació	gSO2eq	Continental / regional / local
Eutrofització	gPO4	Continental / regional / local
Formació Foto-oxidants	gNMVOC	Continental / regional / local
Partícules materials	gPM2.5	Continental / regional / local

Fabricació del vehicle. Matèries primeres.

El comerç físic de matèries primeres en diferents etapes de producció construeix xarxes complexes i interconnectades.

Les matèries primeres circulen per diversos països experimentant transformacions fins el producte final.

L'impacte ambiental ha de tenir en compte el transport de materials i productes, sovint a llargues distàncies.

El rendiment mediambiental pot variar significativament entre llocs, a causa de les diferents tècniques i tecnologies de producció, la combustió de diferents combustibles, etc.



Fabricació del vehicle

Les terres rares

Produir una tona de terres rares genera "al voltant de 10.000 metres cúbics de gas residual contenint diòxid de sofre, àcid fluorhídric i sulfúric i pols concentrat; uns 75.000 litres d'aigua residual àcida i al voltant d'una tona de residus radioactius".

Un cotxe elèctric requereix , al menys, d'onze quilos de terres rares.

Espanya importa 550 tones a l'any de terres rares. Xina és el major productor de terres rares de el món, (100.000 tones) representant més del 90% de la producció mundial.

Llac tòxic a Bautou (Xina)



Mina de coltan al Congo



Fabricació del vehicle

El liti de les bateries

Diàriament s'extreuen més de 226 milions de litres d'aigua i salmorra del salar d'Atacama.

Per produir una tona de liti s'evaporen 2 milions de litres d'aigua des de les gorgues.

És rendible per a la indústria perquè significa un procés sense cost d'energia, però té el cost de la pèrdua d'aigua d'un sistema que no és renovable, més encara en una regió desèrtica».

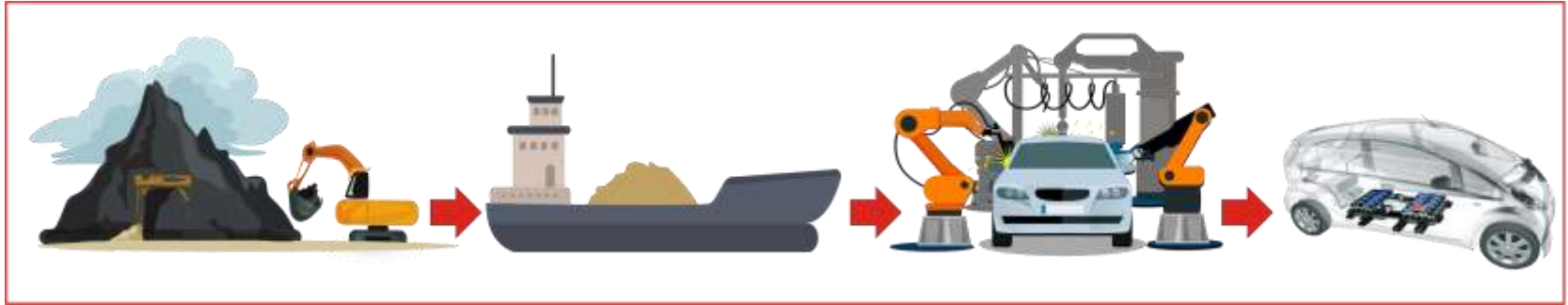
**Producció de liti a Atacama
(Xile)**



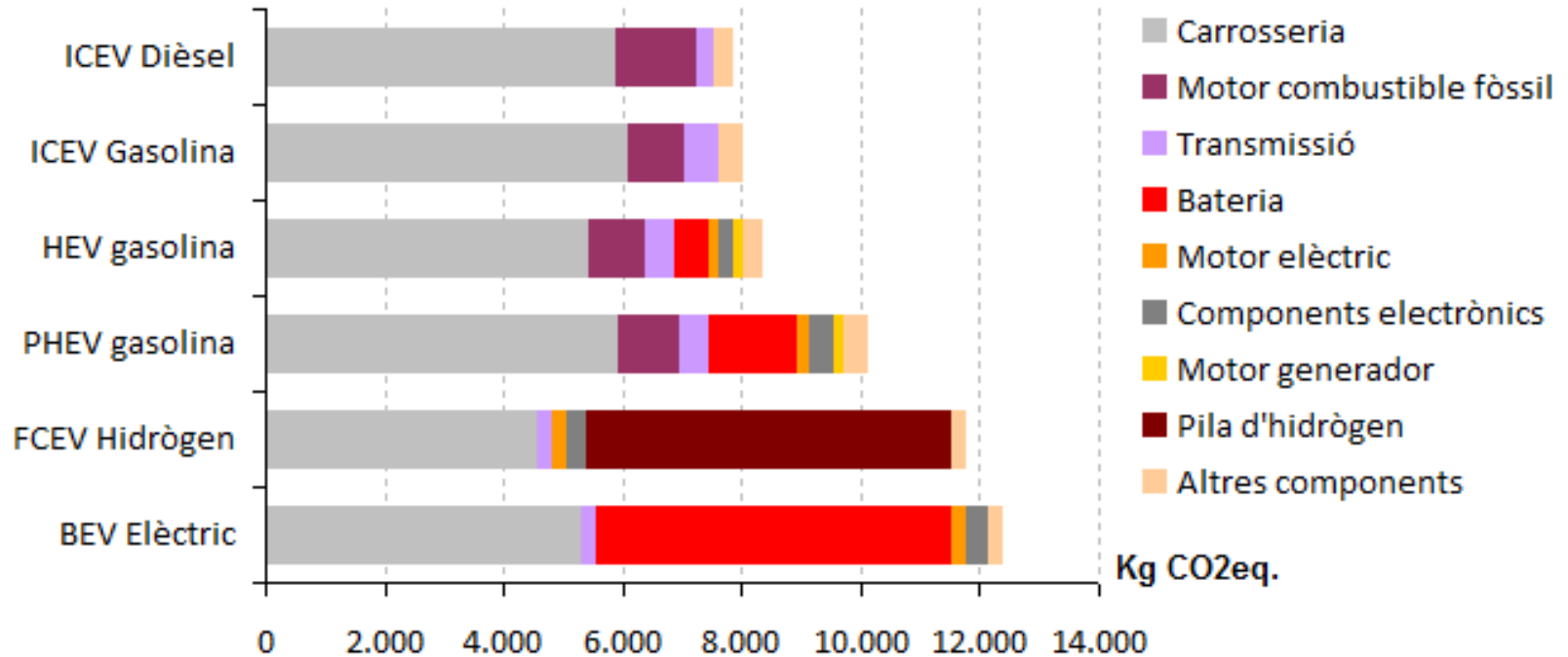
**Impacte ambiental de la
extracció del liti**



Fabricació del vehicle



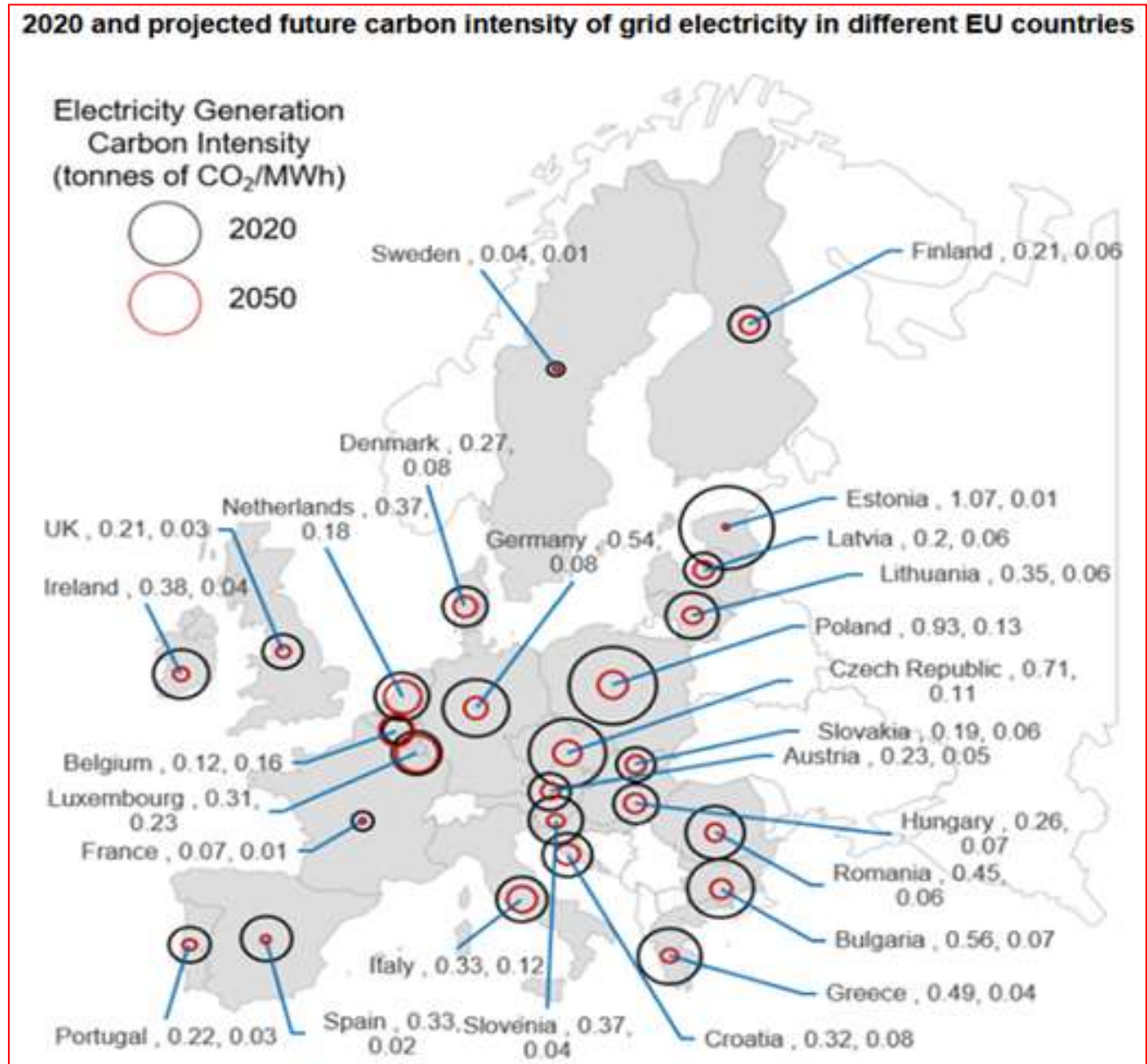
Emissions GWP en Kg CO₂eq./vehicle en la fabricació segons la motorització



Fabricació del vehicle

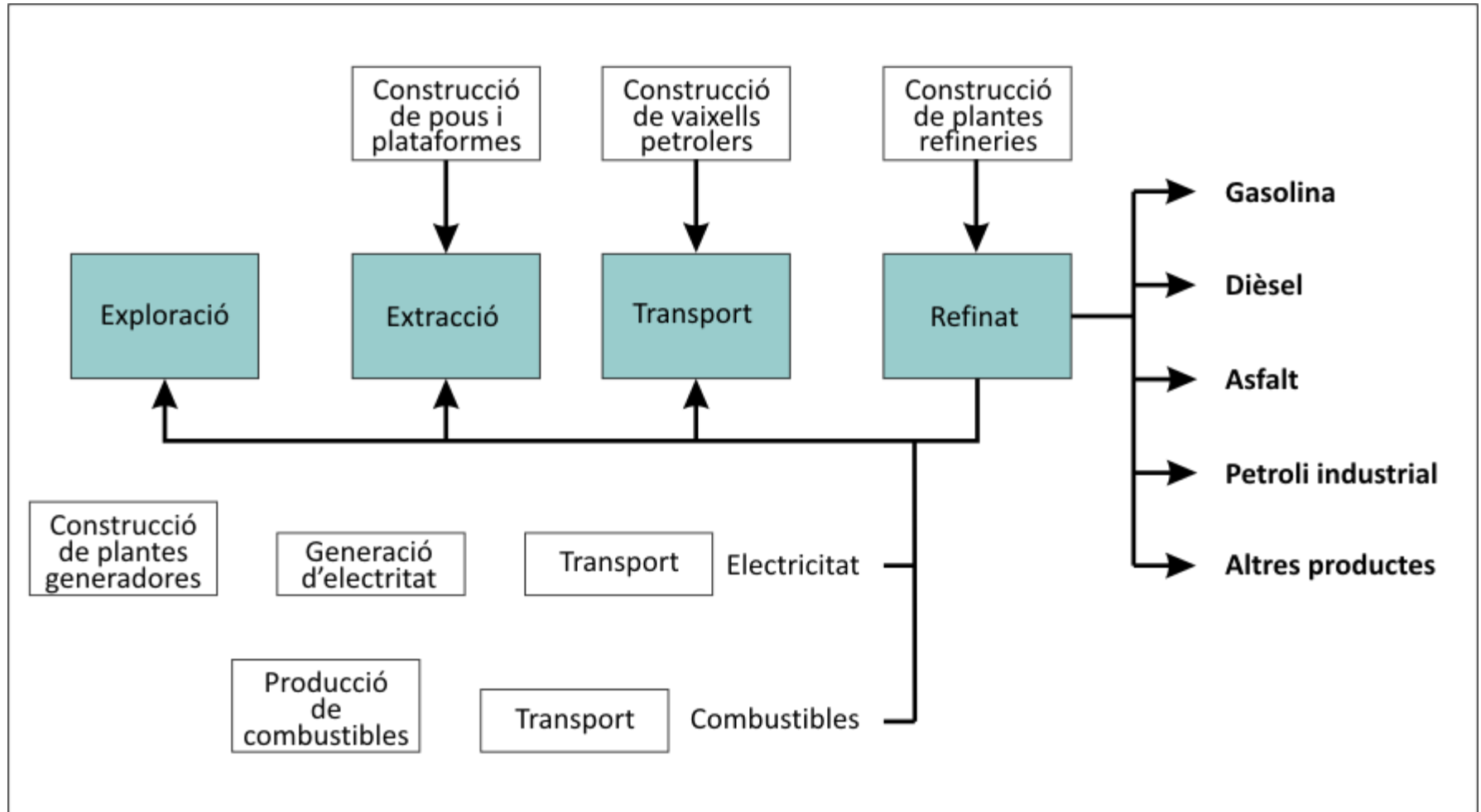
La font d'energia utilitzada en les etapes de fabricació de vehicles és un factor important per als impactes ambientals.

A la figura adjunta es pot veure el mix elèctric a l'any 2020 dels diferents països europeus.



Producció de combustibles fòssils

La indústria del petroli



Producció de combustibles fòssils

Exploració del petroli

Prospecció sísmica

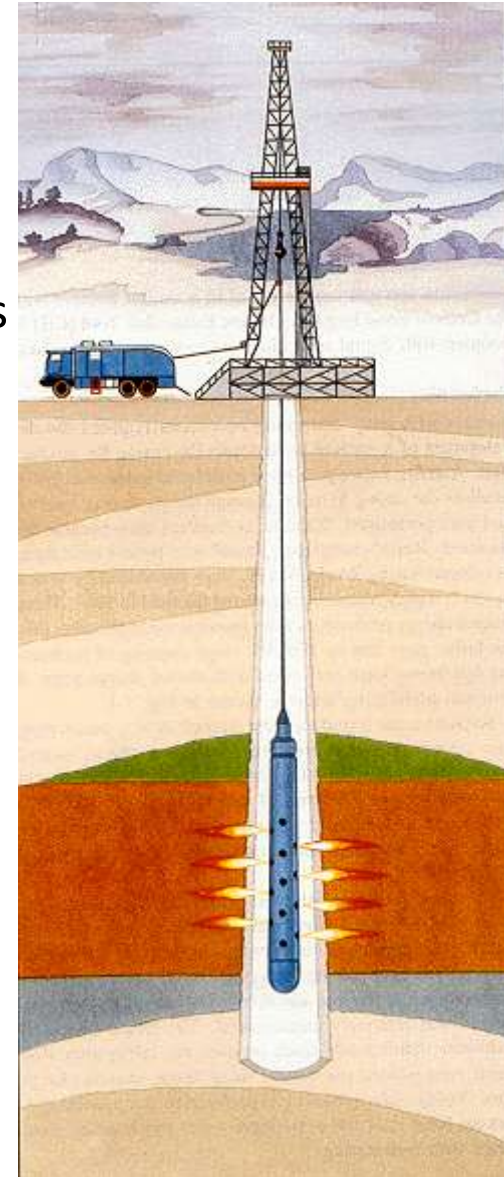
Consisteix a crear tremolors artificials amb l'ús d'explosius que causen ones amb què es fa una ecografia del subsòl. En estudis sísmics al mar s'utilitza trets dirigits cap avall, però amb un considerable efecte horitzontal.

Perforació

Es tritura la roca, a profunditats que poden arribar fins uns 6 quilòmetres, produint un tipus d'agents contaminants anomenats talls de perforació. També s'utilitzen una gran quantitat d'additius químics, per actuar com a lubricants i refrigerants de la broca i biocides per controlar la presència d'agents biològics.

Plataformes

S'utilitzen una sèrie de químics amb diferents graus de toxicitat, sent els més importants el llim i l'argila, però també altres additius per accelerar o retardar.



Producció de combustibles fòssils

Extracció del petroli

Ús del sòl

La perforació de pous, construcció de camins d'accés, instal·lacions de processament i canonades annexes pertorben grans extensions de terra.

Impactes en l'aigua

L'aigua que ha estat atrapada en la formació geològica surt a la superfície amb sòlids dissolts, metalls pesats, hidrocarburs i materials radioactius.

Quan s'utilitzen els mètodes de fracking, la quantitat total d'aigua de rebuig s'amplifica a causa de el gran volum d'aigua i de químics involucrats en el procés.

Emissions

Produïdes per la crema de gas, òxids de sofre, òxids de nitrogen, òxids de carboni, gas sulfhídric, metà, età, propà , butà, etc.,



Producció de combustibles fòssils

Transport del petroli

Oleoductes

El principal problema és la corrosió de la canonada que pot produir vessaments amb el consegüent impacte ambiental.

Les canonades de transport de petroli també poden patir explosions generades per les altes pressions o per terrorisme.



Vaixells-tanc i camions cisterna

Els vaixells petrolers porten màquines propulsores que generen emissions a l'atmosfera de diòxid de carboni, òxid de sofre i òxids de nitrogen. Tot i això, els principals impactes ambientals són els produïts per abocaments d'hidrocarburs al mar com a conseqüència d'accidents o d'operacions rutinàries.

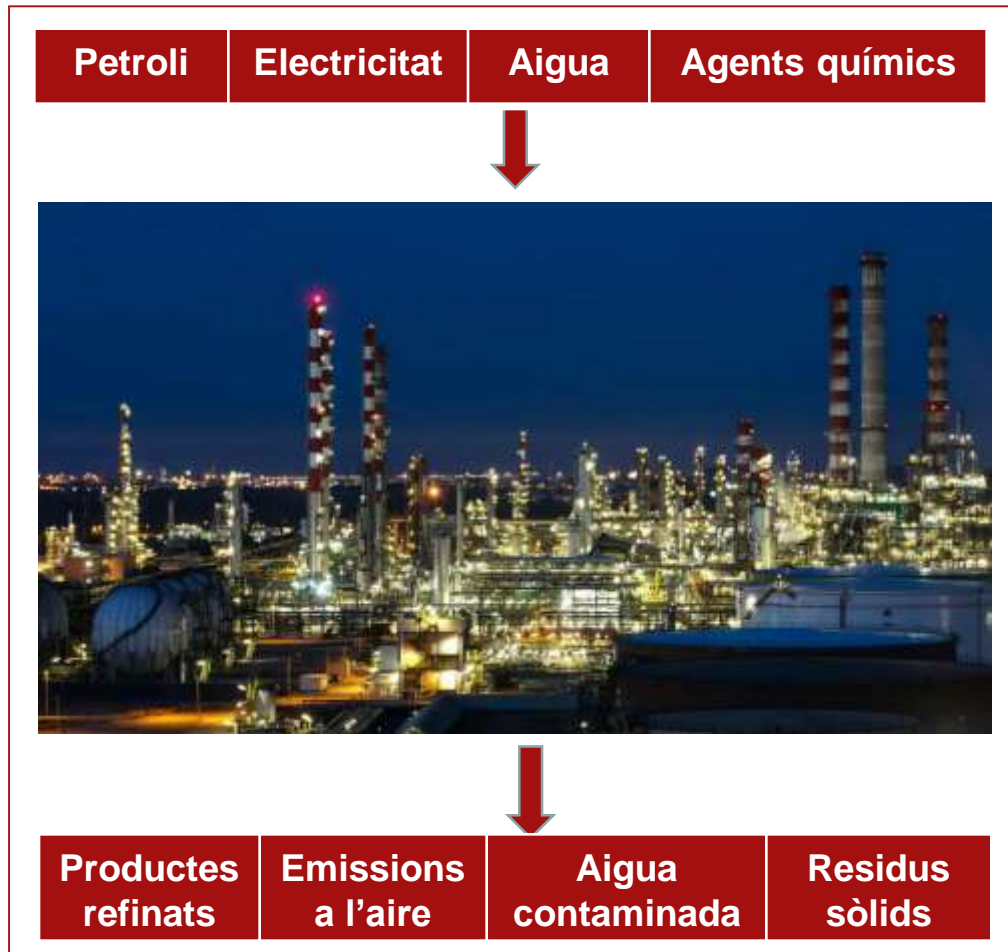


Els camions cisterna també generen impactes ambientals i perill per a la vida, a causa dels accidents de trànsit.



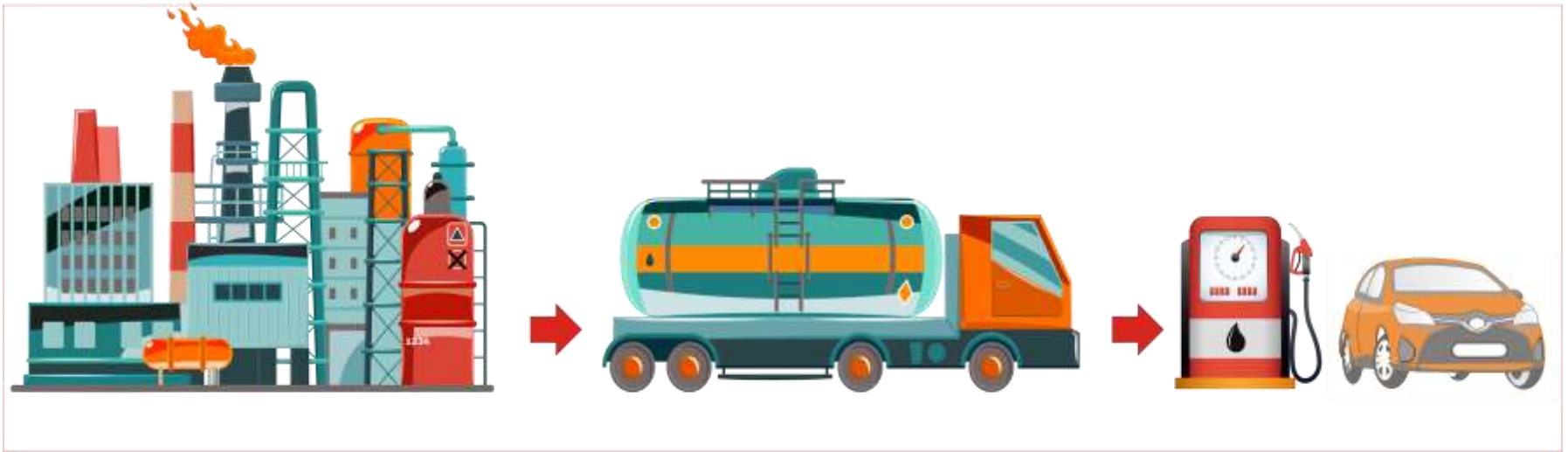
Producció de combustibles fòssils

Refinat del petroli



Categoria de l'impacte	Unitat	Impacte per 1.000kg de dièsel
Canvi climàtic	kg CO ₂ eq	440
Esgotament de la capa d'ozò	kg CFC11 eq	9,70E-04
Radiació ionitzant	kBq Co-60 eq	49,6
Formació d'ozò. Salut humana	kg NOx eq	1,96
Formació de partícules	kg PM2.5 eq	2,57
Formació d'ozò. Ecosistemes	kg NOx eq	2,12
Acidificació terrestre	kg SO ₂ eq	8,67
Eutrofització d'aigua dolça	kg P eq	5,04E-02
Ecotoxicitat terrstre	kg 1,4-DCB e	0,18
Ecotoxicitat d'aigua dolça	kg 1,4-DCB e	4,13
Ecotoxicitat marina	kg 1,4-DBC e	7,85
Toxicitat carcinogènica humana	kg 1,4-DBC e	8,92
Toxicitat no carcinogènica humana	kg 1,4-DBC e	5.020
Ús del sòl	m ² a crop eq	133
Esgotament de recursos minerals	kg Cu eq	0,89
Esgotament de recursos fòssils	kg oil eq	1.270
Consum d'aigua	m ³	6,67

Producció de combustibles fòssils



Producte	g CO2 equivalent per litre				
	Extracció	Transport	Refinatge	Distribució	TOTAL
Gas líquid de petroli	195	39	255	58	547
Gasolina	288	48	355	45	736
Gasoil.	312	57	184	45	598

Font: European Commission. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport.

Producció d'energia elèctrica

Sistemes convencionals

- Tèrmic de lignit: combustible fòssil
- Tèrmic de carbó: combustible fòssil
- Tèrmic de fuel-oil: principal derivat del petroli
- Tèrmic de gas natural: d'alt poder calorífic.
- Tèrmic nuclear: diversos derivats de l'urani natural.









Sistemes renovables

- Eòlic: transforma l'energia de vent en treball mecànic que, a l'aplicar-se a un alternador, genera electricitat.
- Hidràulic: transforma l'energia de l'aigua a treball mecànic que, al moure una turbina connectada a un alternador, genera electricitat.
- Solar fotovoltaic: transforma energia fotònica de la radiació solar en energia elèctrica.



Producció d'energia elèctrica

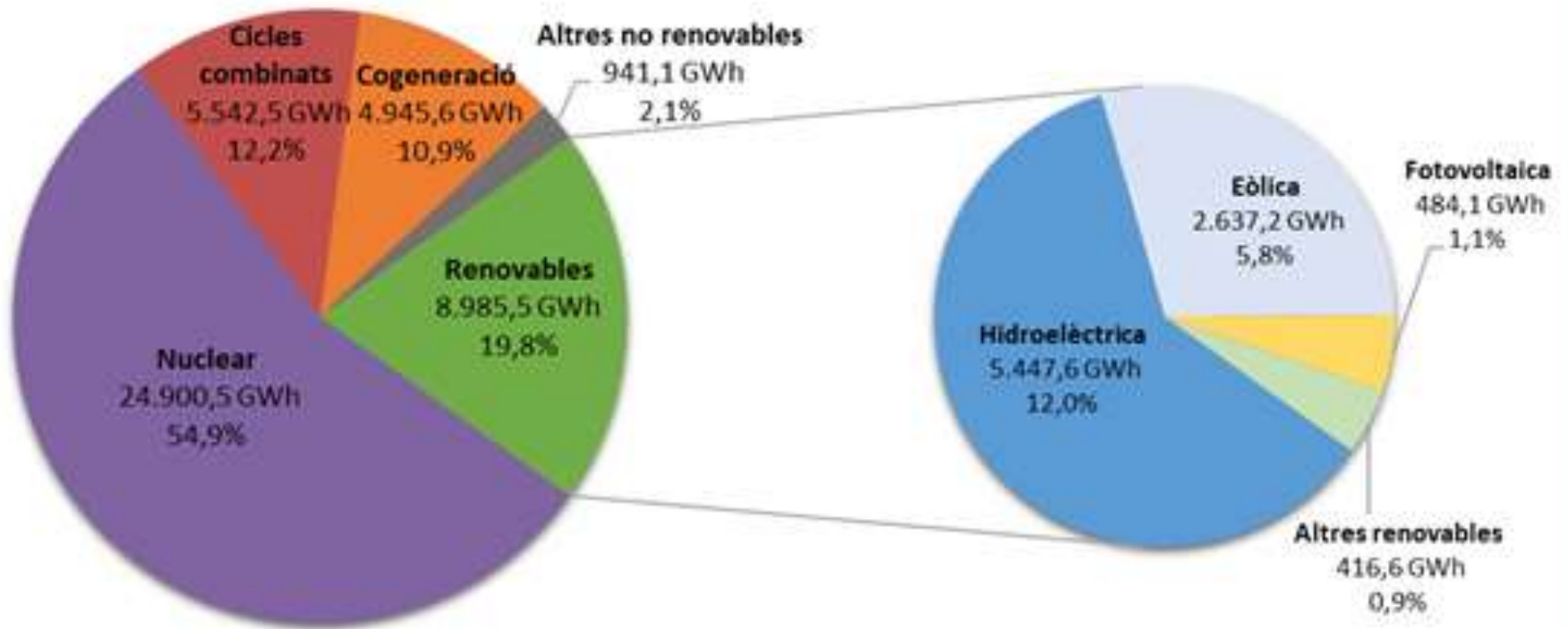
L'Anàlisi de Cicle de Vida de la generació elèctrica té per objectiu l'avaluació de les externalitats ambientals associades a la generació d'un quilowatt hora, mitjançant el que s'anomena ecopunts.

Sistemes energètics	Lignit	Carbó	Petrolí	Nuclear	Solar	Gas natural	Eòlic	Hidràulic
Impactes ambientals								
Escalfament global	135,00	109,00	97,00	2,05	15,40	95,80	2,85	0,41
Disminució capa d'ozó	0,32	1,95	53,10	4,12	3,66	0,86	1,61	0,05
Acidificació	920,00	295,00	261,00	3,33	97,00	30,50	3,49	0,46
Eutrofització	9,83	11,60	9,76	0,28	1,97	6,97	0,27	0,06
Metalls pesats	62,90	728,00	244,00	25,00	167,00	46,60	40,70	2,58
Substàncies cancerígenes	25,70	84,30	540,00	2,05	75,70	22,10	9,99	0,76
Boira d'hivern	519,00	124,00	135,00	1,50	53,30	3,08	1,48	0,15
Boira fotoquímica	0,49	3,05	36,90	0,32	3,03	3,47	1,25	0,06
Radiacions ionitzants	0,02	0,05	0,02	2,19	0,12	0,00	0,01	0,00
Residus sòlids	50,90	12,90	0,62	0,28	1,84	0,58	0,29	0,52
Residus radioactius	5,28	10,60	7,11	565,00	34,90	1,34	1,83	0,32
Esgotament de recursos	5,71	5,47	13,60	65,70	7,06	55,80	0,91	0,07
TOTAL	1.735,15	1.385,92	1.398,11	671,82	460,98	267,10	64,68	5,44

Ecopunts d'impacte mediambiental per GWh d'electricitat produït. Font: IDAE 2018.

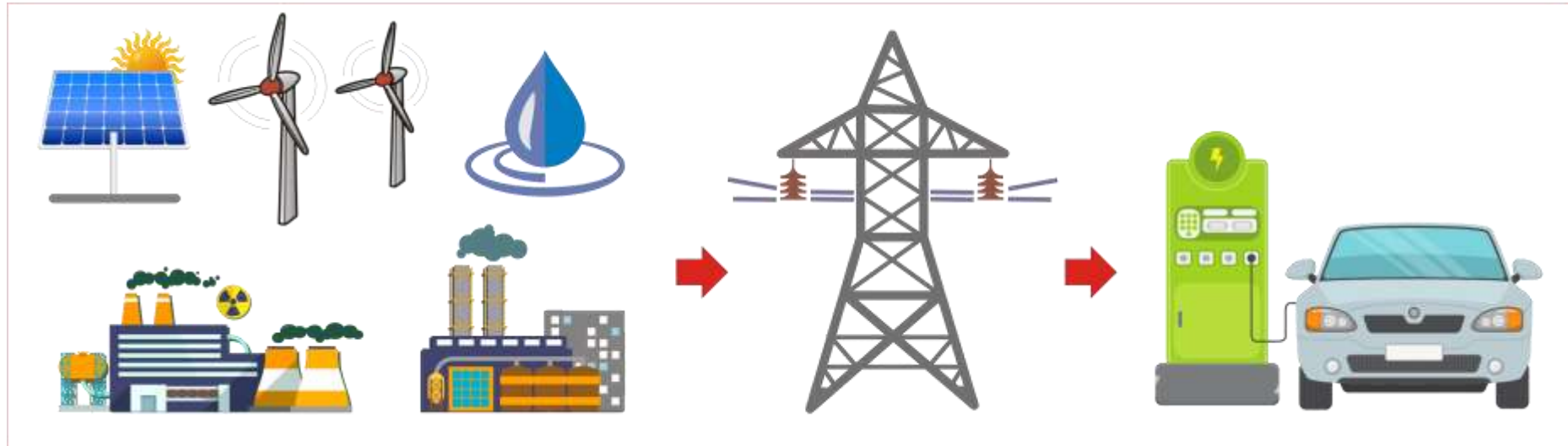
Producció d'energia elèctrica

Producció bruta d'energia elèctrica per formes d'energia a Catalunya
(any 2020)



Estructura de la producció bruta d'electricitat a Catalunya l'any 2020. Font: ICAEN

Producció d'energia elèctrica



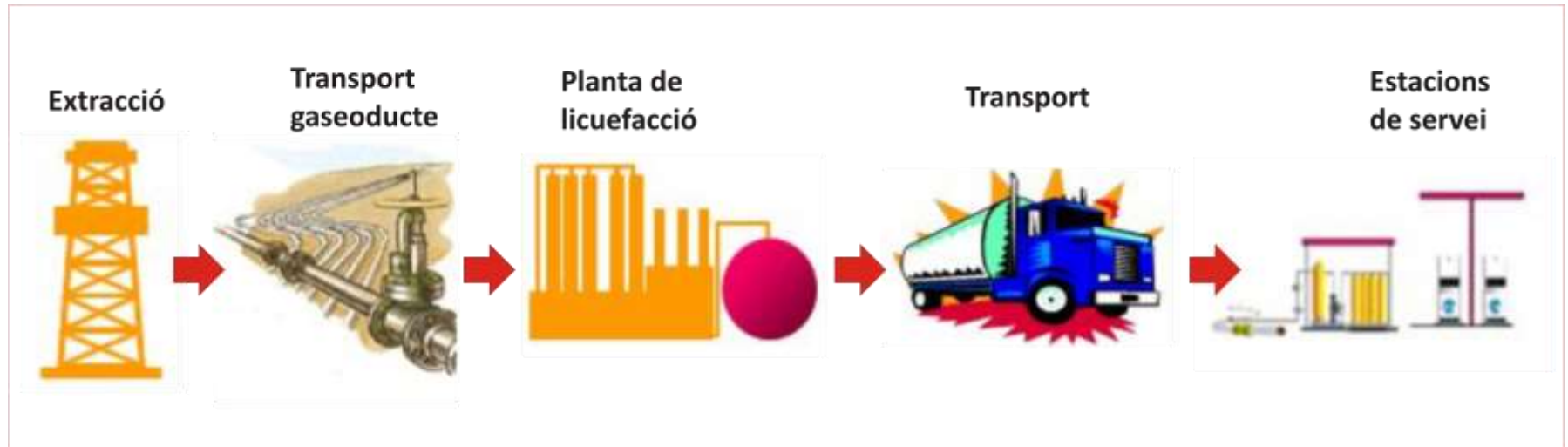
Any	Carbó	Cicles combinats	Cogeneració	Altres no renovables	Nuclear	Hidràulica	Eòlica	Solar	Altres renovables
2010	1,1%	18,1%	11,4%	2,8%	51,2%	10,9%	3,3%	0,6%	0,7%
2020	0,0%	12,2%	10,9%	2,1%	54,9%	12,0%	5,8%	1,2%	0,8%

Producció d'energia elèctrica. Font: ICAEN 2020

Any	Carbó	Cicles combinats	Cogeneració	Altres no renovables	Nuclear	Hidràulica	Eòlica	Solar	Altres renovables
2010	5,7%	57,6%	25,2%	6,8%	3,8%	0,3%	0,2%	0,1%	0,4%
2020	0,0%	53,1%	32,8%	6,9%	5,5%	0,4%	0,4%	0,3%	0,5%

Emissions de CO2 associades a les fonts d'energia elèctrica. Font: ICAEN 2020

Producció de gas natural comprimit (GNC)



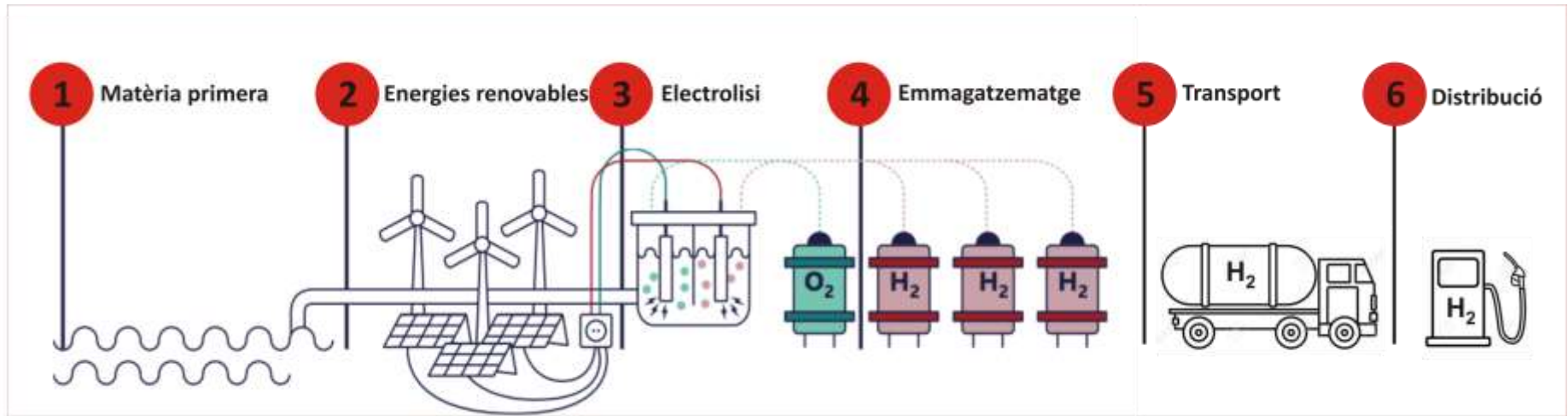
Gas natural comprimit (GNC)

g CO2 equivalent per litre

Extracció	Processament	Compressió	Transport	Distribució	Repostatge	TOTAL
45,2	24,7	23,9	25,6	17,1	29	165,5

Font: European Commission. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport.

Producció d'hidrogen.



Procés	Hidrogen				
	g CO2 equivalent per litre				
	Extracció	Processament	Compressió	Distribució	TOTAL
Gasificació petroli	84,7	108,7	29,8	12,3	235,5
Gasificació gas natural	54,4	39,8	15,7	12,3	122,2
Electròlisi renovables	0	0	0	12,3	12,3
Electròlisi mix elèctric	0	178,5	22,7	12,3	213,5

Font: European Commission. Joint Research Centre. Institute for Energy and Transport.

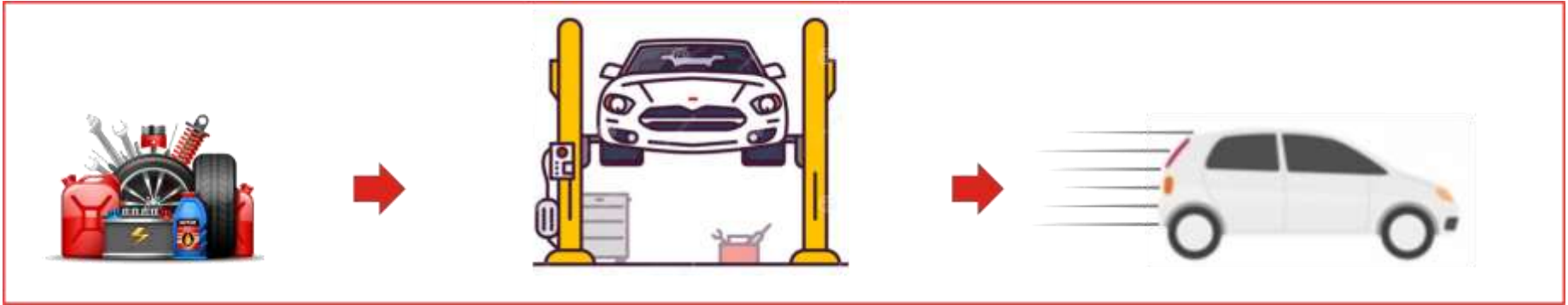
Ús del vehicle



Producte	grams per litre					
	CO	HC	Nox	SO2	PM	CO2 eq.
Gas líquat de petroli	65,81	0,3	12,77	0,45	79,33	1.630
Gasolina	79,1	0,48	9,33	0,19	89,1	2.244
Gasoil.	12,31	0,22	11,78	0,54	24,85	1.452
Gas natural comprimit	16,2	0,98	0,78	0,12	18,08	289

Font: Guia de càlcul d'emissions de contaminants a l'atmosfera. DG Qualitat Ambiental. Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH). Generalitat de Catalunya

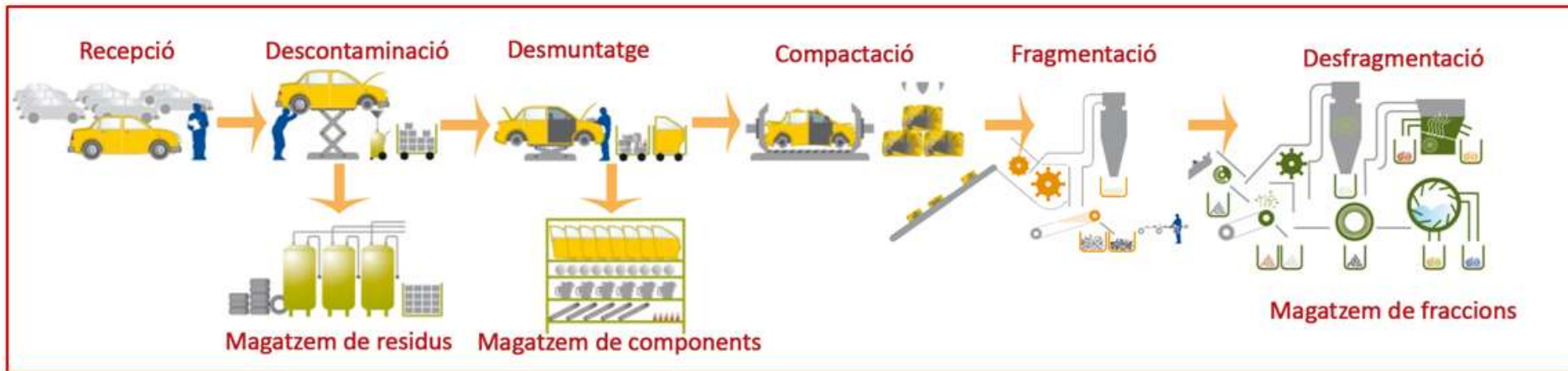
Manteniment del vehicle



Emissions atmosfèriques: Es deuen principalment:

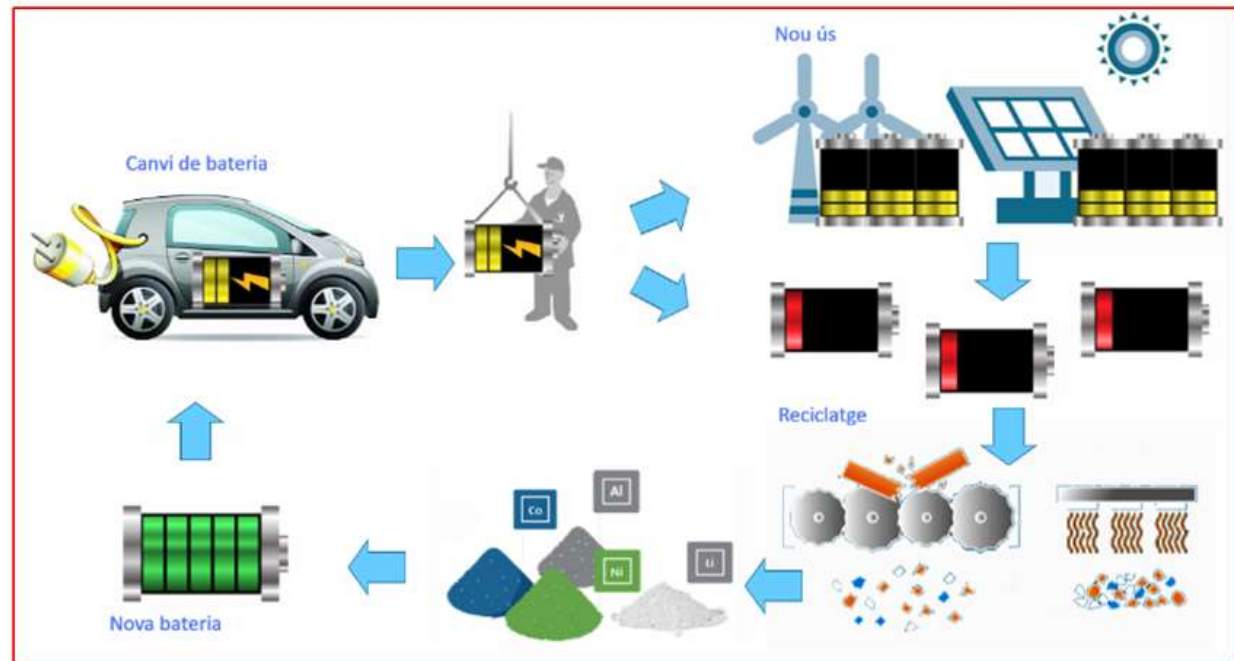
- Crema de carburant en els motors d'explosió.
- Producció d'energia per al funcionament de la maquinària de taller.
- Components volàtils provinents de l'aplicació de pintures.
- Gasos de combustió de les calderes de calefacció, cabines de pintat i motors.

Desballestament i reciclatge

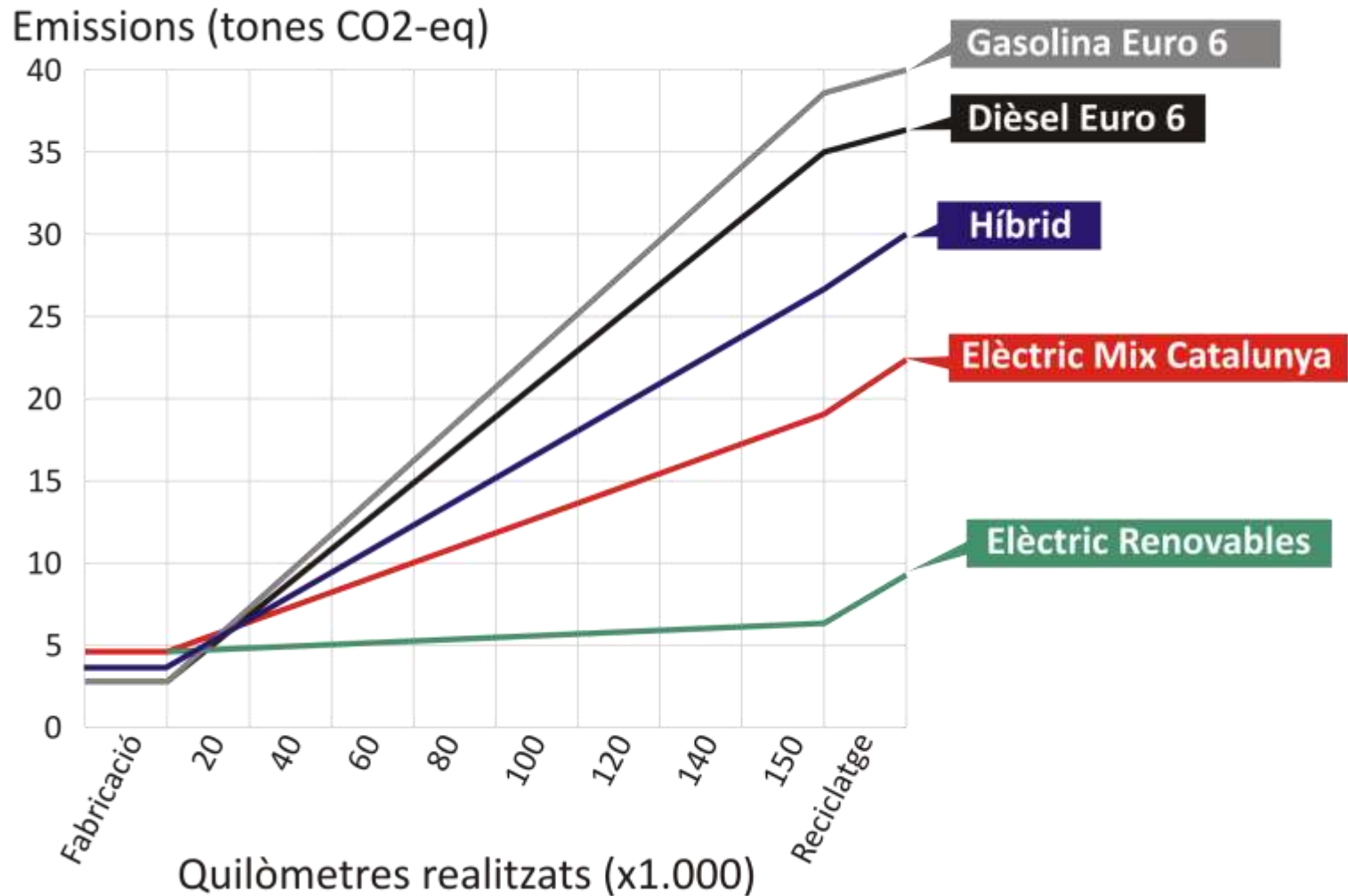


Als centres homologats, actualment es recicla prop d'un 78,5% de total del pes de el vehicle.

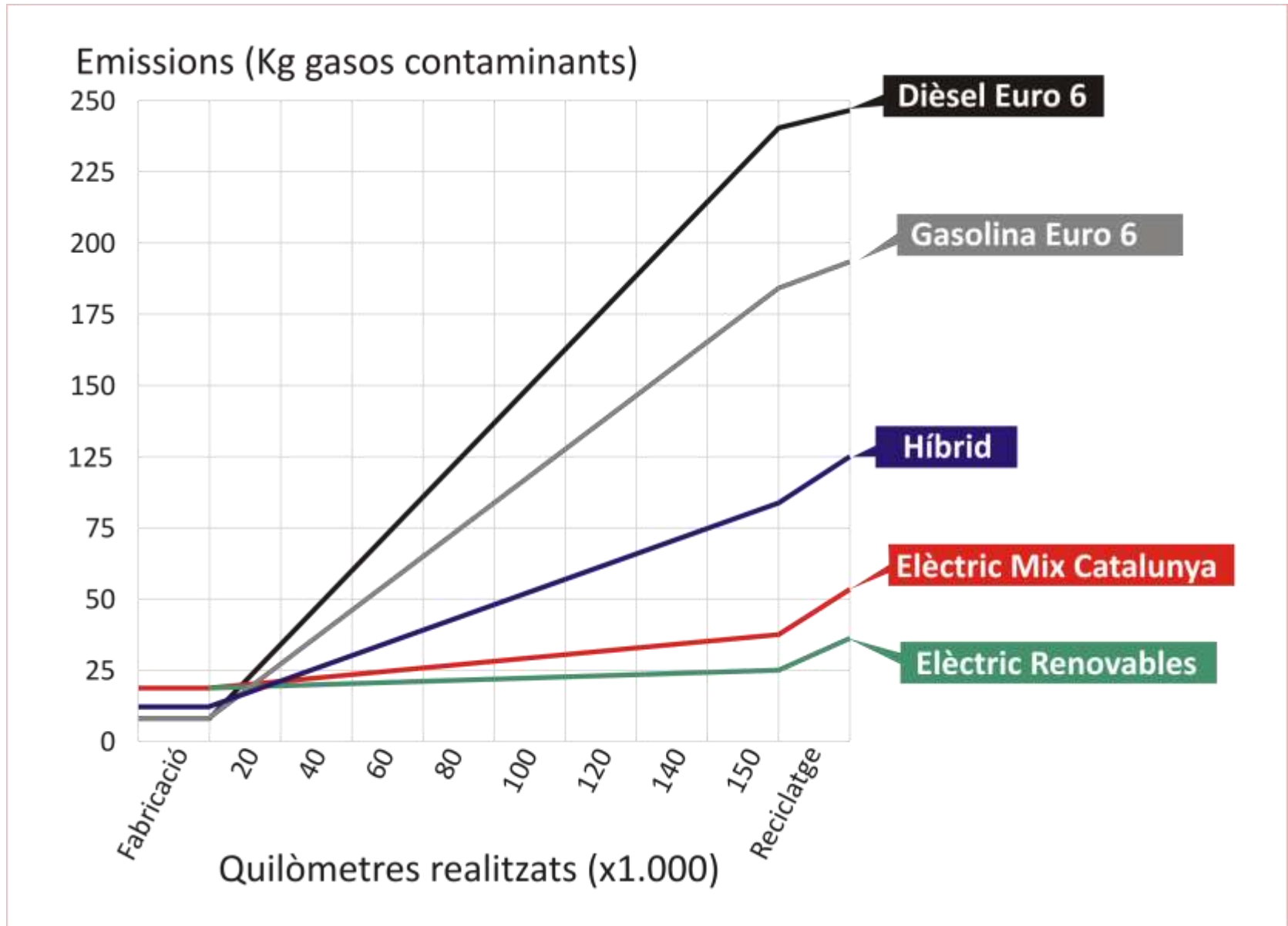
Un bon sistema pot arribar a reciclar el 80% dels components d'una bateria.



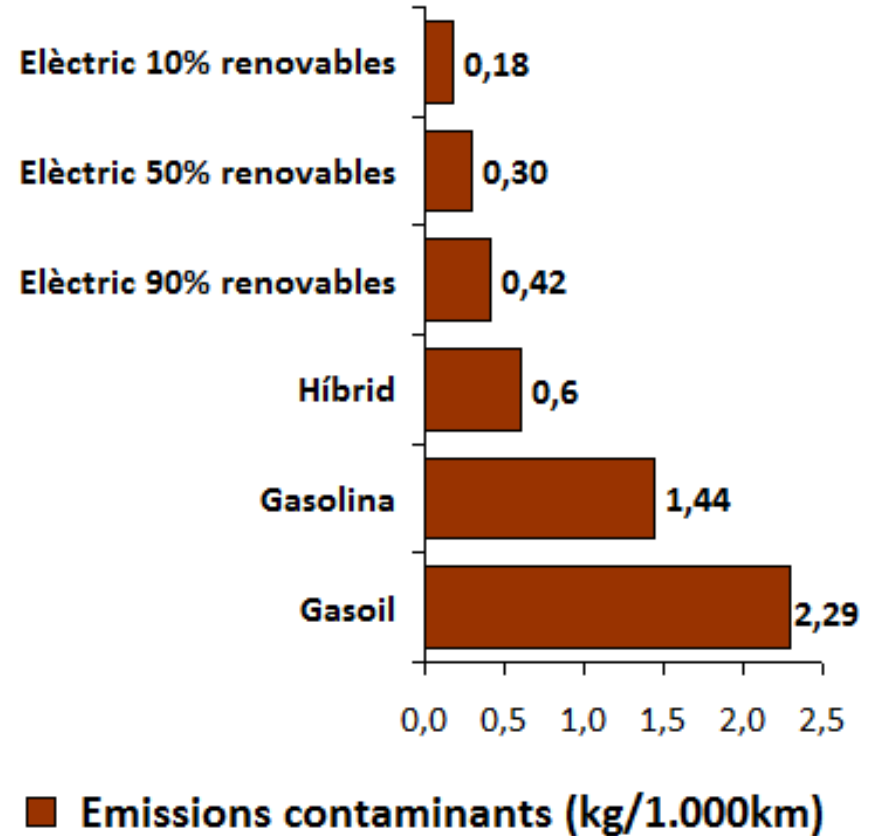
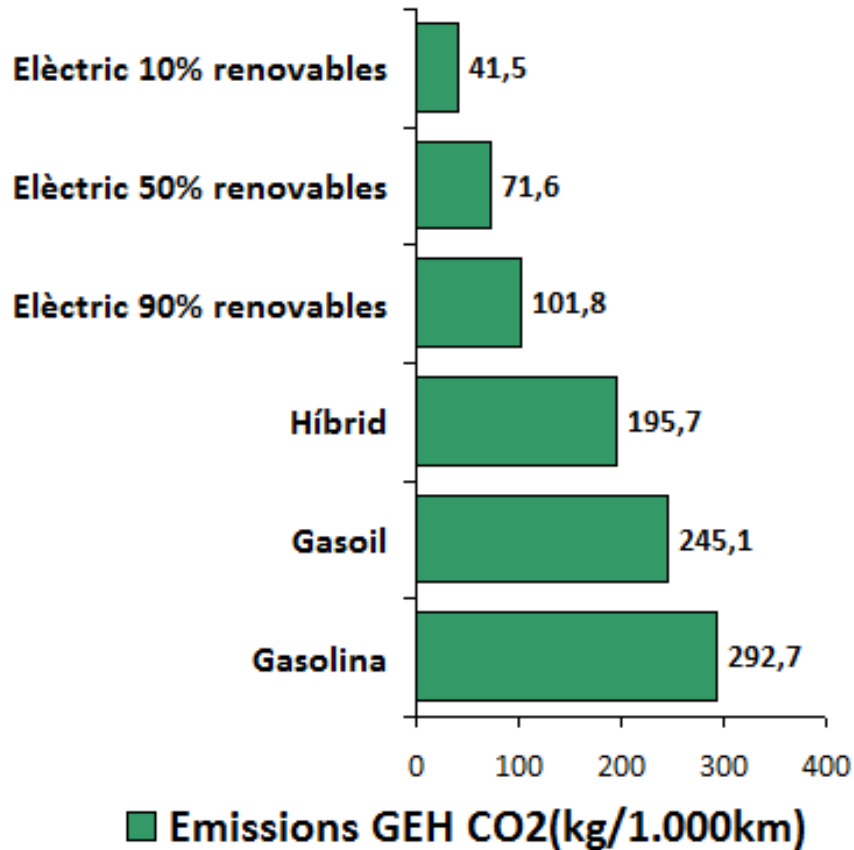
Contribució al canvi climàtic durant el cicle de vida



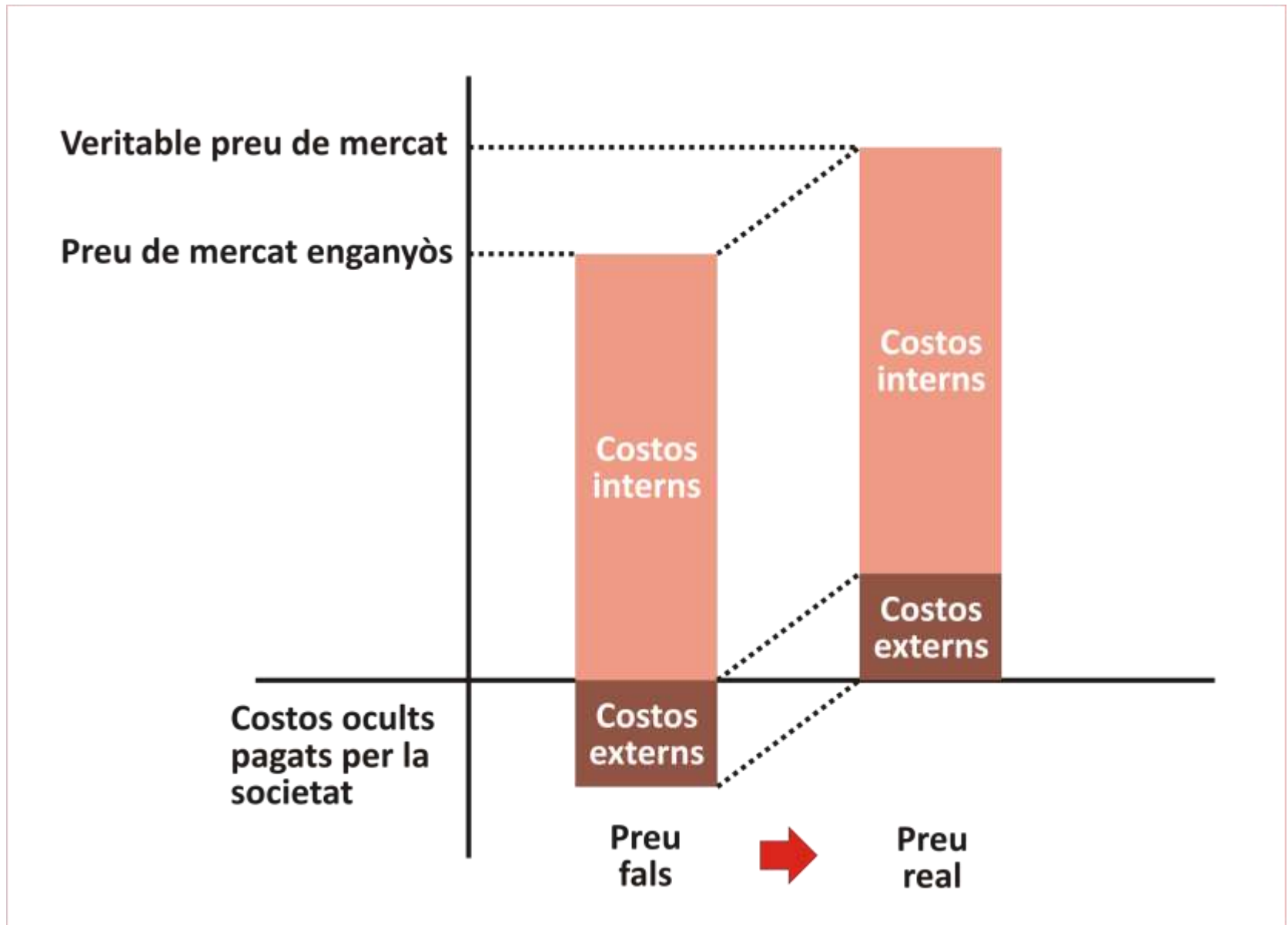
Emissions de contaminants durant el cicle de vida



Comparativa d'emissions durant el cycle de vida

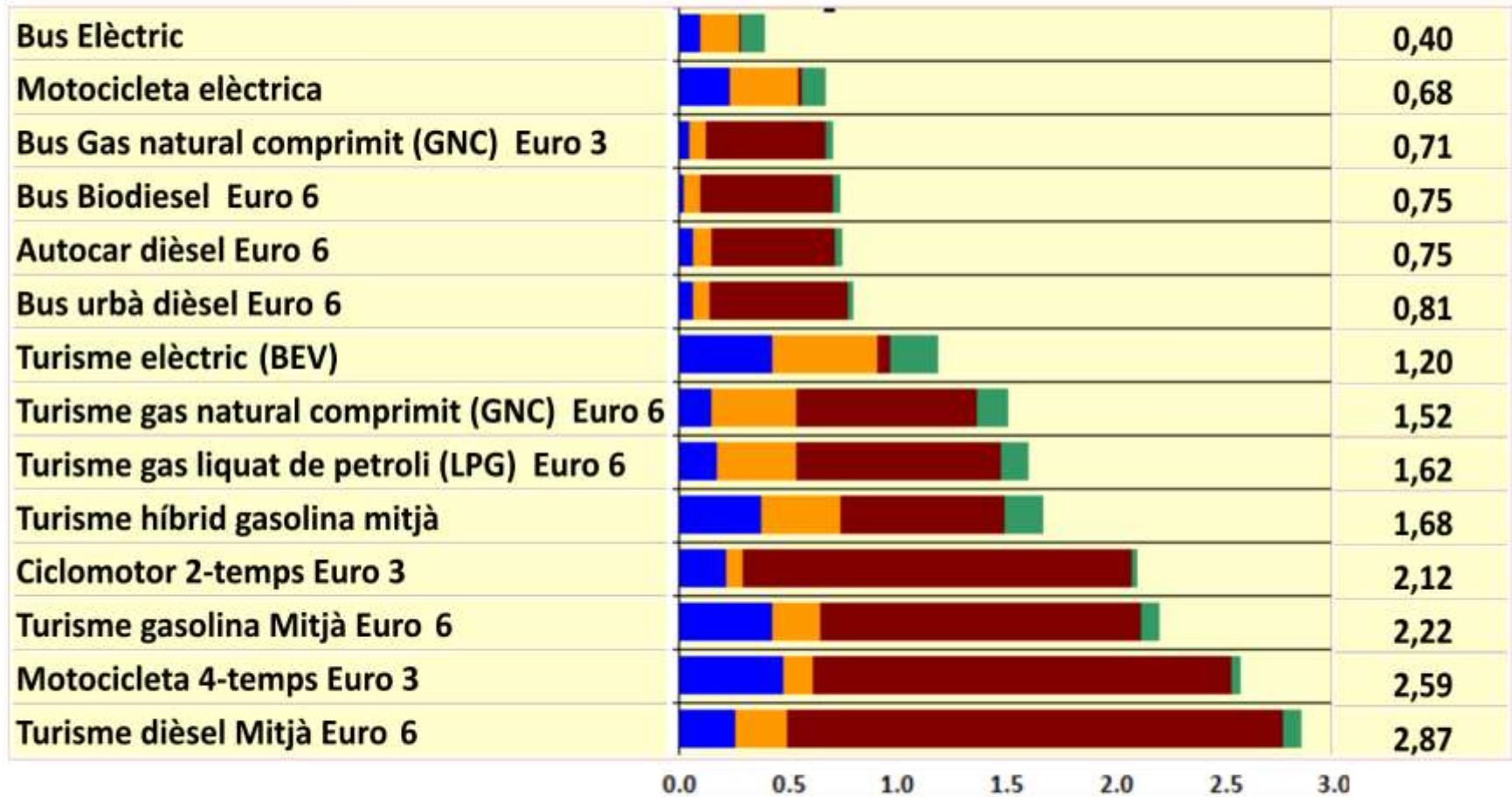


El concepte de costos externs del transport



Costos externs unitaris per tipus de vehicle (LCA)

Costos externs unitaris en c€ per passatger-km del canvi climàtic i les emissions nocives per a la salut per tipus de vehicle.



■ Producció d'energia ■ Fabricació del vehicle ■ Ús del vehicle ■ Desballestament i reciclatge

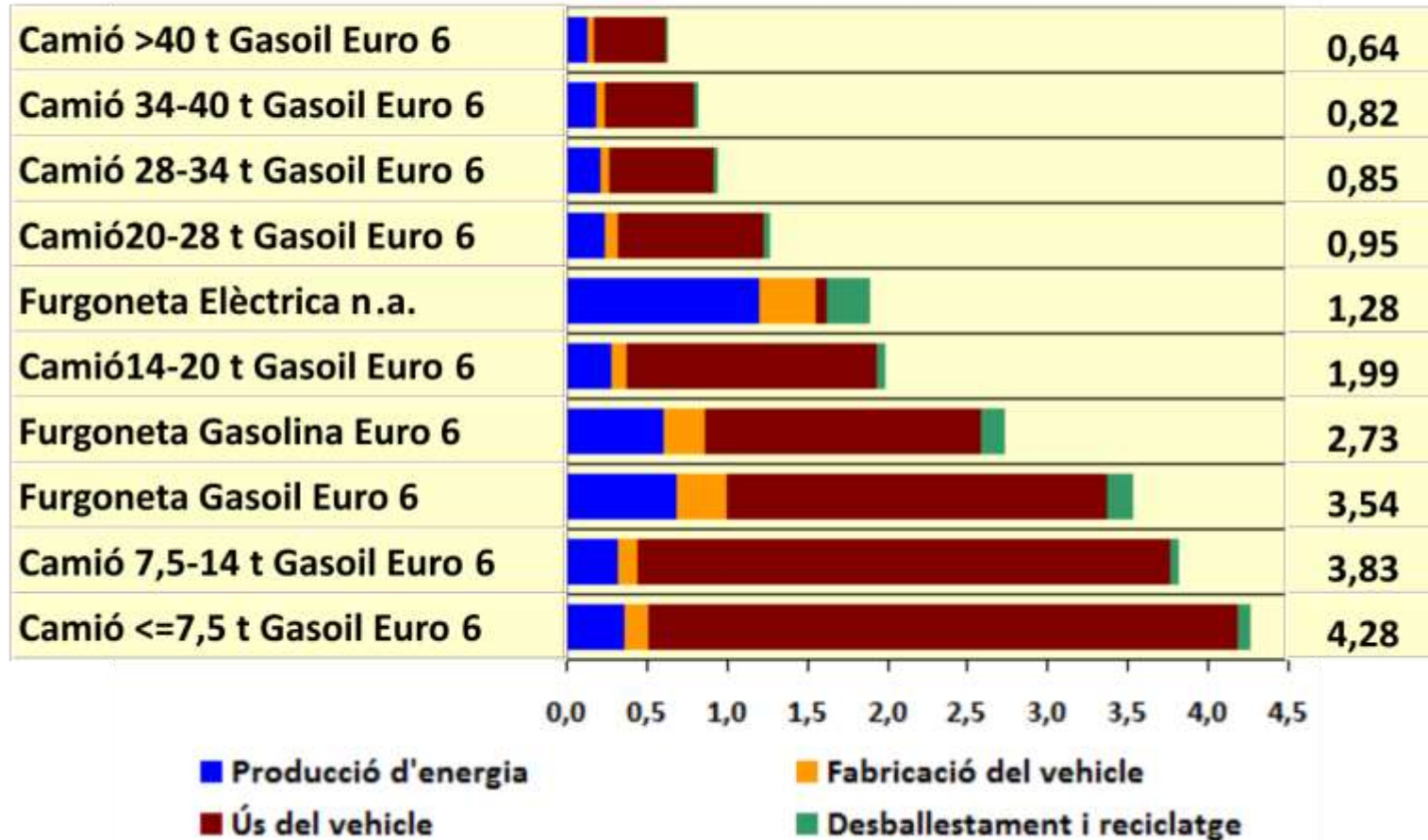
Exemple de càlcul (LCA)

Costos ambientals mitjançant Anàlisi de Cicle de Vida per 150.000 km.

Vehicle	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	Desballestament i reciclatge	TOTAL
Volkswagen Golf 1,5 TSI Potència 110kW (150CV) Consum 5.1 l/100km (WLTP) Emissions CO2: 127.0 g/km (WLTP)	681,1	630,3	2.939,2	214,7	-243,5	4.221,8 €
Volkswagen Golf 2.0 TDI Potència 110kW (150CV) Consum 4.4 l/100km (WLTP) Emissions CO2: 116.0 g/km (WLTP)	612,2	558,4	3.757,2	218,3	-224,1	4.922,0 €
Volkswagen Golf eHybrid 1.4 TSI Potència 150kW (204CV) Consumo -/-/1.8 l/100km (WLTP) Emissions CO2: 28.0 g/km (WLTP)	755,9	709,9	1.580,4	234,5	-218,2	3.062,5 €
VOLKSWAGEN ID.3 BEV 48KWH Potència 110kW (150CV) Consumo 15,5-15 kWh/100km (WLTP) Emissions CO2: 0.0 g/km (WLTP)	882,3	1.350,5	89,3	54,2	-241,2	2.135,1 €

Costos externs unitaris per tipus de vehicle (LCA)

Costos externs unitaris en c€ per tona-km del canvi climàtic i les emissions nocives per a la salut per tipus de vehicle.



Exemple de càlcul (LCA)

Costos ambientals mitjançant Anàlisi de Cicle de Vida per 150.000 km.

Vehicle	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Mante-niment	Desballestament i reciclatge	TOTAL
Opel Vivaro 2.0 gasolina Potència 70KW (90CV) Consum 7,9 l/100km (WLTP) Emisssions CO2: 214 g/km (WLTP)	765,2	719,7	3.298,3	250,8	-235,7	4.798,3 €
Opel Vivaro 1.5 Diesel Potència 88 kW (120 CV) Consumo 4.9 l/100km (WLTP) Emisiones CO2: 128.0 g/km (WLTP)	734,5	653,4	3.973,8	278,3	-212,4	5.427,6 €
Vivaro-e Standard BEV 230 Potència 100kw (136 CV) Consumo 15,5-15 kWh/100km (WLTP) Emisiones CO2: 0.0 g/km (WLTP)	957,4	1.412,5	94,2	75,3	-295,4	2.244,0 €

Els costos del transport per carretera a Catalunya

Costos externs del transport per carretera a Catalunya (M€)

Any 2019

Contaminació atmosfèrica	1.627
Canvi climàtic	1.246
Congestió	2.830
Accidents	1.961
Soroll	611
Infraestructura	738
Danys a l'habitat	538
Total	9.550

Costos interns del transport per carretera a Catalunya (M€)*

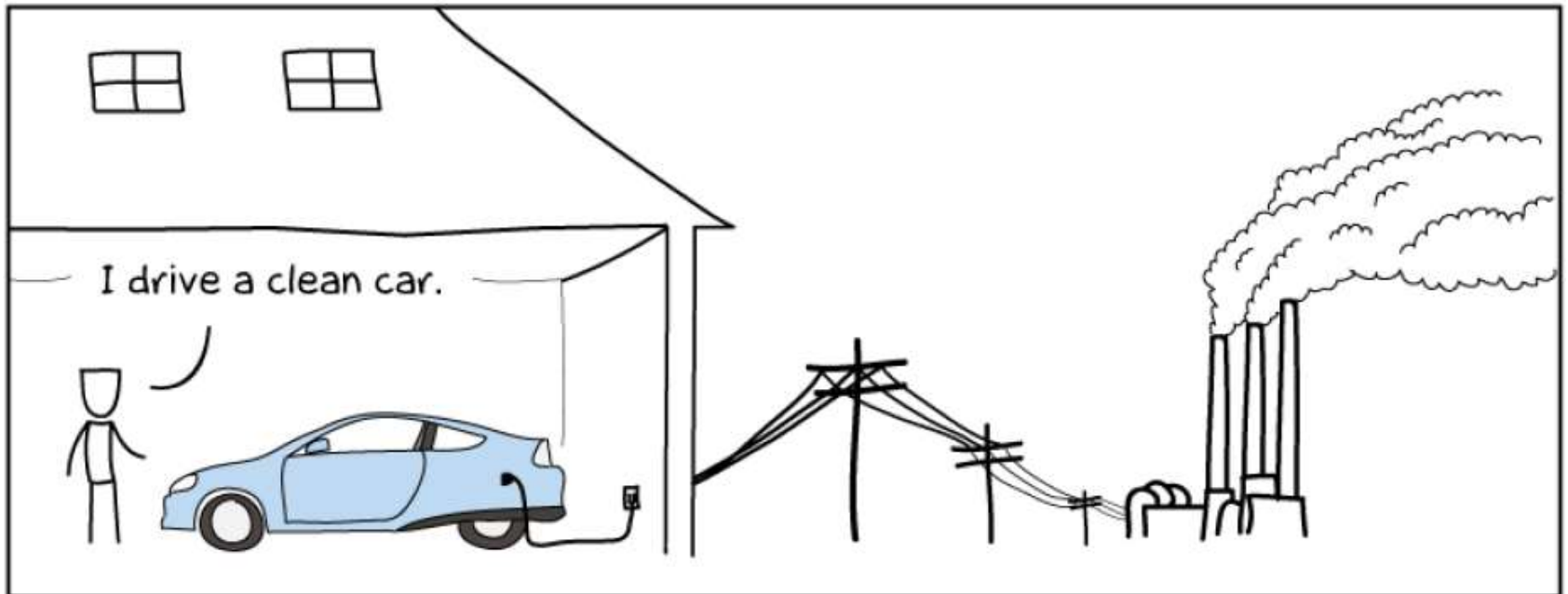
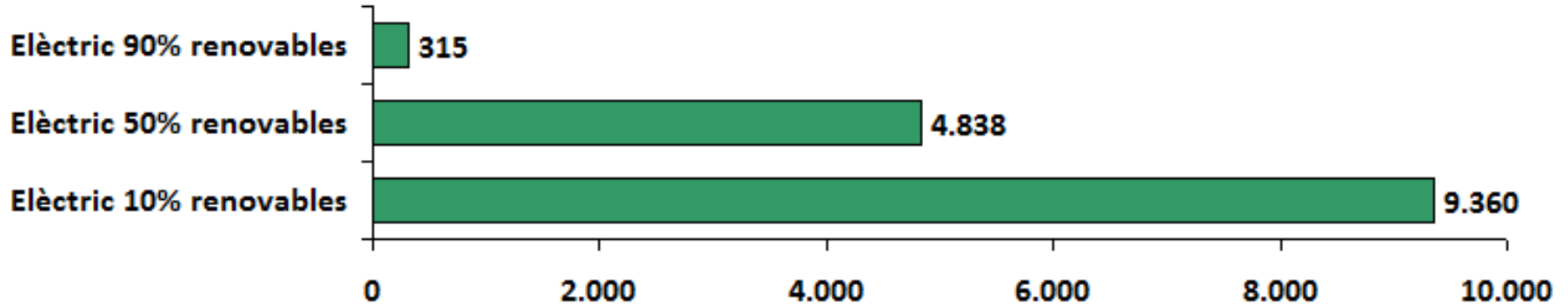
Any 2019

Amortització i despeses financeres	5.525
Assegurances	1.857
Impostos i taxes	471
Combustible	6.958
Manteniment i reparacions	2.577
Peatges	1.925
Aparcament	3.215
Total	22.528

* Exclòs el cost de personal i administració

El mix d'energia elèctrica

Emissions GEH derivades de l'energia durant el cicle de vida del vehicle en Kg de CO₂



El mix d'energia elèctrica del país condiona l'efectivitat ambiental del vehicle elèctric.