



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

Any 2021



Generalitat de Catalunya
Departament de la Vicepresidència
i de Polítiques Digitals i Territori
**Direcció General
de Transports i Mobilitat**

Direcció facultativa

Mercè Rius

Direcció Tècnica

Benjamín Cubillo

Antoni Bedoya

Índex

1. Introducció.	1
2. L'avaluació del cicle de vida.	2
3. El concepte dels costos externs del transport.	3
4. Els impactes ambientals.	6
4.1. Canvi climàtic.	6
4.2. Esgotament de l'ozó estratosfèric.	7
4.3. Acidificació.	7
4.4. Eutrofització.	8
4.5. Formació oxidants foto-químics.	9
4.6. Partícules materials en suspensió.	9
5. La fabricació del vehicle i dels seus components.	11
5.1. Matèries primeres.	11
5.2. Fabricació, reciclatge i desballestament.	13
6. La producció d'energia.	16
6.1. El cicle del petroli.	16
6.2. L'energia elèctrica.	19
6.3. El gas natural.	22
6.4. L'hidrogen.	23
7. L'ús del vehicle.	26
7.1. La qualitat de l'aire.	26
7.2. El canvi climàtic.	28
8. El manteniment del vehicle.	30
9. El reciclatge i desballestament del vehicle.	32
10. Emissions totals durant el cicle de vida del vehicle.	34
11. Els costos marginals de les emissions.	36
11.1. Els costos de la contaminació atmosfèrica.	37
11.2. Els costos del canvi climàtic.	41
12. Els altres costos externs del transport.	45
12.1. Els costos la congestió.	45
12.2. Els costos dels accidents.	47
12.3. Els costos del soroll.	48
12.4. Els costos marginals de la infraestructura viària.	49
12.5. Els costos per danys a l'habitat.	51
12.6. Els costos de la contaminació del sòl i l'aigua.	52
12.7. El cost dels riscos nuclears.	52

13. Els costos externs del transport per carretera a Catalunya.	53
13.1. Els costos de la contaminació atmosfèrica.	53
13.2. Els costos del canvi climàtic.	53
13.3. Els costos de congestió.	55
13.4. Els costos dels accidents.	56
13.5. Els costos del soroll.	57
13.6. Els costos externs de les infraestructures.	58
13.7. Els costos externs dels danys a l'hàbitat.	58
13.8. Els costos externs totals.	59
Referències Bibliogràfiques.	60
Annex I. Costos marginals de la contaminació atmosfèrica.	61
Annex II. Costos marginals del canvi climàtic.	65
Annex III. Costos marginals en contaminació atmosfèrica i canvi climàtic.	69
Annex IV. Exemples d'aplicació.	73
Annex V. Comparativa amb altres modes de transport.	74

1. Introducció.

Catalunya, igual que el conjunt de països europeus, s'enfronta a la necessitat d'implantar polítiques que fomentin un desenvolupament sostenible tant en termes econòmics, com socials i mediambientals.

Conscients d'aquesta necessitat, ja en 2001 des de la Comissió Europea es va elaborar el primer Llibre Blanc que va suposar una veritable inflexió pel que fa a la Política Comú de transports.

En línia amb aquest nou marc europeu, el Govern de la Generalitat va impulsar la Llei 9/2003, de la mobilitat, a la recerca d'un model de desenvolupament que prioritza els sistemes de transport més sostenibles, basat en l'aprofitament dels recursos, la seguretat integral de les persones, el respecte al medi ambient i la minimització del consum de recursos energètics.

Donades les característiques de la nova conjuntura socio-econòmica, i gràcies al coneixement adquirit durant aquest període, des de la Comissió Europea es va elaborar el segon Llibre Blanc que marca la nova política europea i el full de ruta en matèria de transport sostenible a seguir en el període 2011-2050.

L'any 2008, la Comissió Europea va encarregar el primer manual sobre costos externs del transport, com a part de l'estudi IMPACT (Infras, CE Delft, ISI i Universitat de Gdansk, 2008). Aquest manual presentava les millors pràctiques sobre la metodologia per estimar diferents categories de costos externs del transport. A més, va proporcionar una visió general dels valors d'entrada d'última generació (per exemple, el valor del temps o el valor d'una vida estadística) que es poden utilitzar per produir estimacions de costos externs pels propis usuaris del manual. Finalment, el Manual presentava xifres de cost externs (majoritàriament presentades en € / vehicle quilòmetre), que poden ser utilitzades directament pels usuaris.

L'any 2014 el manual es va actualitzar amb els nous avenços en la investigació i la política (Ricardo-AEA, TRT, DIW Econ i CAU, 2014). A més, es va ampliar l'abast: al costat dels costos externs del transport, es van cobrir també els costos de desgast de les infraestructures per al transport per carretera i ferrocarril. D'acord amb el manual de 2008, el manual 2014 es va centrar en els costos externs marginals del transport.

L'any 2019 la Comissió Europea, mitjançant la Direcció General de Mobilitat i Transport va publicar el darrer document com a una actualització de les versions 2008 i 2014, tenint en compte les noves evidències disponibles en els mètodes i valors d'entrada (per exemple, factors d'emissió) per estimar els costos externs del transport. Aquesta versió no només considera els costos externs marginals, com va ser el focus principal dels anteriors manuals, sinó que també introdueix els costos de la producció d'energia suposa els costos de transport totals i mitjans a tots els països de la UE, Suïssa i Noruega. A més, es van calcular xifres de costos externs per a alguns països no europeus per comparar-les amb les xifres europees.

El present document incorpora els costos externs de fabricació, reciclatge i desballestament dels vehicles i actualitza a l'any 2021 els valors dels costos a Catalunya amb els nous referents de preus de les emissions de CO₂ i de la resta dels components dels costos.

2. L'avaluació del cicle de vida.

La metodologia d'avaluació del cicle de vida (LCA) per a l'avaluació ambiental comparativa de tecnologies de vehicles és una metodologia normalitzada per a l'avaluació sistemàtica del medi ambient i el rendiment de qualsevol producte o sistema, al llarg de tot el seu cicle de vida.

Es fa l'estudi tenint en compte, no només les emissions d'escapament, sinó totes les emissions en diferents etapes de la vida del vehicle, com ara la producció de combustible, la producció de vehicles, l'ús del vehicle i la finalització de la vida del vehicle.



L'enfocament del sistema de cicles de vida és important, perquè, per exemple, la comparació de només les emissions d'escapament d'un vehicle elèctric de bateria amb un de benzina és enganyosa. Tot i que, el BEV no té emissions durant el funcionament, hi ha quantitats considerables d'emissions en els processos de producció d'electricitat i fabricació dels vehicles.

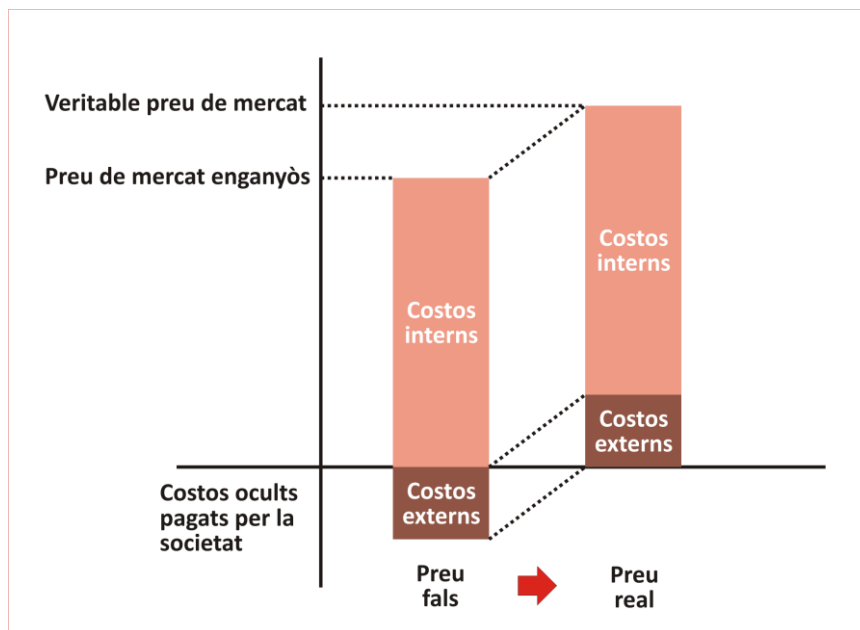
També hi ha contaminants locals que no provenen de la combustió dels motors, com ara les emissions de partícules provocades pel desgast dels frens i els pneumàtics o les abrasions de carretera, que cal tenir en compte per obtenir resultats correctes. Per tant, és important tenir en compte la perspectiva global del sistema per fer una comparació justa i evitar el traspàs dels problemes ambientals (d'una etapa de vida a una altra o d'un límit geogràfic / temporal a un altre) mentre es prenen decisions.

La metodologia d'avaluació ambiental pot ser un estudi "del pou a la roda (WTW)" que cobreix només el cicle de vida de l'energia (és a dir, combustibles o electricitat). Un LCA complet, en canvi, inclourà la producció i el reciclatge del vehicle a més de la part WTW. El cicle WTW es pot subdividir en l'etapa "del pou al dipòsit" (WTT), centrada en la cadena de subministrament de combustible i en l'etapa "del dipòsit a la roda" (TTW), que és el funcionament propi del vehicle.

3. El concepte dels costos externs del transport.

Les activitats relacionades amb el transport porten relacionats efectes negatius sobre el medi ambient, accidents, pèrdues de temps per congestió, costos dels processos de fabricació i desballestament i el desgast de les infraestructures.

Els costos d'aquests efectes no són totalment assumits pels usuaris del transport. En conseqüència, els usuaris no els tenen en compte quan prenen les decisions del seu viatge.



Els costos del transport. Font: Comissió Europea. Handbook on External Costs of Transport 2019

Però per tal de definir valors quantitius dels costos externs, cal una definició precisa d'allò que es pot considerar el volum dels costos socials marginals que es produeixen a causa d'una activitat de transport.

Es requereix una estimació detallada i fiable dels costos externs establint una diferenciació entre els dos tipus de costos:

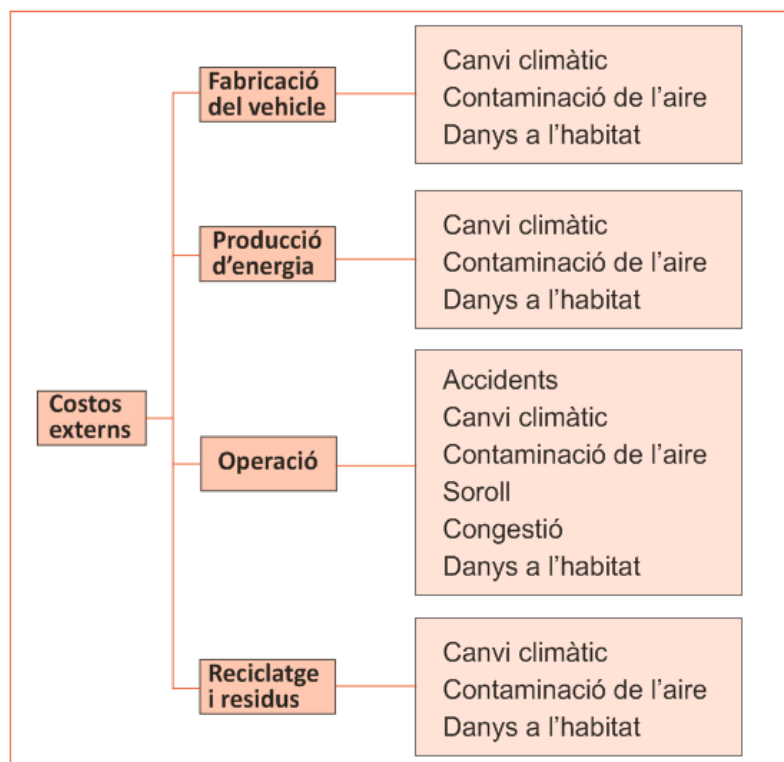
- Costos socials (o externs) que reflecteixen tots els costos que es produeixen a causa de l'ús de les infraestructures de transport, com ara despeses de desgast de la infraestructura, costos de congestió, costos dels accidents, costos ambientals, costos energètics i costos dels processos de fabricació i desballestament dels vehicles i els seus complements.
- Costos privats (o interns), assumits directament per l'usuari del transport, com ara el desgast i el cost energètic de l'ús del vehicle, els costos propis del temps, les tarifes de transport i els impostos i càrregues de transport.

Es poden utilitzar diversos mètodes per aproximar els costos externs del transport, sempre calculant el preu de mercat d'un determinat efecte (pèrdues, compensació).

Cas que els costos de mercat no estiguin disponibles, s'han de construir situacions de mercat hipotètiques mitjançant mètodes indirectes:

- Mètode de preferència declarada, que utilitza dades de despeses hipotètiques basades en les preferències de selecció d'un usuari sobre opcions que no existeixin a la realitat, és a dir que l'usuari mai ha experimentat. Aquesta metodologia és molt utilitzada en economia per conèixer la reacció de consum de les persones davant les noves opcions basades en la teoria d'utilitat.
- Mètode de preferències revelades que s'estableix sobre la base del comportament del consumidor. En essència, això significa que les preferències dels consumidors poden ser revelades per la seva compra.
- Un enfocament recomanat per avaluar els impactes ambientals és la via d'impacte (com l'utilitza el mètode ExternE, acrònim de "Costos Exteriors de l'Energia", específicament desenvolupat per a la contaminació de l'aire). Està basat en la funció dosi-resposta tenint en compte l'impacte sobre la salut i la natura.
- De vegades, la manca de certa informació (o alta incertesa) sobre la funció dosi-resposta fa necessari combinar aquest enfocament amb un enfocament de preus estàndard, com alternativa per a l'estimació del model del nivell de dany. En aquest cas, es pot utilitzar l'enfocament de costos d'evitació (cost per evitar un cert nivell de contaminació).

Els costos externs es refereixen a la diferència entre costos socials i costos privats. Però per tal de produir valors quantitius, la definició ha de ser més precisa. A quadre següent es descriuen els costos externs en el cicle de vida del transport.



Els costos externs del transport. Font: Comissió Europea. Handbook on External Costs of Transport 2019

Però també caldrà definir correctament el nivell d'externalitat dels components des costos i en conseqüència, s'han de tenir en compte els arguments següents:

- Una part dels costos de congestió són interns i corresponen als costos d'espera i retard de l'usuari. Però una altra part d'aquests costos, els imposats a altres usuaris, no ho són. El càlcul dels costos externs ha de tenir en compte la dinàmica de la congestió. Atès que els costos marginals en congestió són superiors a la mitjana, la diferència entre aquests dos nivells es considera l'element de cost extern, ja que els costos mitjans són pagats per l'usuari.
- Part dels costos dels accidents es paguen mitjançant l'assegurança a tercers; altres parts es paguen per part de la víctima que ha provocat l'accident (a través d'una assegurança pròpia). Per tant, és molt important tenir en compte el volum total de quotes d'assegurança relacionades amb el sector del transport i els danys pagats fora del sistema d'assegurances.
- Els costos ambientals es podrien considerar com a "pagats" per la societat afectada (fins i tot afectant diferents generacions). Part d'aquests costos els recupera la societat amb mecanismes com ara els impostos sobre l'energia o les càrregues ambientals per a determinades activitats.

A continuació es presenten els valors dels costos externs del transport en un format que pot ser útil per a la seva internalització. La unitat principal és el cost per quilòmetre, com a base per a la fixació de preus.

Per tal de comparar diferents modes, s'ha realitzat un càlcul del cost per passatger o per tona quilòmetre. Les xifres presentades són generalment representatives de l'economia de Catalunya. En absència de valors específics s'ha utilitzat l'aproximació basada en valors mitjans europeus.

Com a unitat funcional per a comparar les emissions ambientals dels diferents vehicles, s'ha escollit una distància de conducció d'1 km. Se suposa que els vehicles tenen una vida útil mitjana de 14,1 anys i un quilometratge anual de 14, 865 km.

Per simplificació, els resultats de les emissions ambientals dels vehicles es mostren sovint com a un valor mitjà únic. Cal pensar que això no tindrà en compte els possibles efectes de la variabilitat en els paràmetres del vehicle. Per exemple, comparar un cotxe gran elèctric amb un cotxe de gasolina petit és enganyós. La variació de paràmetres com el consum de combustible i el pes dels cotxes dins la tecnologia i el segment de vehicles donats poden conduir a resultats i interpretacions diferents. Per tant, es recomana tenir en compte les incerteses a l'hora d'informar i interpretar els resultats.

L'abast d'aquest estudi, pel que fa a la cadena de subministrament de combustible (incloent electricitat), l'elecció de la tecnologia vehicle, els costos de la congestió i dels accidents de trànsit està limitat a Catalunya.

4. Els impactes ambientals.

Per tal d'avaluar els impactes ambientals d'una determinada activitat, primer s'han de determinar quines categories d'impacte seran considerades, per a posteriorment, determinar la importància dels potencials impactes ambientals utilitzant els resultats de l'anàlisi de les dades disponibles.

L'estructura d'aquestes categories d'impacte ve determinada per la normativa ISO 14042, que considera els següents elements obligatoris:

1. Selecció de les categories d'impacte, indicadors de categoria i models.
2. Assignació de les dades a cada categoria d'impacte segons el tipus d'efecte ambiental esperat. Una categoria d'impacte és una classe que representa les conseqüències ambientals generades pels processos o sistemes de productes.
3. Modelització, mitjançant els factors de caracterització, de les dades per a cadascuna les categories d'impacte.

Cada categoria d'impacte, ex. acidificació, precisa d'una representació quantitativa anomenada indicador de la categoria, ex. emissió d'àcid equivalent, que es determina com la suma de diferents intervencions ambientals que afecten a una determinada categoria mitjançant els factors de caracterització.

La classificació de les diferents categories d'impacte obligatòries atenent l'àrea de protecció que corresponen, unitats equivalents i escala geogràfica es representa a la següent taula:

Categoria de l'impacte	Àrea de protecció	Unitats	Escala geogràfica
Canvi climàtic	I, II, III	gCO ₂ eq	Global
Esgotament Ozó	I, II, III, IV	µgR ₁₁ eq	Global
Acidificació	I, II, III, IV	gSO ₂ eq	Continental / regional / local
Eutrofització	I, III, IV	gPO ₄	Continental / regional / local
Formació Foto-oxidants	I, II, III, IV	gNMVOC	Continental / regional / local
Partícules materials	I, II, III, IV	gPM _{2.5}	Continental / regional / local

Àrees de protecció: I salut humana, II entorn natural, III entorn modificat per l'home, IV recursos naturals

4.1. Canvi climàtic

La terra absorbeix la radiació de el sol. Aquesta energia és redistribuïda per l'atmosfera i els oceans i retornada en forma de radiació d'infraroig tèrmic. Part d'aquesta radiació és absorbida pels gasos existents a l'atmosfera provocant l'escalfament del planeta. A aquest fenomen s'anomena efecte hivernacle. Aquests gasos són principalment el vapor d'aigua i el CO₂ i altres gasos com CH₄, N₂, i CFC. L'acció humana ha provocat un increment de les emissions d'aquests gasos el que porta o pot portar a un sobreescalfament del planeta i per tant a una alteració de les seves condicions.

Aquesta categoria d'impacte afectarà les àrees de salut humana, ambient natural i ambient modificat per l'home. L'indicador que serveix per avaluar aquest impacte s'ha d'expressar com CCI, (Climate Change Indicator). La seva unitat de medició es farà relativa respecte a l'efecte produït per un kg de CO₂.

Factors de caracterització, GWP, en kg CO₂ eq., per al càlcul de la categoria de canvi climàtic, CCI, per diferents gasos hivernacle	
Diòxid de carboni (CO ₂)	1
Metà (CH ₄)	64
Halon 1301 (CF ₃ Br)	7.900
Òxid de Nitrogen (NO ₂)	330
Tetrafluorur de Carboni (CF ₄)	3.900

4.2. Esgotament de l'ozó estratosfèric

La capa d'ozó és present a l'estratosfera i actua com a filtre absorbint la radiació ultraviolada. La disminució de la capa d'ozó provoca un increment de la quantitat de radiació UV-B que arriba a la superfície de la terra. Aquestes radiacions són causa d'un augment d'algunes malalties en humans (càncer de pell, supressió sistema immunitari, cataractes, ...), afecten la producció agrícola, degradació de materials plàstics i interfereixen en els ecosistemes.

Afecta per tant a les quatre grans àrees de protecció: salut humana, entorn natural, entorn modificat per l'home i recursos naturals. La majoria dels clorurs i bromurs, CFC i altres fonts, reaccionen en presència dels núvols estratosfèrics polars (PSCs) emetent clorurs i bromurs actius que sota l'acció catalitzadora dels UV provoquen la descomposició de l'ozó.

Factors de caracterització, ODP, en µgR11eq., per al càlcul de la categoria d'esgotament de l'ozó estratosfèric ODI	
Bromur de metil (CH ₃ Br)	0,37
CFC-11 (CFCl ₃)	1
Halon 1201 (CF ₂ Br)	1,4
Halon 1301 (CF ₃ Br)	12
Tetraclorur de carboni (CCl ₄)	1

4.3. Acidificació

Consisteix en la deposició d'àcids resultants de l'alliberament d'òxids de nitrogen i sulfur en l'atmosfera, al sòl i a l'aigua, on pot variar l'acidesa de l'medi cosa que afectarà la flora i fauna que habita en ell, produeix desforestació i també pot afectar els materials de la construcció.

Les àrees de protecció seran salut humana, recursos naturals entorn natural i modificat per l'home.

Factors de caracterització, en gSO ₂ eq, per al càlcul de la categoria de l'acidificació	
NH ₃	1,6
NO ₂	0,5
SO ₂	1,2

4.4. Eutrofització

En aquesta categoria s'inclouen els impactes deguts a un alt nivell dels macronutrients, nitrogen i fòsfor. El seu increment pot representar un augment de la producció de biomassa als ecosistemes aquàtics.

Un augment de les algues en els ecosistemes aquàtics produirà una disminució del contingut d'oxigen a causa de que la descomposició d'aquesta biomassa consumirà oxigen mesurat com DBO (demanda bioquímica d'oxigen).

Aquest consum d'oxigen pot conduir a assolir unes condicions anaeròbies que provocaran la descomposició causada per bacteris anaeròbics que alliberaran CH₄, H₂S i NH₃. En darrer terme desapareix qualsevol tipus de vida aeròbica. El procés d'eutrofització augmenta a l'estiu.

Les àrees de protecció seran: entorns natural i modificat per l'home i recursos naturals

Factors de caracterització, en gSO ₂ eq, per al càlcul de la categoria de l'acidificació	
Amoníac (NH ₃)	0,35
Amoni (NH ₄ ⁺)	0,42
Diòxid de Nitrogen (NO ₂)	0,13
DQO (Demanda Química d'Oxigen)	0,02
Fosfats	3,06
Fòsfor (P)	3,06
Nitrats (NO ₃)	0,09
Nitrits (NO ₂)	0,13
Nitrogen (N ₂)	0,42
Òxid nítrós (N ₂ O)	0,27
Pentòxid de Fòsfor (P ₂ O ₅)	1,33

4.5. Formació oxidants foto-químics

Sota la influència de la radiació solar, els òxids de nitrogen, NO_x, reaccionen amb els compostos orgànics volàtils (VOCs) per produir ozó troposfèric, aquest fenomen té lloc principalment durant els mesos d'estiu. La presència de monòxid de carboni pot igualment contribuir a la formació d'ozó.

Aquests oxidants foto-químics poden resultar perjudicials per a la salut humana, els ecosistemes i l'agricultura, afectant per tant a les quatre àrees de protecció, salut humana, recursos naturals i entorns natural i modificat per l'home.

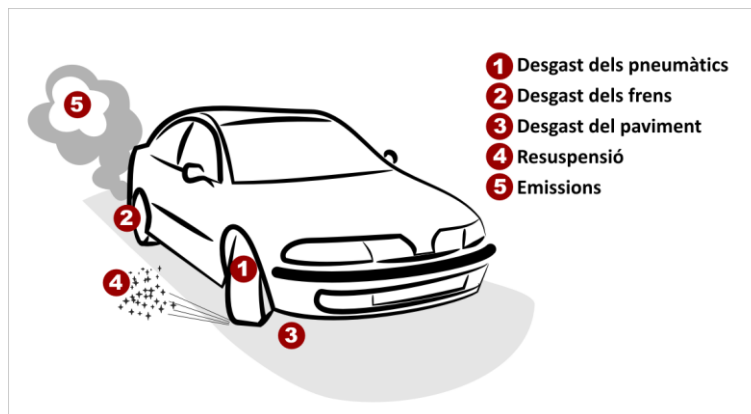
Factors de caracterització, en gNMVOC excepte metà, per a una concentració mitjana d'Nox en l'àrea d'emissió			
Acetaldehid (CH ₃ CHO)	0,539	Formaldehid (CH ₂ O)	0,431
Acetilè (C ₂ H ₂)	0,172	Heptà (C ₇ H ₁₆)	0,541
Acetona (CH ₃ COCH ₃)	0,182	Hexà (C ₆ H ₁₄)	0,431
Aldehid (sense especificar)	0,453	Hidrocarburs (sense especificar)	0,379
Alkane (sense especificar)	0,407	Hidrocarburs aromàtics	0,779
Benzaldehid (C ₆ H ₅ CHO)	0,342	Hidrocarburs Halogenats	0,021
Benzè (C ₆ H ₆)	0,193	Hidrocarburs (excepte metà)	0,426
Butà (n-C ₄ H ₁₀)	0,419	Metanol (CH ₃ OH)	0,126
Butè (1-CH ₃ CH ₂ CHCH ₂)	0,981	Propà (C ₃ H ₈)	0,430
Età (C ₂ H ₆)	0,084	Propilè (CH ₂ CHCH ₃)	1,054
Etanol (C ₂ H ₅ OH)	0,274	Propionaldehid (CH ₃ CH ₂ CHO)	0,617
Etilè (C ₂ H ₄)	1,023	Toluè (C ₆ H ₅ CH ₃)	0,576

4.6. Partícules materials en suspensió.

El terme "partícules en suspensió" abasta un ampli espectre de substàncies orgàniques o inorgàniques, disperses en l'aire, procedents de fonts naturals (com la pols provinent del Sàhara) i artificials. La combustió de carburants fòssils generada pel trànsit, especialment els vehicles dièsel (una de les principals fonts de contaminació per partícules a les ciutats), pot produir diversos tipus de partícules: partícules grans, per l'alliberament de materials mal cremats (cendres volàtils), partícules fines, formades per la condensació de materials vaporitzats durant la combustió, i partícules secundàries, mitjançant reaccions atmosfèriques de contaminants despresos com gasos. Hi ha partícules més nocives que unes altres per la seva toxicitat, depenent de quina sigui la seva composició.

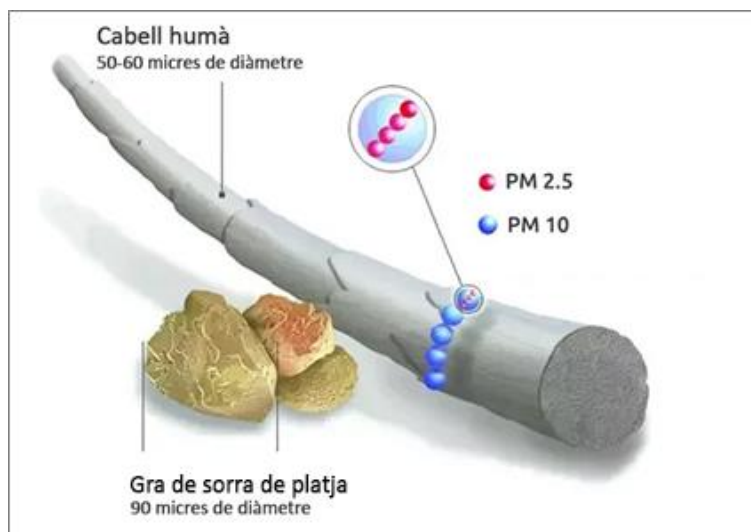
Però, a banda de les partícules produïdes per la combustió dels motors dels vehicles, també es produeixen PM₁₀ i PM_{2.5} derivades de la circulació d'aquests vehicles, el desgast dels frens i dels neumàtics, o de la pròpia superfície del ferm de la carretera.

Les característiques químiques d'aquestes partícules varien segons la font, però es componen principalment de metalls pesants com el zinc (Zn), el coure (Cu), el ferro (Fe) i el plom (Pb), entre d'altres.



Fonts d'emissió de partícules contaminants. Font: Elaboració pròpia en base a les Directives de la EU.

Així mateix, la seva grandària fa que siguin molt lleugeres i per això, generalment, romanen per més temps en l'aire. El seu estat en suspensió no només perllonga els seus efectes, sinó que també facilita que aquestes partícules siguin transportades pel vent a grans distàncies; d'aquesta manera a més de les partícules generades a nivell local o en el nostre entorn, com a causants de l'exposició caldria afegir també les partícules arribades d'altres regions veïnes.



Dimensions de les partícules contaminants generades per la circulació de vehicles a motor. Font: Elaboració pròpia.

En relació amb els seus efectes sobre la salut es poden distingir, d'una banda les PM10 (menors de 10 micres que poden penetrar fins a les vies respiratòries baixes), d'altra banda les PM2,5 (menors de 2,5 micres, que poden penetrar fins a les zones internes del pulmó), i, per últim, les partícules ultrafines (menors de 100 nm, que poden arribar al torrent circulatori).

Les emissions de partícules dels vehicles de gasolina solen ser molt inferiors a les dels vehicles dièsel.

5. La fabricació del vehicle i dels seus components.

Els impactes ambientals comencen amb l'extracció de minerals i la producció de les matèries primeres que configuren el diferents element d'un vehicle. Per exemple, el mineral de ferro es converteix en acer, que representa la major part de la massa dels vehicles, la bauxita que es converteix en alumini (que s'utilitza en algunes parts del motor i en les rodes) i el coure (que s'utilitza per cablejar). En qualsevol cas, un cert grau de contaminació s'associa a tots aquests components, bona part a causa del consum d'energia i les emissions de substàncies tòxiques que es produeixen durant la extracció, tractament i transport d'aquests materials.

En la fase de fabricació, al costat de les operacions de pintat i recobrint, hi ha les operacions de fosa dels metalls, que són la principals operacions on s'originen emissions atmosfèriques. Una part important de les emissions són causades pel consum d'energia en la fabricació. Per últim, la majoria dels residus sòlids generats en una planta de muntatge d'automòbils provenen del tractament d'aigües residuals, residus d'oli, escombraries de la planta, i deixalles de components metàl·lics.

5.1. Matèries primeres.

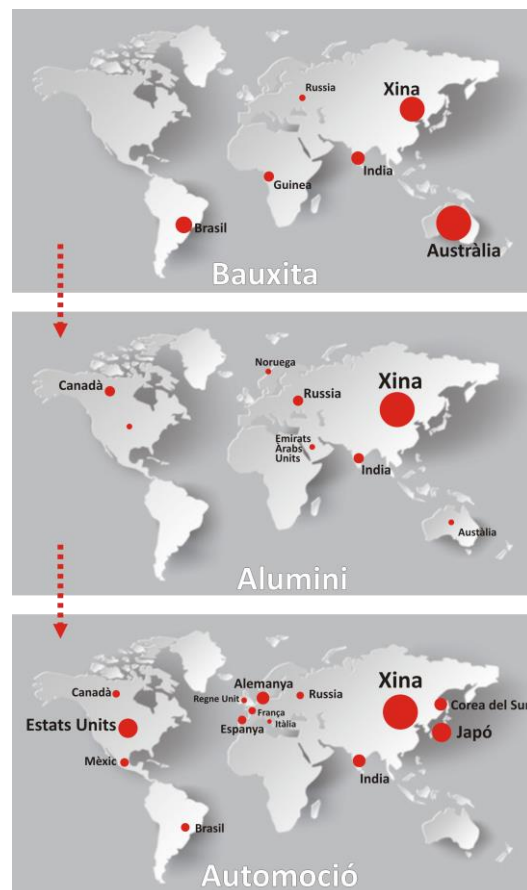
La producció de matèries primeres i productes derivats es realitza al llarg de diferents etapes, sovint en diverses ubicacions. Els mercats de matèries primeres tenen un caràcter global.

Per tant, el comerç físic de matèries primeres en diferents etapes de producció construeix xarxes complexes i interconnectades. Això significa que les matèries primeres solen circular per diversos països.

En aquest context, una bona estimació dels impactes ambientals del subministrament de matèries primeres ha de tenir en compte el transport de materials i productes, sovint a llargues distàncies.

A més, el rendiment mediambiental pot variar significativament entre llocs, a causa de les diferents tècniques i tecnologies de producció, la combustió de diferents combustibles, etc. Això determinarà els impactes ambientals finals sobre el medi ambient local i global.

Els impactes ambientals al llarg de les cadenes de subministrament de matèries primeres són causats, fonamentalment, per l'ús de recursos i l'emissió de contaminants al medi ambient, tanta al lloc d'extracció com al de transformació.



Per exemple, la captació de terres per instal·lacions mineres pot contribuir a la pèrdua de biodiversitat; els residus miners poden conduir a l'acidificació de l'aigua; els processos industrials com la combustió generen gasos d'efecte hivernacle que contribueixen a l'escalfament global.

Aquests impactes poden afectar els ecosistemes i la salut humana i poden tenir un caràcter local o global. Un impacte addicional de la producció de matèries primeres és la contribució a la dispersió o dissipació de recursos naturals no renovables (com ara minerals o combustibles fòssils).

L'extracció i el processament de matèries primeres representen participacions significatives del total d'impactes ambientals mundials, especialment per a algunes tipologies d'impacte. Un exemple d'això són el canvi climàtic i els impactes de partícules (PM) de l'extracció i processament de metalls i minerals no metàl·lics.

D'altra banda, amb la incorporació cada cop més habitual de components electrònics a la indústria de l'automòbil de metalls del grup de les terres rares, com el neodimi i el disprosi. Per exemple, un cotxe de "zero emissions" necessita de l'ordre d'un quilogram de neodimi per al motor i també uns deu quilograms d'altres terres rares per les seves bateries recarregables.

L'extracció de terres rares en la seva etapa d'explotació genera alts nivells de contaminació ambiental per la deixalla de materials radioactius com el tori i l'urani, danyant els sòls limítrofs, i incapacitant-los per a la seva producció agrícola i animal, el que representa un gran impacte social dins de les comunitats properes a les mines.



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".

Els materials radioactius i àcids utilitzats per extreure i processar les terres rares contaminen les fonts d'aigua properes a la mina, causant malalties en els éssers humans i animals que les consumeixen, a més, els cràters creats per a la seva producció generen un gran impacte visual, podent disminuir la vistositat d'un paisatge sencer.

L'extracció del liti per a la fabricació de bateries per a vehicles elèctrics, a més de la pèrdua de biodiversitat, produeix un estrès hídric per fer els filtrats i l'extracció de les argiles (que estan sedimentades amb liti) i que necessita d'una quantitat d'aigua important. Per produir una tona de liti s'evaporen 2 milions de litres d'aigua. Per exemple, diàriament s'extreuen més de 226 milions de litres d'aigua i salmorra (aigua salada) del salar d'Atacama.

Producció de liti a Atacama (Xile)



Impacte de la extracció del liti



El tercer impacte serà la salut ambiental és la producció de carbonat de liti, que s'utilitza en psiquiatria per a malalties mentals. El cos humà té al voltant de 7 mil·ligrams de lit, i a partir de 15 ja és altament tòxic, de manera que si hi ha contaminació per liti en els mantells aquífers o als rius, aquest liti pot arribar a les comunitats amb efectes toxicològics.

La complexitat de l'avaluació de l'impacte ambiental associat a la producció d'un material en les etapes des de l'extracció fins a la fabricació deriva del fet de què el tipus i la intensitat dels impactes ambientals depenen de les característiques intrínseques del material, de les tecnologies, tècniques i pràctiques de gestió existents i de les condicions del marc ambiental i socioeconòmic. Com a exemple, l'impacte d'una instal·lació minera sobre l'aigua dependrà del requisit específic d'aigua per a l'extracció i el processament de minerals, el nivell de reutilització i depuració d'aigua a la instal·lació i la disponibilitat d'aigua local.

Tot i això, val la pena assenyalar que la substitució de materials específics pot comportar millores en el rendiment ambiental d'un producte durant la fase d'ús. Un exemple és l'ús de l'alumini al sector de l'automòbil, que pot reduir el pes del vehicle i, per tant, el consum d'energia durant la fase d'utilització.

5.2. Fabricació, reciclatge i desballestament.

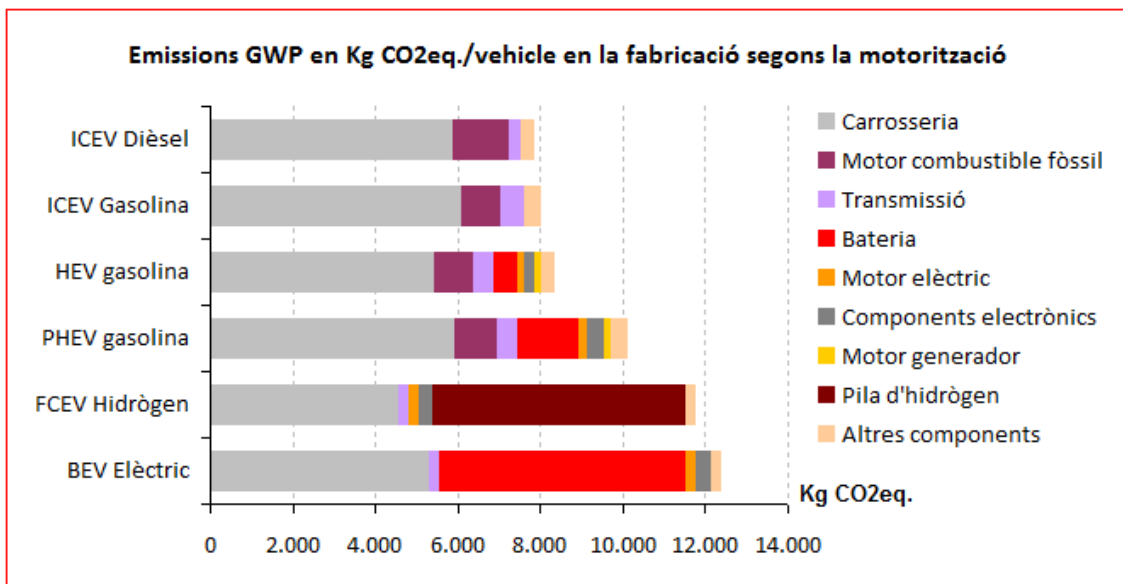
Els impactes de les etapes de fabricació, manteniment, reciclatge i desballestament depenen bàsicament del tipus de vehicle i de la seva motorització. Però també dependrà de l'energia utilitzada durant el procés de fabricació.

Les diferències entre els impactes ambientals en la fabricació dels vehicles amb motors propulsors convencionals i els de gas natural són mínimes. Tanmateix, la principal diferència amb els vehicles de gasolina i els dièsel és l'emmagatzematge dels gasos, que no té un impacte significatiu.

En les cadenes per a la producció de vehicles elèctrics, l'energia necessària per a la producció de bateries (particularment en condicions de sala seca) i dels processos d'assecat d'elèctrodes necessaris per eliminar el dissolvent NMP) contribueix al voltant del 35-45% del GWP total de la fabricació del vehicle per a un paquet de bateries de ions de Li (LIB) per a automòbils (depenent també de la font d'aquesta energia), un 7-8% del motor elèctric i un 16-18% d'altres components del motor (inversors i el sistema de refrigeració passiu de la bateria a causa del seu alt contingut en alumini).

A més, també hi ha diferències entre les bateries de ions de Li més petites que s'utilitzen en HEV i PHEV, en comparació amb els dels BEV. Tot i que els impactes globals per kWh d'emmagatzematge d'energia per a aquestes bateries són més alts que les dels BEV, ja que els paquets més grans dels BEV permeten l'ús de productes químics que estan més optimitzats per millorar la densitat d'energia, en general, els impactes absoluts de les bateries són encara substancialment menors per als PHEV i HEV.

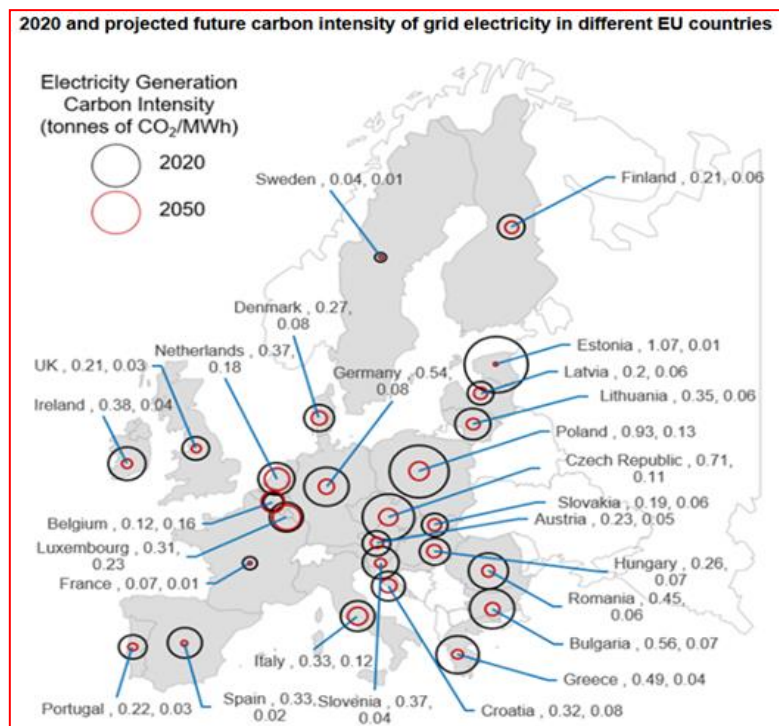
En el cas dels FCEV, el cicle de vida dels equips també es considera la fabricació com a una etapa les emissions associades a la producció de la cèl·lula de combustible, que comporta impactes més elevats, tot i que s'espera que en un futur es facin millores en la tecnologia / disseny i fabricació de piles de combustible que redueixin els seus impactes negatius.

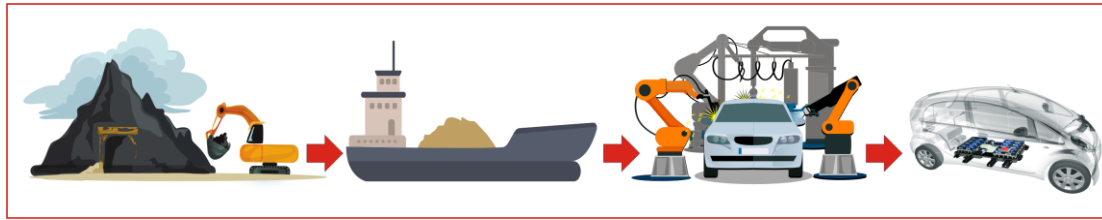


La font d'energia utilitzada en les etapes de fabricació de vehicles també és un factor important per als impactes de la GWP.

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

Encara que es pot utilitzar directament el gas natural en la fabricació com a font d'energia, també s'utilitza electricitat, especialment quan està disponible a partir de fonts renovables baixes en carboni.





Emissions en la fabricació de turismes per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	74,99	28,68	5.160	1.196	23,46	1,02
	FCEV	Hidrogen	51,14	20,37	4.900	1.240	17,65	1,02
	HEV-D	Híbrid dièsel	29,94	15,54	3.504	1.000	13,26	3,12
	HEV-G	Híbrid gasolina	32,43	15,89	3.489	1.003	13,35	2,94
	ICEV-CNG	GNC	26,53	12,25	3.464	982	12,41	3,79
	ICEV-D	Dièsel	23,30	11,17	3.311	977	11,73	3,75
	ICEV-G	Gasolina	26,42	11,62	3.294	981	11,84	3,64
	ICEV-LPG	GLP	18,99	11,55	3.346	978	11,45	3,15
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	43,71	19,43	4.277	1.073	17,02	2,28
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	45,79	19,55	4.191	1.072	16,84	2,15	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	98,19	33,99	7.090	1.799	28,57	1,14
	FCEV	Hidrogen	70,94	26,04	6.626	1.708	23,85	1,14
	HEV-D	Híbrid dièsel	40,42	19,53	5.046	1.434	18,37	3,49
	HEV-G	Híbrid gasolina	43,62	20,16	5.034	1.438	18,50	3,30
	ICEV-CNG	GNC	36,34	16,08	5.041	1.411	17,47	4,25
	ICEV-D	Dièsel	31,98	14,45	4.807	1.404	16,49	4,20
	ICEV-G	Gasolina	35,98	15,24	4.793	1.409	16,65	4,08
	ICEV-LPG	GLP	27,49	15,23	4.885	1.408	16,28	3,53
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	55,13	23,74	5.860	1.511	22,39	2,55
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	57,67	24,01	5.735	1.508	22,09	2,41	

Emissions en la fabricació d'autobusos per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Bus urbà	BEV	Elèctric	9,36	3,12	946	89	3,12	0,29
	FCEV	Hidrogen	6,24	2,08	898	90	3,12	0,29
	HEV-D	Híbrid dièsel	6,24	2,08	843	78	2,08	1,28
	ICEV-CNG	GNC	4,16	2,08	817	73	2,08	1,29
	ICEV-D	Dièsel	4,16	2,08	788	71	2,08	1,28
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	6,24	2,08	868	79	3,12	1,06
Autocar	BEV	Elèctric	8,32	3,12	730	74	3,12	0,37
	FCEV	Hidrogen	5,20	2,08	698	78	2,08	0,37
	HEV-D	Híbrid dièsel	4,16	2,08	596	56	2,08	2,62
	ICEV-CNG	GNC	3,12	1,04	591	55	2,08	1,02
	ICEV-D	Dièsel	3,12	1,04	560	53	1,04	2,62
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	4,16	2,08	643	60	2,08	2,35

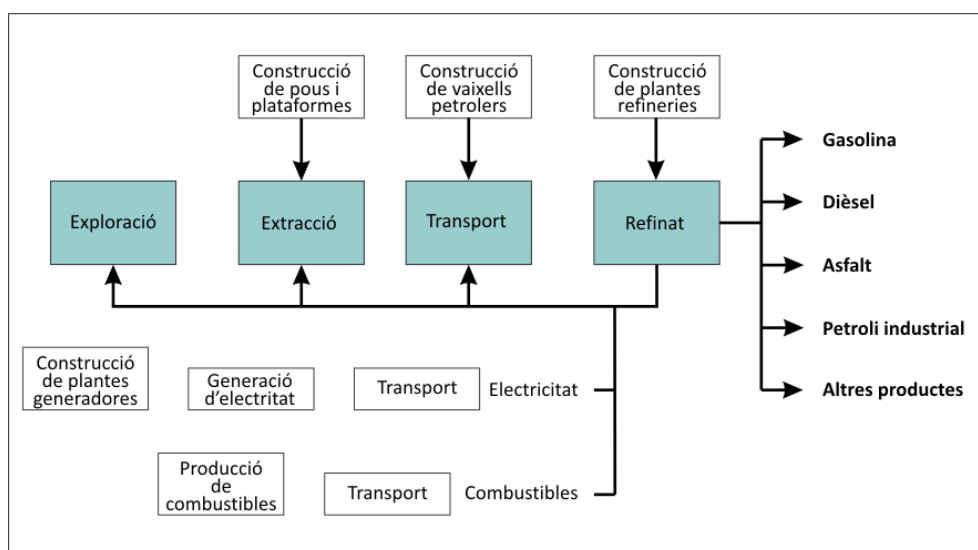
Emissions en la fabricació de vehicles de mercaderies per cada 100 tones-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Furgoneta	BEV	Elèctric	117,91	55,43	10.952	1.077	43,06	3,36
	FCEV	Hidrogen	110,45	49,16	12.092	1.374	40,66	3,36
	HEV-D	Híbrid dièsel	69,87	38,54	8.154	857	31,81	11,85
	ICEV-CNG	GNC	64,96	32,34	8.376	835	31,07	8,45
	ICEV-D	Dièsel	57,02	29,93	7.955	821	29,27	11,70
	ICEV-G	Gasolina	64,55	30,64	8.664	832	29,52	8,34
	ICEV-LPG	GLP	45,37	30,51	8.058	826	28,53	6,90
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	98,67	46,59	9.193	1.006	39,49	9,87
Camió rígid	BEV	Elèctric	51,61	21,07	4.947	431	18,46	2,70
	FCEV	Hidrogen	35,02	15,55	5.534	485	14,56	2,59
	HEV-D	Híbrid dièsel	23,88	12,58	3.410	306	12,10	3,21
	ICEV-CNG	GNC	22,00	10,34	3.628	316	12,19	6,10
	ICEV-D	Dièsel	18,33	9,18	3.136	278	10,55	7,47
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	34,21	16,05	4.206	379	15,49	4,20
Camió 40 t	BEV	Elèctric	47,71	16,20	2.537	302	13,74	0,70
	FCEV	Hidrogen	38,39	14,74	2.811	342	11,74	0,70
	HEV-D	Híbrid dièsel	8,74	5,01	1.098	115	4,32	3,77
	ICEV-LNG	GNC	8,19	4,16	1.136	117	4,27	2,80
	ICEV-D	Dièsel	7,26	3,98	1.058	110	3,98	3,24
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	18,23	7,74	1.579	166	6,82	3,15

Font: European Commission, DG Climate Action. 2020

6. La producció d'energia.

6.1. El cicle del petroli.

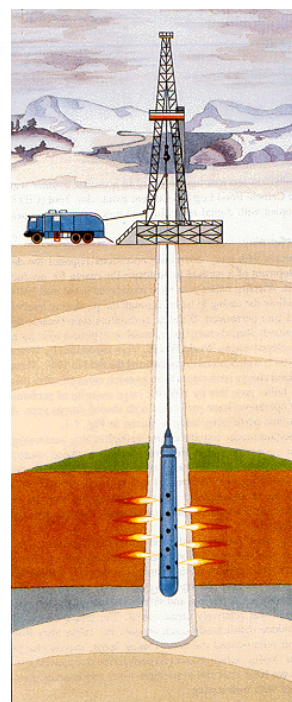
L'extracció, transport i transformació del petroli i els seus derivats comporta alguns impactes ambientals, la magnitud dels quals depèn de la cura que es tingui a l'hora de realitzar una determinada activitat. En el present document, l'avaluació de l'impacte del cicle de vida es limita a les etapes de producció de la gasolina, el dièsel i el gas líquid de petroli (GLP) que són els combustibles utilitzats en el transport per carretera.



L'exploració del petroli comença amb una prospecció sísmica que 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.

A continuació es realitza la 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.

Les activitats d'exploració han de ser el menys invasives possibles, amb l'objectiu de causar el mínim impacte ambiental. Els processos de revisió i recerca de nous camps i jaciments s'ha de fer de manera organitzada, tenint en compte l'ecosistema en el qual es treballarà i analitzant les conseqüències a que aquest tipus d'activitats podria ocasionar a la zona.



En l'actualitat i gràcies als avenços tecnològics, s'utilitzen tècniques menys perjudicials, les exploracions primàries es realitzen per mitjà aeri, disminuint la invasió física del ecosistema.

L'extracció del petroli també pot produir episodis de contaminació ambiental. Pel que fa als impactes sobre el sòl, la perforació de pous, construcció de camins d'accés, instal·lacions de processament i canonades annexes pertorben grans extensions de terra.



Quant als impactes a 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.



Per últim, durant l'extracció també es produeixen emissions produïdes per la crema de gas, òxids de sofre, òxids de nitrogen, òxids de carboni, gas sulfhídric, metà, età, propà, butà, etc.,

Durant el transport del petroli, si es realitza per 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.



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.



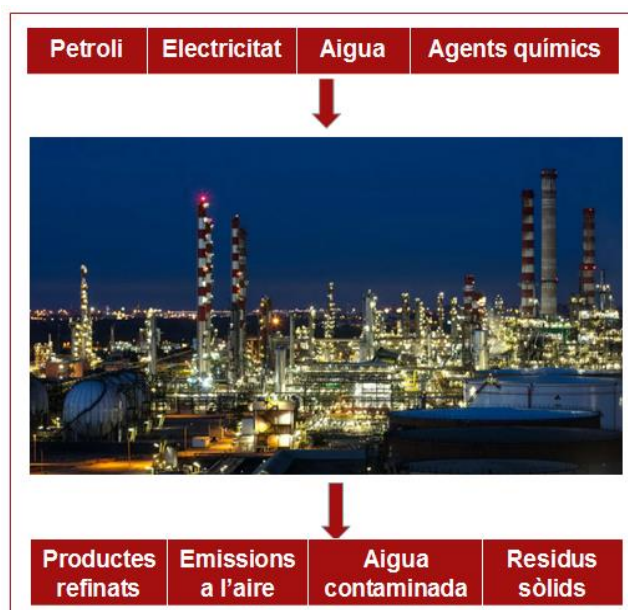
El transport per mar per mitjà dels grans petrolers és una de les etapes del cicle de petroli amb un major risc associat, com es posa de manifest de forma reiterada quan algun d'aquests vaixells té un escapament. Arreu del món es produeixen cada any accidents que afecten de forma greu els ecosistemes litorals i la biodiversitat marina o terrestre quan el cru arriba a les costes.



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

La manipulació industrial del petroli i a més de comportar riscos per a la salut de les persones si hi ha un vessament o escapament, també pot tenir un impacte negatiu per a l'entorn si algun dels efluents líquids arriba als cursos d'aigua propers.

El GLP, el dièsel i la gasolina que es produeixen a les refineries de petroli juntament amb altres productes com querosè, betum, nafta, etc., generen en el procés de refinatge impactes mediambientals significatius per les emissions durant la crema dels seus productes.



Per avaluar els efectes energètics i les emissions de productes individuals es fa una assignació per kg de producte. La taula següent mostra el saldo de materials resultants de la refineria.

Producte	% Kg
Gas líquat de petroli	3%
Gasolines i naftes	22%
Querosè.	10%
Gasoil.	18%
Fuel.	32%
Olis pesants, parafines i asfalts.	15%

Basant-se en un estudi que cobria el 98% de la producció de les refineries de la Unió Europea la Comissió Europea va constatar que extreure un barril de petroli suposa unes emissions d'un 63 kg de diòxid de carboni (10,3 grams de diòxid de carboni per MJ). A això caldria sumar-li el procés de refinatge, que suposa afegir 10,2 grams de diòxid de carboni per MJ per a la gasolina i 5,4 grams de diòxid de carboni per MJ per al dièsel. Per transportar el combustible i el dièsel a gasolineres caldria afegir una mica més d'1 gram de diòxid de carboni per MJ. La taula següent expressa les emissions de CO2 dels combustibles fòssils fins que arriben al punt d'expedició.

Producte	g CO2 equivalent per litre				
	Extracció	Transport	Refinatge	Distribució	TOTAL
Gas líquat 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.

6.2. L'energia elèctrica.

Els impactes ambientals de la generació d'energia elèctrica estan relacionats amb el tipus de plantes generadores d'electricitat, ja que cadascuna d'elles tenen un efecte diferent sobre el medi ambient. A l'hora d'avaluar i de comparar les diferents fonts energètiques que poden ser utilitzades per a la producció d'electricitat, cada vegada adquireixen més importància les consideracions referides al seu impacte ambiental. Aquestes consideracions són tan importants que estan afectant decisivament la configuració de el futur energètic de molts països.

L'Anàlisi de Cicle de Vida de la generació elèctrica té per objectiu principal l'avaluació de les externalitats ambientals associades a la generació d'un quilowatt hora, partint de l'avaluació física dels impactes, la seva classificació i comparació. Posteriorment, es redueixen tots els valors obtinguts a uns supra-valors finals que determinaran el que s'anomena eco-punts. Com millor és (des del punt de vista ambiental) la font energètica, menys eco-punts ha de tenir.









A continuació s'avalua i compara els vuit principals sistemes de producció d'electricitat utilitzats actualment a Catalunya 5 convencionals i 3 renovables, prenent com a referència plantes de potència homogènia

Sistemes convencionals:

- Tèrmic de lignit: El lignit és un combustible fòssil de poder calorífic relativament baix i gran proporció de sofre i components inerts.
- Tèrmic de carbó: El carbó és un combustible fòssil de mitjà poder calorífic, sota la denominació s'inclouen barreges de antracites.
- Tèrmic de fuel-oil: El fuel-oil és el principal derivat del petroli -un combustible fòssil d'alt poder calorífic- utilitzat per generar electricitat.
- Tèrmic de gas natural: El gas natural és també un combustible fòssil d'alt poder calorífic.
- Tèrmic nuclear: Aquestes centrals utilitzen com a combustible diversos derivats de l'urani natural.

Sistemes renovables:

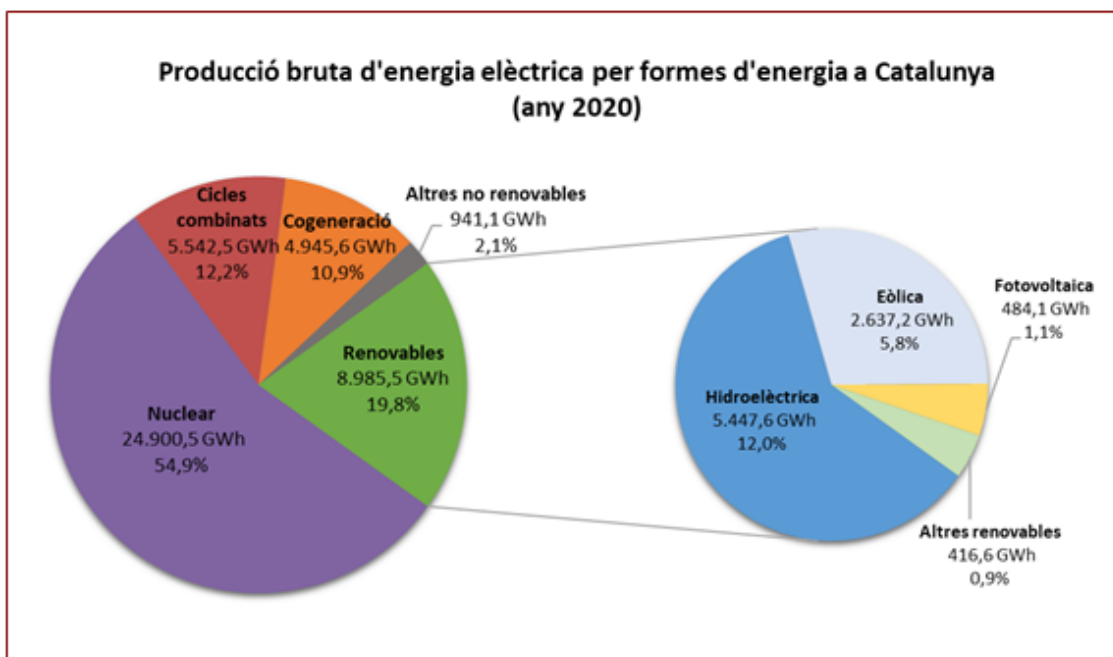
- Eòlic: La tecnologia eòlica transforma l'energia de vent en treball mecànic que, a l'aplicar-se a un alternador, genera electricitat.
- Minihidràulic La tecnologia minihidràulica transforma l'energia de l'aigua a treball mecànic que, al moure una turbina connectada a un alternador, genera electricitat. Es consideren centrals minihidràuliques només aquelles amb una potència inferior a 10 Megawatts (MW).
- Solar fotovoltaic: La tecnologia solar fotovoltaica transforma l'energia fotònica de la radiació solar en energia elèctrica.

Sistemes energètics	Llignit	Carbó	Petroli	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

Comparació en eco-punts dels impactes ambientals de vuit tecnologies de generació elèctrica. Font: IDAE.

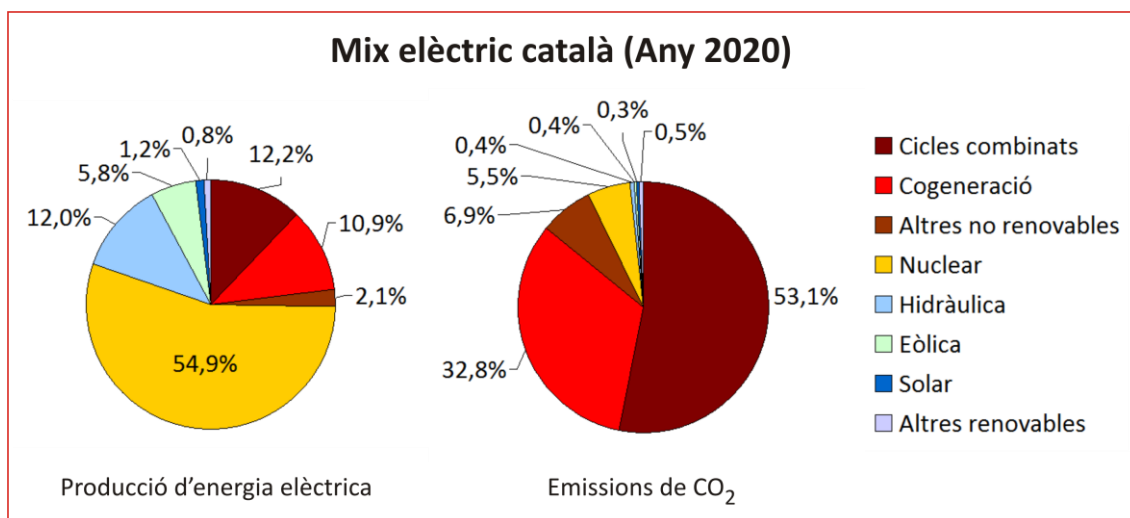
Durant l'any 2020, l'energia nuclear ha estat la principal font energètica per a la producció d'energia elèctrica a Catalunya, representant un 54,9% de la producció total. També cal destacar la producció d'energia elèctrica mitjançant els cicles combinats i la cogeneració, que han representat el 12,2% i el 10,9%, respectivament, de la producció total. En conjunt, la producció d'energia elèctrica amb fonts energètiques no renovables a Catalunya ha estat del 80,2% l'any 2018.

D'altra banda, l'energia hidroelèctrica i l'energia eòlica han estat les principals fonts energètiques renovables per a la producció d'energia elèctrica a Catalunya, representant un 12,0% i 5,8%, respectivament. En conjunt, la producció d'energia elèctrica amb fonts energètiques renovables a Catalunya ha estat del 19,8% l'any 2020.



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

El mix elèctric és el valor que expressa les emissions de CO2 associades a la generació de l'electricitat que es consumeix, sent així un indicador de les fonts energètiques que utilitzem per produir l'electricitat. Com més petit és el mix, més gran és la contribució de fonts energètiques baixes en carboni.



Producció d'energia elèctrica i emissions de CO₂ associades. Font: ICAEN 2020

Fins l'any 2020 (aquest inclòs), l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic ha realitzat anualment una estimació del mix elèctric seguint la metodologia establerta a la Circular 1/2008, de 7 de febrer, de la Comissió Nacional d'Energia, d'informació al consumidor sobre l'origen de l'electricitat consumida i el seu impacte sobre el medi ambient.

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

A Catalunya, l'electricitat que consumim, i que no hem autogenerat, prové de la xarxa elèctrica peninsular, sense poder distingir exactament en quina planta de generació d'electricitat s'ha produït l'electricitat importada. Per tant, el mix que recomanem utilitzar és el valor del mix peninsular que reflecteixi les emissions de CO₂ generades a la península per produir l'electricitat de la xarxa, i que té en compte que existeixen unes pèrdues d'electricitat que s'associen al transport i la distribució.

El mix que publica la CNMC és el mix de la xarxa elèctrica espanyola i no inclou els kWh provinents de fonts d'energia renovable certificats que disposin de la corresponent garantia d'origen (GdO) expedida per la CNMC. El mix de la xarxa elèctrica espanyola publicat per la CNMC en data 16 d'abril de 2021 és 0,25 kg CO₂/kWh.

6.3. El gas natural.

El gas natural és el combustible fòssil amb menor impacte mediambiental de tots els utilitzats, tant en l'etapa d'extracció, elaboració i transport, com en la fase d'utilització.

Pel que fa a la fase d'extracció, l'única incidència mediambiental està lligada als pous en els quals el gas natural es troba lligat a jaciments de petroli. D'altra banda, la transformació és mínima, limitant-se a una fase de purificació i en alguns casos, eliminació de components pesats, sense emissió d'efluents ni producció d'escòries.

Les instal·lacions que formen el sistema i la xarxa bàsica de gas natural són les següents: les incloses en la xarxa bàsica, les xarxes de transport secundari, les xarxes de distribució, els emmagatzematges no bàsics i altres instal·lacions complementàries.

La xarxa bàsica de gas natural estarà integrada per els gasoductes de transport primari de gas natural a alta pressió (més de 60 bars), les plantes de regasificació de gas natural líquid i les plantes de líquüfacció de gas natural, a més dels emmagatzematges bàsics.

Les xarxes de transport secundari estan formades pels gasoductes de pressió màxima de disseny compresa entre 60 i 16 bars.

Les xarxes de distribució comprenen els gasoductes amb pressió màxima de disseny igual o inferior a 16 bars i aquells altres que, amb independència de la seva pressió màxima de disseny, tinguin per objecte conduir el gas a un únic consumidor partint d'un gasoducte de la xarxa bàsica o de transport secundari.

Els vehicles de gas natural comprimit a les estacions de gas natural omplen els seus dipòsits a una pressió d'uns 250 bar.

El subministrament als punts de lliurament es realitza a baixa pressió des de la xarxa de gasoductes. En el punt de subministrament de gas natural es comprimeix el gas natural des d'una pressió d'entrada d'1 bar fins a una pressió de 250 bar.



Les dades obtingudes per al subministrament de gas natural per gasoducte, el qual es realitza des d'Algèria i Noruega, determinen unes emissions de GEH 165,5 g CO₂ eq. / litre. El consum de GNC es mesura en kg / 100 km. Un kg de GNC ocupa uns 6,2 litres a una pressió de 200 bars. El consum mitjà homologat és de 3,5 kg / 100 km i l'autonomia real amb GNC està al voltant dels 350 km.

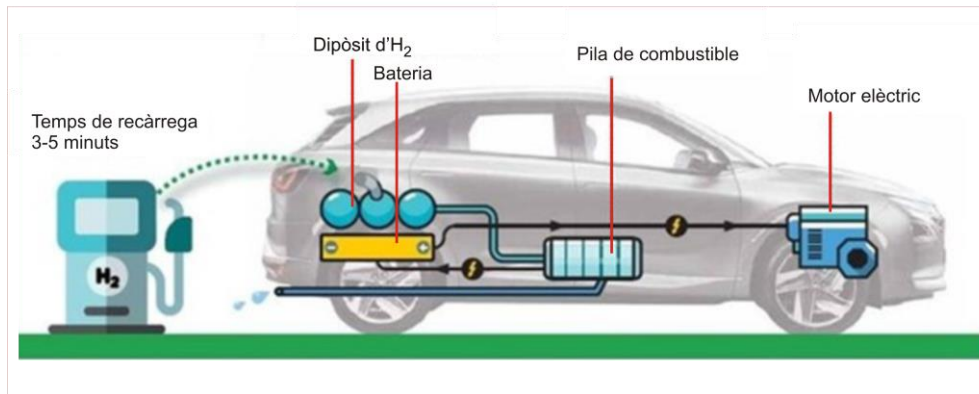
Gas natural comprimit (GNC)						
g CO ₂ equivalent per litre						
Extracció	Processament	Compressió	Transport	Distribució	Repostatge	TOTAL
45,2	24,7	23,9	25,6	17,1	29,0	165,5

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

6.4. L'hidrogen.

El cotxe elèctric funciona amb una bateria que utilitza electricitat com a combustible en lloc de gasolina, com fa un motor de combustió. En no cremar directament combustibles fòssils per funcionar, el cotxe elèctric es considera un mitjà de transport net. Una alternativa que presenta més autonomia és el que es coneix popularment com a "cotxe d'hidrogen", que consisteix en un cotxe que genera in situ la potència consumida pel motor elèctric mitjançant una pila de combustible.

El combustible utilitzat és l'hidrogen (H_2), i la pila de combustible extreu els electrons de la molècula d'aquest gas i en genera un corrent elèctric (flux d'electrons), a la vegada que genera aigua (H_2O), en forma de vapor, com a únic subproducte. Així doncs, aquesta generació de potència és neta i altament eficient, i dobla la d'un motor de combustió. Els vehicles basats en piles de combustible combinen l'autonomia dels cotxes convencionals amb els beneficis recreatius i ambientals de la conducció d'un vehicle elèctric, amb una autonomia que pot arribar als 600 km.

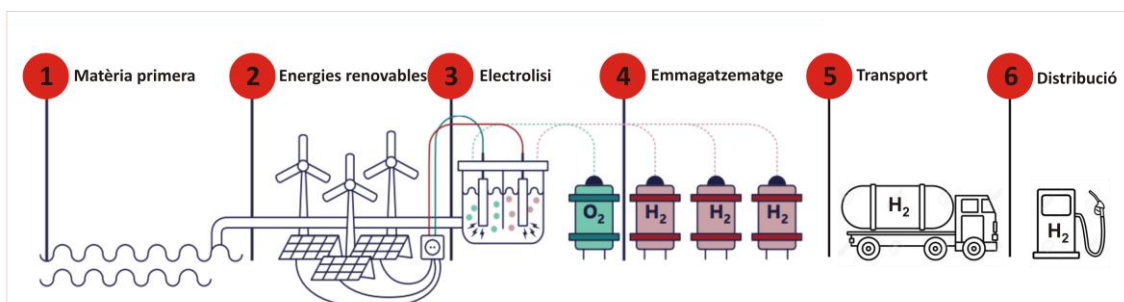


La dificultat per obtenir hidrogen 100% net ha portat els productors a classificar el producte resultant en funció del seu valor sostenible:

- Hidrogen gris: la generació requereix de combustibles fòssils com el petroli i és el menys sostenible.
- Hidrogen blau o baix en carboni: procedent del gas natural, emet menys carboni, ja que aquest es retira amb un mètode anomenat 'captura i emmagatzematge'.
- Hidrogen verd: produït per electròlisi a partir d'energies renovables, una alternativa 100% sostenible.

L'aposta per la producció d'hidrogen mitjançant la hidròlisi de l'aigua, és a dir, utilitzant un corrent continu que separa l'aigua en els seus dos components -hidrogen i oxigen-, representa un procés que requereix una important font d'energia. De fet, un cotxe d'hidrogen necessita 5 vegades més energia elèctrica que un cotxe elèctric. En el cotxe elèctric, la bateria necessita carregar-se amb electricitat de la xarxa, mentre que en el cotxe d'hidrogen, la pila requereix hidrogen que prové de l'electròlisi de l'aigua, que també funciona amb electricitat. Les dues tecnologies són mètodes de transport no contaminants, però per fer-les veritablement verdes cal que també ho siguin els mètodes de producció d'electricitat.

Si aquesta energia elèctrica té un origen completament renovable, tal com planteja l'escenari futur de la transició energètica, s'acabarà convertint a l'hidrogen generat per electròlisi en l'alternativa energètica més sostenible del mercat. La seqüència d'aquesta producció es pot veure al gràfic següent:



Les fonts energètiques renovables com l'eòlica o la solar (grans protagonistes en la transició energètica) no són gestionables, ja que produeixen energia elèctrica depenent de variables meteorològiques com la intensitat del vent o la radiació solar. Així que el subministrament d'electricitat a partir d'aquestes fonts també és variable. A vegades és insuficient per satisfer la demanda, mentre que en ocasions es produeix massa i es perd, o bé es deixa de produir, ja que no es pot emmagatzemar en el moment.

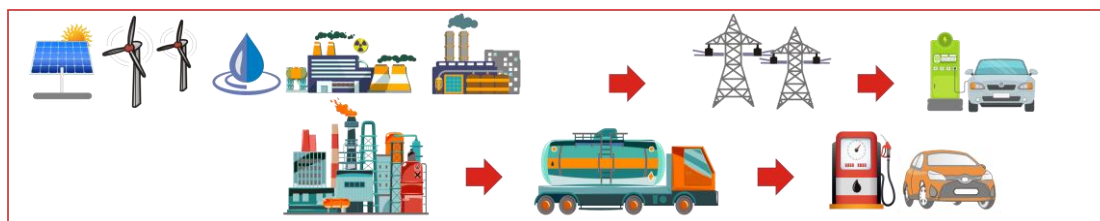
El funcionament propi del sector elèctric, que només produeix l'electricitat que serà consumida, es tradueix en un desaprofitament de l'energia que deixa de produir-se només perquè en aquest moment no hi ha demanda. Aquesta complicació es fa encara més gran a mesura que augmenta el percentatge d'energia renovable en el mix elèctric.

Però els pics d'alta generació elèctrica de fonts renovables poden produir d'hidrogen, que es pot utilitzar directament o emmagatzemar-se en tancs. Així, en aquells moments en què la capacitat de producció elèctrica renovable excedeixi la demanda, en lloc d'aturar aquestes instal·lacions, l'electricitat es derivaria a parcs de electrolitzadors, on es produiria i s'emmagatzemaria l'hidrogen per després tornar-lo a transformar en electricitat mitjançant el ús de piles de combustible.

Aquest hidrogen produït en base a energies renovables es podria fer servir per a finalitats tèrmiques a la indústria o per a la descarbonització de la mobilitat, especialment en aquells mitjans de transport que resulten tecnològicament més difícil d'electrificar, com el transport pesant per carretera, el transport marítim o l'aviació.

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	0,0	0,0	12,3	12,3
Electròlisi mix elèctric	0,0	178,5	22,7	12,3	213,5

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



Emissions en la producció d'energia per a turismes per cada 100 passatger-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO ₂ eq	gPO ₄	gCO ₂ eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM _{2.5}
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	12,03	1,74	8.440	4.542	6,57	1,52
	FCEV	Hidrogen	14,97	1,92	11.127	3.171	8,30	1,52
	HEV-D	Híbrid dièsel	19,95	1,34	2.260	977	2,81	4,68
	HEV-G	Híbrid gasolina	25,47	1,57	2.948	1.352	3,49	4,42
	ICEV-CNG	GNC	14,06	0,50	1.714	1.108	9,60	5,69
	ICEV-D	Dièsel	26,09	1,75	2.956	1.278	3,67	5,63
	ICEV-G	Gasolina	34,72	2,34	4.018	1.843	4,76	5,46
	ICEV-LPG	GLP	39,39	2,88	2.082	1.779	7,06	4,72
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	14,27	1,63	1.942	1.970	2,57	4,42
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	15,83	1,73	2.579	2.076	2,85	4,23	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	14,44	2,09	10.128	5.451	7,88	1,83
	FCEV	Hidrogen	17,97	2,31	13.352	3.806	9,97	1,83
	HEV-D	Híbrid dièsel	23,94	1,61	2.712	1.173	3,37	5,62
	HEV-G	Híbrid gasolina	30,57	1,88	3.538	1.622	4,19	5,30
	ICEV-CNG	GNC	16,87	0,60	2.057	1.330	11,53	6,83
	ICEV-D	Dièsel	31,30	2,10	3.547	1.534	4,41	6,75
	ICEV-G	Gasolina	41,66	2,81	4.822	2.211	5,71	6,56
	ICEV-LPG	GLP	47,27	3,46	2.498	2.135	8,48	5,67
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	17,12	1,95	2.350	2.364	3,12	5,10
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	18,99	2,08	3.025	2.491	3,44	4,87	

Emissions en la producció d'energia per a autobusos per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO ₂ eq	gPO ₄	gCO ₂ eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM _{2.5}
Bus urbà	BEV	Elèctric	5,89	0,92	2.451	1.258	3,54	0,85
	FCEV	Hidrogen	10,56	1,42	3.978	1.423	5,85	0,86
	HEV-D	Híbrid dièsel	6,38	0,43	723	312	0,90	1,48
	ICEV-CNG	GNC	7,57	0,23	895	582	4,89	1,70
	ICEV-D	Dièsel	9,59	0,76	1.091	468	1,35	2,19
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	8,55	0,98	923	996	0,39	2,12
Autocar	BEV	Elèctric	6,57	0,71	4.709	2.653	3,91	0,92
	FCEV	Hidrogen	6,07	0,78	6.411	1.286	3,37	0,49
	HEV-D	Híbrid dièsel	7,48	0,51	812	442	1,03	1,66
	ICEV-CNG	GNC	8,25	0,19	946	625	5,24	1,35
	ICEV-D	Dièsel	10,81	0,73	1.225	530	1,52	2,46
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	9,72	1,13	1.064	1.126	0,45	2,45

Emissions en la producció d'energia per a vehicles de mercaderies per cada 100 tones-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO ₂ eq	gPO ₄	gCO ₂ eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM _{2.5}
Furgoneta	BEV	Elèctric	75,48	11,53	18.724	12.587	35,20	9,97
	FCEV	Hidrogen	96,82	15,07	21.358	15.075	49,58	7,98
	HEV-D	Híbrid dièsel	65,12	4,54	7.612	3.952	9,25	15,87
	ICEV-CNG	GNC	60,70	0,91	8.191	5.032	45,23	7,44
	ICEV-D	Dièsel	78,27	5,54	9.088	4.156	11,09	17,32
	ICEV-G	Gasolina	88,12	6,15	10.342	4.664	12,26	13,84
	ICEV-LPG	GLP	71,75	5,25	9.752	3.241	12,86	6,07
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	75,24	8,55	8.245	9.728	3,54	16,85
Camió rígid	BEV	Elèctric	34,26	5,25	8.304	5.435	15,68	4,75
	FCEV	Hidrogen	42,61	6,66	9.523	6.412	22,31	3,84
	HEV-D	Híbrid dièsel	31,21	2,10	3.467	1.531	4,35	7,24
	ICEV-CNG	GNC	29,36	0,72	3.731	2.245	19,86	8,06
	ICEV-D	Dièsel	33,35	2,24	4.183	1.835	5,19	8,66
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	33,12	3,97	3.756	4.112	1,64	7,55	
Camió 40 t	BEV	Elèctric	14,03	2,07	3.121	1.957	6,15	1,76
	FCEV	Hidrogen	16,94	2,68	3.528	2.348	8,64	1,52
	HEV-D	Híbrid dièsel	12,54	0,85	1.386	659	1,76	2,84
	ICEV-LNG	GNC	10,97	1,09	1.492	856	8,25	3,70
	ICEV-D	Dièsel	28,98	1,95	1.673	751	2,11	3,45
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	13,05	1,62	1.502	1.958	0,67	3,06

Font: European Commission, DG Climate Action. 2020

7. L'ús del vehicle.

El sector del transport genera diverses emissions contaminants, atesa la natura dels combustibles d'origen fòssil que majoritàriament utilitza. La quantitat de gasos depèn de factors com el tipus de vehicle (antiguitat, potència, combustible, etc.), el tipus de via o les característiques de la conducció.

L'increment de la demanda de mobilitat de la ciutadania i les previsions respecte de l'evolució del nombre de vehicles i de desplaçaments han fet que el sector del transport hagi esdevingut el principal consumidor d'energia, i, com a conseqüència, l'emissor principal de contaminants a l'atmosfera.

A les zones urbanes, la principal font emissora de contaminants són els vehicles. Es pot constatar que les vies de comunicació amb una intensitat de trànsit elevada tenen associats nivells d'emissió elevats. Les emissions dels tubs d'escapament dels vehicles de motor generen més d'una quarta part de les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i la major part de la contaminació atmosfèrica urbana que afecta la salut de les persones, principalment dels nadons, de la gent gran i de les persones amb malalties respiratòries.

Segons l'Agència Europea del Medi Ambient, malgrat que la qualitat de l'aire urbà està millorant lleugerament en algunes ciutats, els nivells de contaminació continuen representant un risc per a la salut. Les poblacions urbanes estan exposades a concentracions de contaminants atmosfèrics que superen els valors objectius relacionats amb la salut definits a les directives europees sobre la qualitat de l'aire. Mentre que els nivells de diòxid de sofre s'han anat reduint de manera significativa, la resta d'emissions continuen augmentant: partícules, NO_x (NO i NO₂), CO i HC.

D'altra banda, el transport és responsable de més del 30% de les emissions de CO₂ a la UE, de les quals el 72% prové el transport per carretera. Com a part del seu treball per reduir les emissions de CO₂, la UE s'ha compromès a disminuir les que provenen del transport un 60% per sota dels nivells de 1990 per a 2050. Per augmentar el ritme, la Unió Europea s'ha proposat nous objectius d'emissions de CO₂ aprovant una proposta per reduir les emissions de CO₂ dels camions nous en un 30% per 2030 per sota dels nivells de 2019.

7.1. La qualitat de l'aire.

La majoria dels impactes derivats de la contaminació sorgeixen dels efectes sobre la salut humana. La inhalació de contaminants atmosfèrics com ara partícules (PM₁₀, PM_{2.5}) i òxid de nitrogen (NO_x) comporta un major risc de malalties respiratòries i cardiovasculars (per exemple, bronquitis, asma, càncer de pulmó), amb les conseqüents despeses de tractament mèdic, pèrdues de producció (per malaltia) i, en alguns casos, fins i tot fins a la mort.

Altres efectes analitzats relacionats amb la contaminació de l'aire són les pèrdues als cultius: l'ozó com a contaminant de l'aire secundari (provocat principalment per l'emissió de NO_x i COV) i d'altres contaminants de l'aire àcid (per exemple SO₂, NO_x) danyen els cultius agrícoles, el que es pot avaluar com a una pèrdua de rendiments de cultiu.

La contaminació de l'aire també provoca danys materials i de construcció: Els contaminants atmosfèrics poden causar principalment dos tipus de danys en edificis i altres materials: a) contaminació de les superfícies de l'edifici a través de partícules i pols; b) danys a les façanes i materials de la construcció a causa dels processos de corrosió, causats per substàncies àcides (per exemple, òxids de nitrogen NOx o òxid de sofre SO2).

Per últim, no podem oblidar la pèrdua de biodiversitat: els contaminants atmosfèrics poden provocar danys en els ecosistemes. Els danys més importants són a) l'acidificació del sòl, la precipitació i l'aigua (per exemple per NOx, SO2) i b) l'eutrofització dels ecosistemes (per exemple per NOx, NH3).

El principals contaminants produïts per la circulació dels vehicles són:

Monòxid de Carboni (CO), més habitual en els vehicles de gasolina que en els dièsel. El monòxid de carboni i diòxid de carboni es produeixen quan la combustió no és completa per excés de carburant o falta d'oxigen en la barreja. La seva exposició excessiva comporta enverinament. I serveixi com a exemple que és el causant de centenars de morts cada any pel mal funcionament de calderes o brasers tradicionals.

Restes d'Hidrocarburs (HC), que són partícules d'hidrocarburs que no han cremat totalment i estan presents tant en els gasos procedents de motors gasolina com dièsel. Són tòxics i provoquen enrogiment als ulls, reaccions a la pell i problemes respiratoris.

Òxids de Nitrogen (NOx), diversos i amb diferents composicions, però es representen habitualment amb una única fórmula (amb una x que engloba diversos números). Sorgeixen per una mala combustió en el cilindre, per l'alta pressió en els cilindres i per una mala barreja de el combustible, per aquest motiu siguin més habituals en els motors dièsel que en els de gasolina. Si s'uneixen a l'oxigen o la humitat resulta el NO3 (molt perillós) i HNO3 (un àcid que destrueix l'ozó i que provoca l'efecte hivernacle).

Òxids de sofre (SO2), restes de sofre existents en els combustibles, una mica més habituals a la gasolina que el dièsel. La seva presència cada vegada és menor davant els cada dia més avançats processos de refinament dels carburants. Són altament tòxics i són els responsables de la pluja àcida que es produeix en algunes ciutats.

Partícules en suspensió (PM), substàncies que es troben en suspensió estan compostes per diversos elements resultants de la combustió i de la circulació dels vehicles i són nocives per a la salut.

Producte	grams per litre				
	CO	HC	Nox	SO2	PM
Gas líquat de petroli	65,81	0,30	12,77	0,45	79,33
Gasolina	79,10	0,48	9,33	0,19	89,10
Gasoil.	12,31	0,22	11,78	0,54	24,85
Gas natural comprimit	16,20	0,98	0,78	0,12	18,08

Font: Guia de càlcul d'emissions de contaminants a l'atmosfera. DG Qualitat Ambiental. Generalitat de Catalunya

7.2. El canvi climàtic.

El diòxid de carboni (també conegut com anhidrid carbònic) es troba a l'atmosfera en una proporció mitjana de 380 parts per milió. Aquesta presència és una de les estacions del 'cicle planetari del carboni'. Tal cicle circula entre els quatre espais planetaris que inclouen els anomenats reservoris actius: l'atmosfera, la biosfera, la hidrosfera (fonamentalment els oceans) i la litosfera (la capa superficial sòlida de la Terra). La seva proporció en l'atmosfera és la menor d'aquests quatre reservoris, i no obstant això exerceix el paper més transcendent.

En els últims 800.000 anys, la concentració de CO₂ a l'atmosfera va fluctuar entre les 170 i 330 parts per milió (nivells molt acceptables per a la sostenibilitat de la planeta), però des dels últims 170 anys, i de forma enormement accelerada en les tres últimes dècades, s'ha disparat fins a uns valors que arriben en l'actualitat 415 parts per milió.

Les emissions de CO₂ s'han multiplicat i tenen conseqüències. És un gas que contribueix a l'escalfament del planeta encara que no sigui l'únic. També altres gasos naturals (metà, òxid nítrics) o artificials (gasos fluorats) formen part dels tan esmentats gasos d'efecte hivernacle (GEH). De fet, el seu augment a l'atmosfera és el que desencadena el canvi climàtic, la crisi climàtica o l'emergència climàtica. Són tres termes molt propers que s'utilitzen per descriure l'escalfament global que pateix la Terra.

Les estadístiques oficials confirmen que no han baixat les emissions de CO₂ durant els últims anys (exceptuant els mesos de confinaments i la caiguda dràstica de l'activitat en molts països a causa de la pandèmia).

Si la societat no rebaixa els seus índexs d'emissions de CO₂ a l'atmosfera, els informes científics auguren múltiples riscos i impactes. Per exemple, problemes de proveïment pel col·lapse de les collites, disminució de l'aigua potable (per primera vegada en la història còmita en el mercat de futurs, com si fos or o blat), pujades del nivell de la mar, extinció d'espècies, la desaparició d'ecosistemes sencers (sobretot els més fràgils com els esculls de coral), l'augment de sequeres, huracans o tifons, migracions massives per causes climàtiques i geopolítiques associades ... Creix la fragilitat dels ecosistemes i molts futurs problemes ni tan sols són predictibles avui .

El transport és el major emissor de CO₂ al nostre país, molt per davant de la indústria i l'electricitat. I aquesta contribució augmenta cada any un 3 %, cosa que ens allunya de l'objectiu d'emissions fixat en l'Acord de París i que agreuja l'emergència climàtica actual. El transport per carretera és l'emissor més destacat (72 %).

Producte	g CO ₂ equivalent per litre
Gas líquid de petroli	1.630
Gasolina	2.244
Gasoil.	1.452
Gas natural comprimit	289

Font: Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH) . Generalitat de Catalunya



Emissions en l'ús del vehicle per a turismes per cada 100 passatger-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	0	0,00	1,94
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	0	0,00	1,94
	HEV-D	Híbrid dièsel	10,79	2,88	8.093	92	10,32	10,02
	HEV-G	Híbrid gasolina	4,56	1,09	13.696	110	2,66	5,63
	ICEV-CNG	GNC	5,54	1,35	12.242	179	7,75	7,25
	ICEV-D	Dièsel	16,09	4,37	14.965	104	29,05	27,99
	ICEV-G	Gasolina	5,32	1,29	18.793	150	7,34	6,96
	ICEV-LPG	GLP	2,40	0,66	15.804	145	9,64	6,02
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	2,57	0,72	4.331	75	4,26	12,07
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	1,05	0,25	8.879	100	0,27	5,97	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	0	0,00	2,14
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	0	0,00	2,14
	HEV-D	Híbrid dièsel	11,87	3,17	9.215	98	12,35	11,02
	HEV-G	Híbrid gasolina	5,02	1,20	15.065	121	2,93	6,19
	ICEV-CNG	GNC	6,09	1,48	13.466	196	8,52	7,98
	ICEV-D	Dièsel	17,70	4,81	16.462	114	31,96	30,79
	ICEV-G	Gasolina	5,85	1,42	20.672	165	8,07	7,66
	ICEV-LPG	GLP	2,64	0,73	17.384	159	10,61	6,62
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	2,83	0,79	7.104	83	4,69	13,28
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	1,15	0,27	11.253	110	0,29	7,02	
Emissions en l'ús del vehicle per a autobusos per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Bus urbà	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	0	0,00	0,49
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	0	0,00	0,49
	HEV-D	Híbrid dièsel	3,86	1,06	1.896	31	4,12	3,75
	ICEV-CNG	GNC	0,97	0,24	2.174	32	0,42	0,89
	ICEV-D	Dièsel	4,02	1,09	3.753	25	7,25	7,14
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	0,97	0,27	1.253	22	1,63	4,15	
Autocar	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	0	0,00	0,57
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	0	0,00	0,57
	HEV-D	Híbrid dièsel	4,44	1,22	2.180	36	4,74	4,31
	ICEV-CNG	GNC	1,12	0,28	2.500	37	0,48	1,02
	ICEV-D	Dièsel	4,62	1,25	4.316	29	8,34	8,21
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	1,12	0,31	1.441	25	1,87	4,77	
Emissions en l'ús del vehicle per a vehicles de mercaderies per cada 100 tones-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Furgoneta	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	252	0,00	5,14
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	322	0,00	5,14
	HEV-D	Híbrid dièsel	23,15	6,48	11.480	188	24,87	22,56
	ICEV-CNG	GNC	7,58	1,86	16.797	248	3,26	6,95
	ICEV-D	Dièsel	29,12	7,84	27.114	191	52,15	51,34
	ICEV-G	Gasolina	8,67	2,13	30.915	247	12,24	11,65
	ICEV-LPG	GLP	2,95	0,83	19.335	175	11,68	7,42
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	6,74	1,87	8.637	152	11,15	27,53
Camió rígid	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	145	0,00	2,97
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	164	0,00	2,71
	HEV-D	Híbrid dièsel	4,63	1,31	5.875	74	5,25	10,41
	ICEV-CNG	GNC	3,14	0,77	6.977	103	1,37	2,87
	ICEV-D	Dièsel	12,03	3,32	11.264	74	21,67	21,56
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	2,91	0,77	3.588	62	4,75	11,84	
Camió 40 t	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0	82	0,00	1,24
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0	73	0,00	1,24
	HEV-D	Híbrid dièsel	1,71	0,48	1.938	28	2,04	4,59
	ICEV-LNG	GNC	1,14	0,28	2.569	32	5,95	4,94
	ICEV-D	Dièsel	4,44	1,24	4.148	27	7,95	8,15
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	1,05	0,28	1.321	23	1,76	4,23	

Font: European Commission, DG Climate Action. 2020

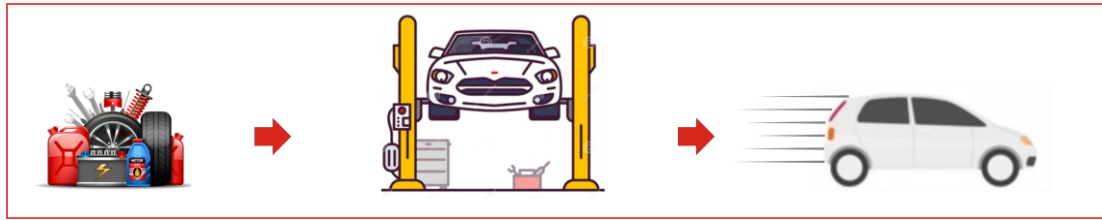
8. El manteniment del vehicle.

Al taller de manteniment i reparació de vehicles, els residus generats en funció de l' tipus de treball són els següents:

- Residus urbans: Requereixen separació en origen i dipòsit en contenidor de recollida selectiva. Es tracta de restes d'envasos i embalatges de cartró, plàstic i vidre que no hagin contingut productes químics o residus orgànics.
- Residus industrials no perillosos: Són els propis de l'activitat. Encara que no són perillosos, requereixen una gestió específica. Es tracta de pneumàtics usats, vidres trencats, serradures, etc. i altres absorbents no impregnats de substàncies químiques.
- Residus perillosos: olis usats de motor, líquids refrigerants i de frens, filtres diversos, pintures, laques, esmalts, gasoils i derivats, bateries, etc. Tots s'han de gestionar mitjançant el seu lliurament a gestors autoritzats.
- Residus urbans de tipus voluminosos: De gran importància en automoció, al quedar restes de grans dimensions de motors, carrosseries, ferralla, palets, etc., que majoritàriament necessiten una gestió específica.
- Emissions atmosfèriques: Es deuen principalment a la crema de carburant en els motors d'explosió, la producció d'energia per al funcionament de la maquinària de taller, els components volàtils provinents de l'aplicació de pintures, i també dels gasos de combustió de les calderes de calefacció, cabines de pintat i motors.
- Abocaments: Es tracta principalment d'aigua de neteja de les instal·lacions i aigua sanitària. La contaminació d'aigües prové fonamentalment del rentat de vehicles i de la neteja de les instal·lacions per les restes d'olis, brutícia i detergents.

El manteniments dels cotxes elèctrics és més senzill que els de combustió interna al no tenir tantes peces subjectes al desgast produït pel fregament i les altes temperatures. Els elements bàsics que componen la tracció elèctrica com el mateix motor elèctric, l'electrònica de potència o el carregador de bord, no necessiten cap tipus de manteniment. La bateria de tracció és probablement un dels punts més febles del cotxe elèctric. No ho és per manteniment (les de ions de liti no en tenen) sinó per degradació i vida útil. Poc més es pot fer que seguir una sèrie de bones pràctiques per a allargar la seva vida i mantenir la seva capacitat el màxim possible, però és probable que s'hagi de canviar almenys un cop al llarg del cicle de vida del vehicle.

En el cas dels híbrids endollables, el seu manteniment és a el mateix temps, el d'un cotxe elèctric, i el d'un cotxe de combustió interna. Tot i que el manteniment del seu tren de rodatge és comú a tots dos, són cotxes amb complexos sistemes anti-contaminació, filtres i fluids, com qualsevol cotxe modern de combustió intern. A aquest manteniment es suma el manteniment específic de les seves bateries, motors elèctrics i grups de transmissió associats. És una de les desavantatges dels cotxes endollables: un manteniment encara més complex, i per tant, notablement més car.



Emissions en el manteniment del vehicle per a turismes per cada 100 passatger-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO ₂ eq	gPO ₄	gCO ₂ eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM _{2.5}
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	1,29	0,62	304	53	1,36	0,10
	FCEV	Hidrogen	1,19	0,57	280	49	1,27	0,10
	HEV-D	Híbrid dièsel	8,69	1,36	495	82	2,79	1,37
	HEV-G	Híbrid gasolina	11,12	1,03	407	76	2,74	1,20
	ICEV-CNG	GNC	12,66	1,61	453	72	3,08	2,15
	ICEV-D	Dièsel	10,50	1,54	536	88	3,02	2,09
	ICEV-G	Gasolina	13,51	1,11	422	79	2,96	1,96
	ICEV-LPG	GLP	11,53	0,68	345	64	1,86	1,40
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	16,38	3,89	511	113	4,63	0,67
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	17,65	3,74	498	112	4,63	0,58	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	1,39	0,65	327	61	1,60	0,13
	FCEV	Hidrogen	1,29	0,60	304	58	1,51	0,13
	HEV-D	Híbrid dièsel	12,17	1,82	686	121	3,93	1,78
	HEV-G	Híbrid gasolina	15,30	1,29	508	101	3,78	1,55
	ICEV-CNG	GNC	17,47	2,10	572	96	4,26	2,79
	ICEV-D	Dièsel	14,80	2,09	765	132	4,30	2,71
	ICEV-G	Gasolina	18,65	1,41	530	106	4,08	2,54
	ICEV-LPG	GLP	11,89	0,80	421	84	2,55	1,82
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	23,72	5,55	725	157	6,57	0,86
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	25,44	5,32	675	153	6,54	0,75	

Emissions en el manteniment del vehicle per a autobusos per cada 100 passatger-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO ₂ eq	gPO ₄	gCO ₂ eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM _{2.5}
Bus urbà	BEV	Elèctric	0,13	0,06	44	3	0,18	0,03
	FCEV	Hidrogen	0,11	0,05	41	3	0,20	0,03
	HEV-D	Híbrid dièsel	1,88	0,19	115	7	0,44	0,65
	ICEV-CNG	GNC	2,00	0,27	93	5	0,51	0,84
	ICEV-D	Dièsel	1,93	0,30	126	7	0,54	0,82
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	2,69	0,49	107	8	0,91	0,36	
Autocar	BEV	Elèctric	0,12	0,06	34	3	0,18	0,04
	FCEV	Hidrogen	0,09	0,05	32	3	0,13	0,04
	HEV-D	Híbrid dièsel	1,25	0,19	81	5	0,44	0,72
	ICEV-CNG	GNC	1,50	0,14	67	4	0,51	0,85
	ICEV-D	Dièsel	1,44	0,15	89	5	0,27	0,94
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	1,79	0,49	79	6	0,61	0,42	

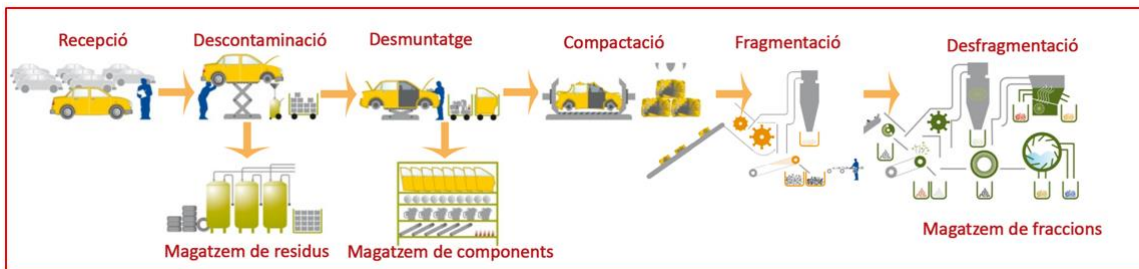
Emissions en el manteniment per a vehicles de mercaderies per cada 100 tones-km								
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO ₂ eq	gPO ₄	gCO ₂ eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM _{2.5}
Furgoneta	BEV	Elèctric	1,67	1,06	460	37	2,42	0,40
	FCEV	Hidrogen	2,00	1,14	509	46	2,57	0,40
	HEV-D	Híbrid dièsel	21,03	3,59	1.108	72	6,80	6,03
	ICEV-CNG	GNC	31,22	4,23	951	57	7,57	5,54
	ICEV-D	Dièsel	26,39	4,32	1.267	77	7,63	7,56
	ICEV-G	Gasolina	33,46	2,83	1.067	62	7,24	5,19
	ICEV-LPG	GLP	33,12	1,60	995	50	4,46	3,55
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	42,46	10,90	1.198	104	11,58	3,34	
Camió rígid	BEV	Elèctric	0,73	0,40	205	15	1,04	0,32
	FCEV	Hidrogen	0,63	0,36	198	16	0,92	0,31
	HEV-D	Híbrid dièsel	7,19	1,17	464	26	2,59	1,63
	ICEV-CNG	GNC	10,57	1,35	412	21	2,97	2,12
	ICEV-D	Dièsel	8,48	1,33	499	26	2,75	4,83
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	14,72	3,75	520	39	4,54	1,42	
Camió 40 t	BEV	Elèctric	0,67	0,31	126	10	0,77	0,08
	FCEV	Hidrogen	0,26	0,16	88	9	0,39	0,08
	HEV-D	Híbrid dièsel	2,63	0,47	149	10	0,92	1,12
	ICEV-LNG	GNC	3,94	0,54	129	8	1,04	1,24
	ICEV-D	Dièsel	3,36	0,58	169	10	1,04	2,09
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	7,85	1,81	195	17	2,00	1,07	

Font: European Commission, DG Climate Action. 2020

9. El reciclatge i desballestament del vehicle.

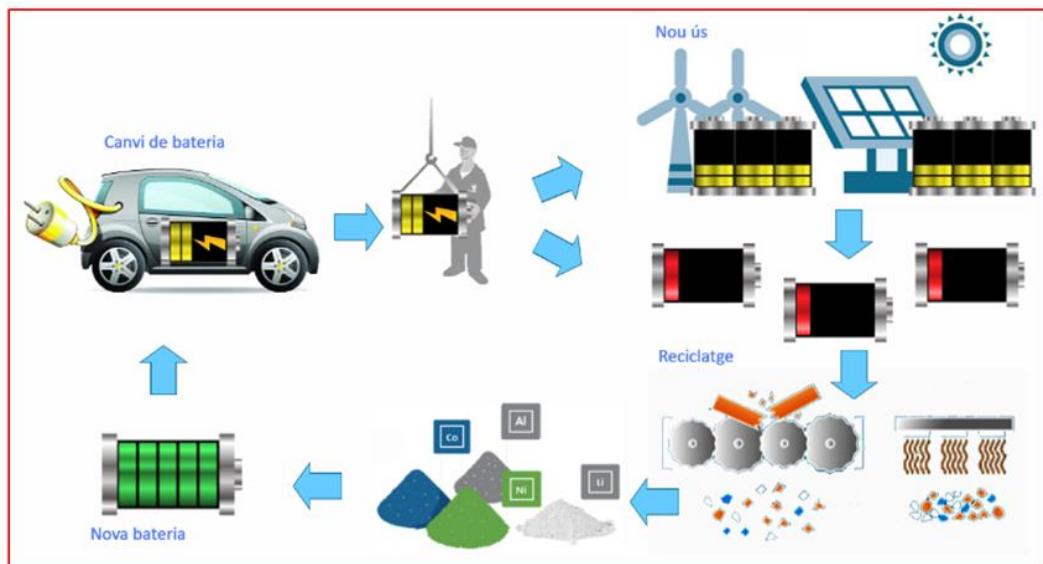
El reciclatge i desballestament del vehicle s'ha de realitzar obligatòriament als Centres Autoritzats de Tractament (CAT), regulats pel Reial Decret 1383/2002: "Instal·lacions autoritzades per a realitzar qualsevol de les operacions de tractament dels vehicles al final de la seva vida útil".

En aquests centres homologats, actualment es recicla prop d'un 78,5% de total del pes de el vehicle. Tot i això, es produeixen residus, com ara olis hidràulics de motor, transmissió i lubricants, fangs de separadors d'aigua i olis, filtres d'oli, líquid de frens, gasos de l'aire condicionat, anticongelants, dissolvents i refrigerants, grasses i hidrocarburs, components de mercuri, etc...



Menció especial mereix el reciclatge de les bateries. Un bon sistema pot arribar a reciclar el 80% dels components d'una bateria.

Una de les principals iniciatives de reciclatge de les bateries dels cotxes elèctrics consisteix a recuperar les matèries primeres pures que les componen com ara el liti, el cobalt i el níquel, per a la creació de noves bateries.



Altres fabricants del sector reutilitzen les bateries un cop han estat retirades dels cotxes com a sistema estacionari d'emmagatzematge d'energia elèctrica per donar una segona oportunitat a les bateries. Al Japó per exemple, alguns fabricants reutilitzen les bateries per abastir d'energia semàfors i fanals.



Emissions en el reciclatge i desballestament del vehicle per a turismes per cada 100 passatger-km

Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	-40,23	-13,87	-875	23	-8,30	-0,51
	FCEV	Hidrogen	-24,20	-9,45	-856	-48	-6,27	-0,51
	HEV-D	Híbrid dièsel	-13,00	-6,70	-680	-29	-4,50	-1,56
	HEV-G	Híbrid gasolina	-14,64	-7,11	-679	-30	-4,64	-1,47
	ICEV-CNG	GNC	-10,54	-4,66	-653	-37	-4,03	-1,90
	ICEV-D	Dièsel	-8,77	-3,97	-643	-32	-3,77	-1,88
	ICEV-G	Gasolina	-10,83	-4,49	-642	-33	-3,94	-1,82
	ICEV-LPG	GLP	-6,55	-4,43	-651	-27	-3,70	-1,57
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-30,96	-10,82	-912	3	-7,31	-1,14
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	-32,50	-11,20	-894	1	-7,38	-1,08	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	-69,79	-21,10	-1.278	60	-13,10	-0,57
	FCEV	Hidrogen	-33,46	-11,77	-1.168	-61	-8,40	-0,57
	HEV-D	Híbrid dièsel	-16,91	-7,89	-953	-33	-6,03	-1,75
	HEV-G	Híbrid gasolina	-19,08	-8,58	-954	-34	-6,23	-1,65
	ICEV-CNG	GNC	-13,94	-5,80	-928	-45	-5,53	-2,12
	ICEV-D	Dièsel	-11,54	-4,73	-912	-37	-5,14	-2,10
	ICEV-G	Gasolina	-14,25	-5,60	-914	-39	-5,40	-2,04
	ICEV-LPG	GLP	-9,34	-5,56	-935	-31	-5,17	-1,76
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-40,22	-13,20	-1.222	7	-9,53	-1,28
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	-42,24	-13,83	-1.197	5	-9,64	-1,20	

Emissions en el reciclatge i desballestament del vehicle per a autobusos per cada 100 passatger-km

Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Bus urbà	BEV	Elèctric	-4,11	-1,33	-126	1	-1,07	-0,17
	FCEV	Hidrogen	-2,29	-0,79	-126	-3	-0,98	-0,17
	HEV-D	Híbrid dièsel	-2,81	-0,95	-157	-2	-0,72	-0,74
	ICEV-CNG	GNC	-1,66	-0,79	-134	-3	-0,66	-0,75
	ICEV-D	Dièsel	-1,61	-0,78	-151	-2	-0,68	-0,74
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-4,55	-1,16	-181	0	-1,33	-0,53
Autocar	BEV	Elèctric	-3,65	-1,33	-97	1	-1,07	-0,21
	FCEV	Hidrogen	-1,91	-0,79	-98	-3	-0,65	-0,21
	HEV-D	Híbrid dièsel	-1,87	-0,95	-111	-2	-0,72	-1,52
	ICEV-CNG	GNC	-1,25	-0,39	-97	-2	-0,66	-0,59
	ICEV-D	Dièsel	-1,21	-0,39	-107	-2	-0,34	-1,52
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-3,04	-1,16	-134	0	-0,89	-1,17

Emissions en el reciclatge i desballestament per a vehicles de mercaderies per cada 100 passatger-km

Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
Furgoneta	BEV	Elèctric	-51,73	-23,60	-1.326	16	-14,73	-1,95
	FCEV	Hidrogen	-40,58	-18,69	-1.555	-46	-12,73	-1,95
	HEV-D	Híbrid dièsel	-31,45	-17,64	-1.523	-25	-10,98	-6,87
	ICEV-CNG	GNC	-25,99	-12,24	-1.371	-29	-9,90	-4,90
	ICEV-D	Dièsel	-22,05	-11,18	-1.519	-28	-9,51	-6,78
	ICEV-G	Gasolina	-25,56	-11,25	-1.840	-23	-9,57	-4,17
	ICEV-LPG	GLP	-26,03	-11,14	-2.209	-18	-9,06	-3,45
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-72,00	-25,90	-2.021	5	-16,81	-4,93
Camión rígido	BEV	Elèctric	-22,64	-8,97	-592	6	-6,32	-1,57
	FCEV	Hidrogen	-12,87	-5,91	-604	-16	-4,56	-1,50
	HEV-D	Híbrid dièsel	-10,75	-5,76	-637	-9	-4,18	-1,86
	ICEV-CNG	GNC	-8,80	-3,91	-594	-11	-3,88	-3,54
	ICEV-D	Dièsel	-7,09	-3,43	-599	-9	-3,43	-4,33
PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-24,96	-8,92	-877	2	-6,60	-2,10	
Camión 40 t	BEV	Elèctric	-20,93	-6,90	-364	5	-4,70	-0,41
	FCEV	Hidrogen	-5,29	-2,56	-268	-9	-1,93	-0,41
	HEV-D	Híbrid dièsel	-3,93	-2,29	-205	-3	-1,49	-2,18
	ICEV-LNG	GNC	-3,28	-1,57	-186	-4	-1,36	-1,62
	ICEV-D	Dièsel	-2,81	-1,49	-202	-4	-1,29	-1,88
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	-13,30	-4,30	-329	1	-2,90	-1,58

Font: European Commission, DG Climate Action. 2020

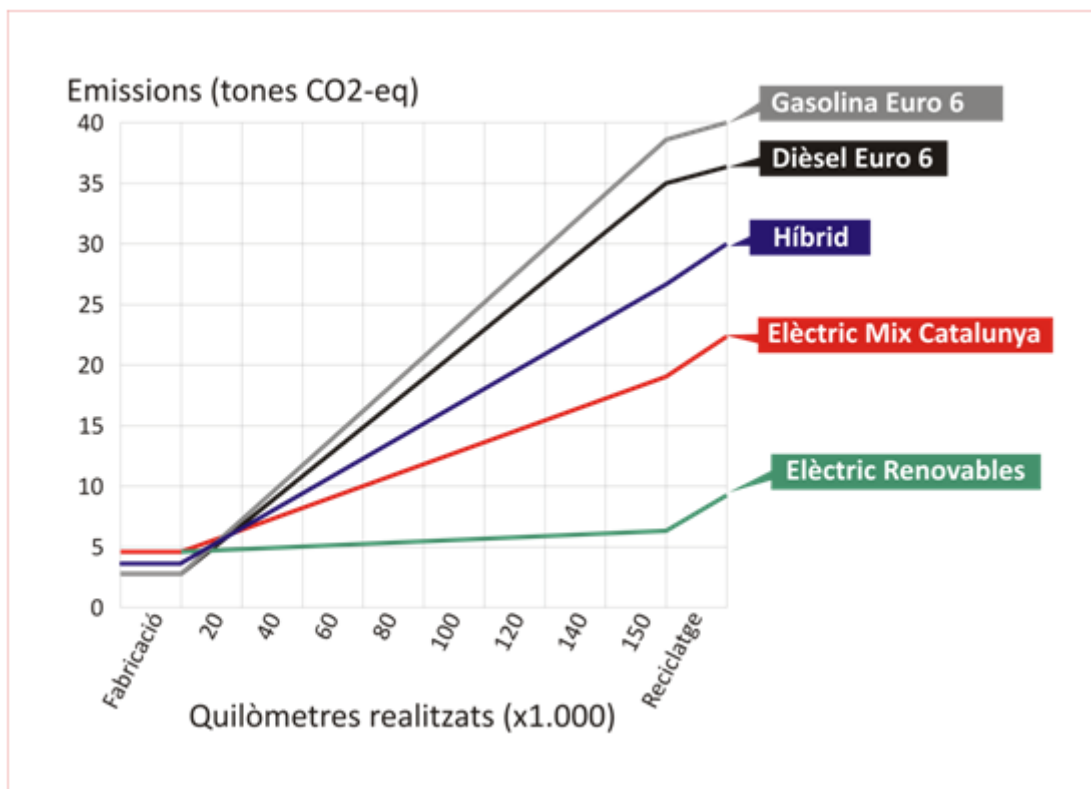
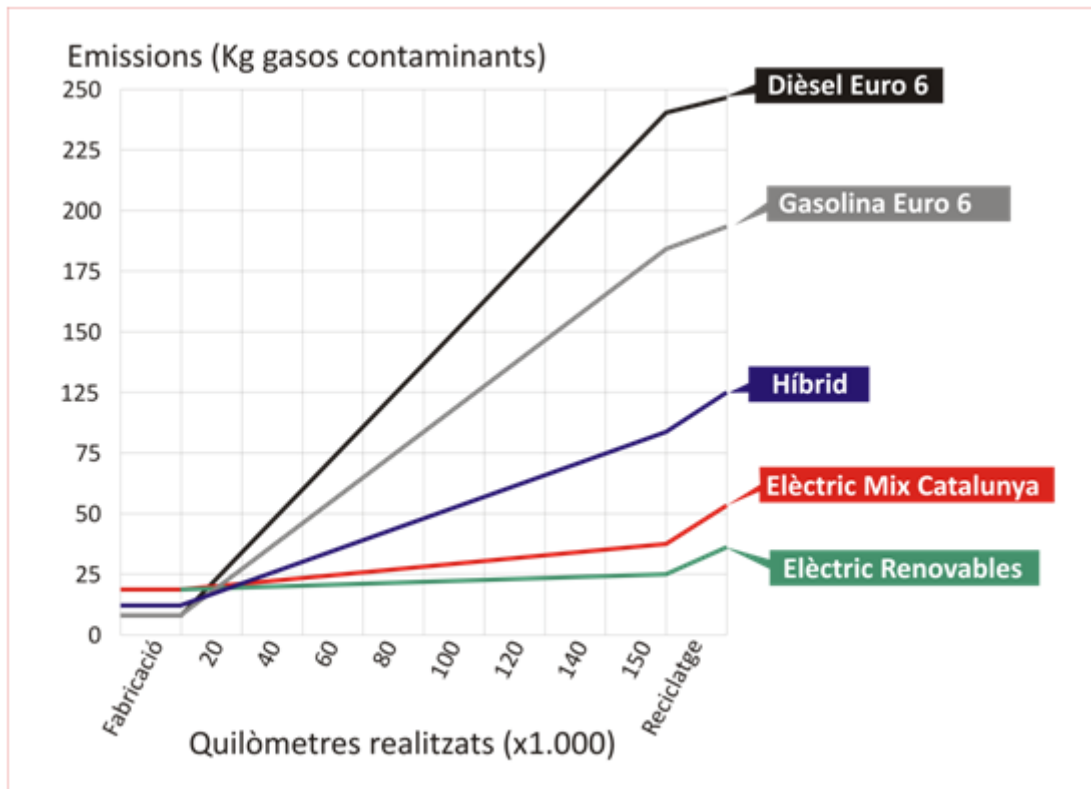
10. Emissions totals durant el cicle de vida del vehicle.

Tenint en consideració els valors expressats a les taules anteriors, les emissions totals durant el cicle de vida del vehicle (fabricació, obtenció del combustible o de l'energia, ús del vehicle i manteniment i reciclatge i desballestament) es poden veure a la taula següent :

Emissions totals del vehicle per a turismes per cada 100 passatger-km									
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5	
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5	
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	48,09	17,18	13.029	5.814	23,08	4,08	
	FCEV	Hidrogen	43,10	13,42	15.450	4.412	20,95	4,08	
	HEV-D	Híbrid dièsel	56,37	14,42	13.672	2.123	24,68	17,63	
	HEV-G	Híbrid gasolina	58,94	12,47	19.861	2.511	17,60	12,71	
	ICEV-CNG	GNC	48,25	11,04	17.220	2.303	28,81	16,99	
	ICEV-D	Dièsel	67,21	14,86	21.125	2.415	43,72	37,58	
	ICEV-G	Gasolina	69,14	11,87	25.886	3.019	22,96	16,21	
	ICEV-LPG	GLP	65,76	11,34	20.926	2.938	26,31	13,72	
Turisme SUV	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	45,97	14,85	10.149	3.234	21,18	18,30	
	PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	47,81	14,08	15.253	3.361	17,21	11,86	
	BEV	Elèctric	44,23	15,63	16.267	7.371	24,96	4,67	
	FCEV	Hidrogen	56,73	17,18	19.115	5.511	26,92	4,67	
	HEV-D	Híbrid dièsel	71,48	18,23	16.707	2.793	32,00	20,16	
	HEV-G	Híbrid gasolina	75,42	15,95	23.191	3.248	23,16	14,69	
	ICEV-CNG	GNC	62,83	14,47	20.208	2.989	36,24	19,72	
	ICEV-D	Dièsel	84,24	18,72	24.670	3.147	52,01	42,36	
Emissions totals del vehicle per a autobusos per cada 100 passatgers-km	ICEV-G	Gasolina	87,89	15,27	29.903	3.851	29,11	18,80	
	ICEV-LPG	GLP	79,94	14,66	24.253	3.755	32,75	15,87	
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	58,58	18,84	14.817	4.121	27,23	20,52	
	PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	61,01	17,85	19.491	4.267	22,73	13,85	
	Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5
				gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5
	Bus urbà	BEV	Elèctric	11,28	2,77	3.315	1.352	5,77	1,50
		FCEV	Hidrogen	14,62	2,76	4.791	1.514	8,19	1,51
HEV-D		Híbrid dièsel	15,54	2,81	3.419	426	6,82	6,42	
ICEV-CNG		GNC	13,03	2,04	3.845	689	7,23	3,97	
ICEV-D		Dièsel	18,09	3,46	5.608	568	10,55	10,69	
PHEV-D		Híbrid endollable dièsel	13,89	2,66	2.971	1.106	4,73	7,16	
Autocar	BEV	Elèctric	11,36	2,56	5.376	2.730	6,14	1,68	
	FCEV	Hidrogen	9,45	2,12	7.043	1.364	4,93	1,25	
	HEV-D	Híbrid dièsel	15,46	3,05	3.558	537	7,57	7,79	
	ICEV-CNG	GNC	12,74	1,25	4.007	719	7,65	3,65	
	ICEV-D	Dièsel	18,79	2,78	6.084	615	10,83	12,71	
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	13,75	2,85	3.093	1.218	4,13	8,82	
Emissions totals del vehicle per a vehicles de mercaderies per cada 100 tones-km									
Vehicle	Tipus		AcidP	EutroP	GWP	ODP	POCP	PM 2.5	
			gSO2eq	gPO4	gCO2eq	µgR11eq	gNMVOC	gPM2.5	
Furgoneta	BEV	Elèctric	143,33	44,42	28.810	13.969	65,95	16,93	
	FCEV	Hidrogen	168,69	46,68	32.403	16.771	80,08	14,94	
	HEV-D	Híbrid dièsel	147,72	35,51	26.832	5.044	61,75	49,44	
	ICEV-CNG	GNC	138,47	27,11	32.943	6.143	77,22	23,49	
	ICEV-D	Dièsel	168,76	36,45	43.905	5.218	90,63	81,14	
	ICEV-G	Gasolina	169,24	30,50	49.147	5.783	51,68	34,85	
	ICEV-LPG	GLP	127,16	27,06	35.932	4.273	48,48	20,49	
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	151,11	42,01	25.252	10.995	48,94	52,65	
Camió rígid	BEV	Elèctric	63,96	17,75	12.864	6.032	28,86	9,18	
	FCEV	Hidrogen	65,40	16,66	14.650	7.061	33,23	7,95	
	HEV-D	Híbrid dièsel	56,17	11,40	12.579	1.927	20,11	20,63	
	ICEV-CNG	GNC	56,27	9,27	14.154	2.675	32,50	15,61	
	ICEV-D	Dièsel	65,10	12,64	18.484	2.204	36,73	38,19	
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	60,00	15,62	11.193	4.594	19,83	22,91	
Camió 40 t	BEV	Elèctric	41,49	11,68	5.420	2.356	15,96	3,37	
	FCEV	Hidrogen	50,30	15,01	6.159	2.763	18,84	3,13	
	HEV-D	Híbrid dièsel	21,68	4,51	4.367	809	7,56	10,14	
	ICEV-LNG	GNC	20,96	4,50	5.140	1.009	18,15	11,06	
	ICEV-D	Dièsel	41,23	6,26	6.846	895	13,79	15,06	
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	26,87	7,15	4.268	2.165	8,34	9,93	

Font: European Commission, DG Climate Action. 2020

Les següents gràfiques representen les emissions al llarg del seu cicle de vida d'un turisme mitja, per diferents tipus de motoritzacions :



11. Els costos marginals de les emissions.

Els costos externs o externalitats són els costos socials generats per les operacions de transport degut al seu impacte negatiu, tant a nivell local com global, sobre el medi ambient i el benestar de la societat. Es tracta de les emissions de CO₂ i la pol·lució i també dels accidents, la pèrdua de temps per la congestió, el soroll i el desgast de les infraestructures, principalment.

Aquests costos no es perceben com a tals i no estan sent assumits directament per l'usuari, a diferència dels anomenats costos interns, com són el desgast del propi vehicle, el cost del combustible, el temps i les tarifes del transport, entre d'altres. Si l'usuari no té en compte els costos externs quan pren una decisió de transport no té cap incentiu per reduir-los utilitzant modes de transport alternatius més sostenibles amb el medi ambient i la societat.

La política europea de transports ja fa uns anys que aborda la millora de la sostenibilitat del sistema de transports. Recentment, el 2020, la Comissió Europea va publicar la seva Estratègia de mobilitat sostenible i intel·ligent (COM 2020 789 final) per a la descarbonització del sector, en línia amb el Pacte Verd Europeu i que aspira a la neutralitat climàtica pel 2050 i una reducció del 90% de les emissions derivades del transport respecte el 1990. Per això promou nombroses iniciatives, com la internalització dels costos externs del transport mitjançant el concepte del "qui contamina paga" i el transvasament de tràfics cap a modes de transport més sostenibles.

En aquest context, la quantificació dels costos externs vinculats als diferents modes de transport esdevé clau per establir qualsevol mesura d'internalització i valorar l'impacte en la millora de la sostenibilitat.

El procediment emprat està basat en la metodologia de càlcul oficial de la Comissió Europea que es va actualitzant i millorant de manera periòdica, el Handbook on the external costs of transport. La darrera versió és del 2019.

En aquesta metodologia es realitza una anàlisi molt detallada dels costos marginals que suposa cada nova unitat de transport introduïda a les xarxes de transport, ja sigui per carretera, ferrocarril o via marítima.

Es valora de manera individual, amb estudis científics rigorosos, l'impacte en diversos elements que configuren el que anomenem les externalitats del transport i s'hi acaba assignant un preu.

Això permet acabar establint el cost unitari de transport en termes d'externalitats per a cada mode, posant en relleu les diferències importants que existeixen entre aquests modes.

11.1. Els costos de la contaminació atmosfèrica.

El mètode d'avantguarda per avaluar els efectes de la contaminació atmosfèrica és l'enfocament de la trajectòria de l'impacte. Aquest mètode se centra en la quantificació de l'impacte explícit que tenen les emissions sobre la salut humana, el medi ambient, l'activitat econòmica, etc. i és reconegut com l'eina més fiable per a l'avaluació de l'impacte ambiental.

La majoria dels costos externs derivats de la contaminació sorgeixen dels efectes sobre la salut humana. La inhalació de contaminants atmosfèrics com ara partícules (PM10, PM2.5) i òxids de nitrogen (NOx) comporta un major risc de malalties respiratòries i cardiovasculars (per exemple, bronquitis, asma, càncer de pulmó), amb les conseqüents despeses de tractament mèdic, pèrdues de producció (per malaltia) i, en alguns casos, fins i tot fins a la mort.

Altres costos analitzats relacionats amb la contaminació de l'aire són les pèrdues als cultius: l'ozó com a contaminant de l'aire secundari (provocat principalment per l'emissió de NOx i COV) i d'altres contaminants de l'aire àcid (per exemple SO2, NOx) danyen els cultius agrícoles, el que es pot avalua com a una pèrdua de rendiments de cultiu.

La contaminació de l'aire també provoca danys materials i de construcció: Els contaminants atmosfèrics poden causar danys a les façanes i materials de la construcció a causa dels processos de corrosió, causats per substàncies àcides (per exemple, òxids de nitrogen NOx o òxid de sofre SO2).

Per últim, no podem oblidar la pèrdua de biodiversitat i els danys en els ecosistemes com ara l'acidificació del sòl, la precipitació i l'aigua (per exemple per NOx, SO2) i l'eutrofització dels ecosistemes (per exemple per NOx, NH3) que provoquen una disminució de la biodiversitat.

A la taula següent es resumeixen els factors de cost de la contaminació de l'aire utilitzats per al càlcul econòmic dels efectes sobre la salut dels diferents gasos contaminants emesos pel transport.

c€/g	CO	NM VOC	CH4	NOx	NH3	PM2.5	PM10
Mitjana UE28	2,0720	0,2550	0,0378	0,2457	0,1336	0,0144	0,0244

Cost mitjà de danys d'emissió c€/g per a les emissions de transport (efectes sobre la salut). Font: Handbook on the external costs of transport – January 2019.

Al aplicar aquests factors de cost al transport per carretera, en general, els costos unitaris són més elevats per als vehicles més pesats, amb motors més grans, amb un estàndard EURO inferior i per a zones urbanes en comparació amb les zones rurals.

Els costos unitaris a les autopistes són lleugerament més alts que la resta de les carreteres interurbanes, la qual cosa s'explica pels majors factors corresponents d'emissions de NOx i PM, a causa de la dependència no lineal dels factors d'emissió sobre la velocitat, ja que les emissions són mínimes al règim de velocitat que correspon a les vies interurbanes i que són més alts per als règims de velocitat més alta, com ara a les autopistes.

Els coeficients no tenen en compte l'edat del vehicle, tot i que la distribució per edats de la flota de vehicles d'aquesta classe és determinant. Les dades de les proves tampoc han tingut en compte les variacions de temperatura, pendent, velocitat, pes de la càrrega, etc.

Costos de contaminació de l'aire per a turismes en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Producció d'energia			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	5,64	6,66	4,52	5,72
	FCEV	Hidrogen	6,07	7,16	4,86	6,16
	HEV-D	Híbrid dièsel	14,07	16,61	11,26	14,27
	HEV-G	Híbrid gasolina	13,91	16,41	11,13	14,10
	ICEV-CNG	GNC	16,96	20,01	13,57	17,19
	ICEV-D	Dièsel	17,12	20,20	13,70	17,36
	ICEV-G	Gasolina	17,52	20,67	14,01	17,76
	ICEV-LPG	GLP	16,22	19,14	12,98	16,45
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	12,91	15,24	10,33	13,09
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	12,58	14,84	10,06	12,75	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	6,77	7,99	5,42	6,87
	FCEV	Hidrogen	7,28	8,60	5,83	7,39
	HEV-D	Híbrid dièsel	16,89	19,93	13,51	17,13
	HEV-G	Híbrid gasolina	16,69	19,70	13,35	16,92
	ICEV-CNG	GNC	20,35	24,01	16,28	20,63
	ICEV-D	Dièsel	20,54	24,24	16,44	20,83
	ICEV-G	Gasolina	21,02	24,81	16,82	21,32
	ICEV-LPG	GLP	19,47	22,97	15,57	19,74
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	14,97	17,67	11,98	15,18
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	14,56	17,18	11,65	14,76	

Costos de contaminació de l'aire per a autobusos en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Producció d'energia			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Bus urbà	BEV	Elèctric	3,07	3,62	2,45	3,45
	FCEV	Hidrogen	3,72	4,39	2,98	4,18
	HEV-D	Híbrid dièsel	4,46	5,26	3,57	5,01
	ICEV-CNG	GNC	5,55	6,55	4,44	6,24
	ICEV-D	Dièsel	6,61	7,80	5,29	7,43
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	6,24	7,36	4,99	7,02
Autocar	BEV	Elèctric	3,34	3,95	2,68	3,20
	FCEV	Hidrogen	2,12	2,50	1,70	2,03
	HEV-D	Híbrid dièsel	5,03	5,93	4,02	4,82
	ICEV-CNG	GNC	4,74	5,59	3,79	4,54
	ICEV-D	Dièsel	7,43	8,77	5,94	7,12
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	7,20	8,50	5,76	6,90

Costos de contaminació de l'aire per a vehicles de mercaderies en c€ per cada 100 tones-km						
Vehicle	Tipus		Producció d'energia			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Furgoneta	BEV	Elèctric	35,81	42,26	28,65	40,25
	FCEV	Hidrogen	33,92	40,03	27,14	38,13
	HEV-D	Híbrid dièsel	47,49	56,04	38,00	53,38
	ICEV-CNG	GNC	29,13	34,37	23,30	32,74
	ICEV-D	Dièsel	52,52	61,98	42,02	59,04
	ICEV-G	Gasolina	44,41	52,40	35,53	49,92
	ICEV-LPG	GLP	22,97	27,10	18,38	25,82
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	50,24	59,29	40,19	56,47
Camió rígid	BEV	Elèctric	16,81	19,83	13,44	16,10
	FCEV	Hidrogen	15,83	18,69	12,67	15,17
	HEV-D	Híbrid dièsel	21,80	25,73	17,44	20,89
	ICEV-CNG	GNC	25,45	30,03	20,36	24,38
	ICEV-D	Dièsel	25,76	30,39	20,60	24,67
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	22,47	26,51	17,98	21,53
Camió 40 t	BEV	Elèctric	6,37	7,52	5,10	6,10
	FCEV	Hidrogen	6,25	7,38	5,00	5,99
	HEV-D	Híbrid dièsel	8,58	10,13	6,87	8,22
	ICEV-LNG	GNC	11,39	13,43	9,11	10,91
	ICEV-D	Dièsel	11,54	13,61	9,23	11,05
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	9,08	10,71	7,26	8,70

Costos marginals de la contaminació atmosfèrica en la producció d'energia (c€ per passatger-km o per tona-km 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 20149 .

Costos de contaminació de l'aire per a turismes en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Ús del vehicle			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	5,05	5,96	4,04	5,12
	FCEV	Hidrogen	5,05	5,96	4,04	5,12
	HEV-D	Híbrid dièsel	28,02	33,06	22,41	28,41
	HEV-G	Híbrid gasolina	15,27	18,02	12,22	15,49
	ICEV-CNG	GNC	20,12	23,75	16,10	20,41
	ICEV-D	Dièsel	77,15	91,04	61,72	78,23
	ICEV-G	Gasolina	19,31	22,79	15,45	19,58
	ICEV-LPG	GLP	16,87	19,91	13,50	17,11
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	32,02	37,78	25,62	32,47
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	15,62	18,43	12,50	15,84	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	5,55	6,55	4,44	5,63
	FCEV	Hidrogen	5,55	6,55	4,44	5,63
	HEV-D	Híbrid dièsel	30,92	36,49	24,74	31,36
	HEV-G	Híbrid gasolina	16,80	19,83	13,44	17,04
	ICEV-CNG	GNC	22,14	26,12	17,71	22,45
	ICEV-D	Dièsel	84,87	100,15	67,90	86,06
	ICEV-G	Gasolina	21,24	25,07	16,99	21,54
	ICEV-LPG	GLP	18,56	21,90	14,85	18,82
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	35,22	41,56	28,18	35,72
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	18,36	21,66	14,69	18,62	

Costos de contaminació de l'aire per a autobusos en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Ús del vehicle			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Bus urbà	BEV	Elèctric	1,28	1,51	1,02	1,44
	FCEV	Hidrogen	1,28	1,51	1,02	1,44
	HEV-D	Híbrid dièsel	10,50	12,39	8,40	11,80
	ICEV-CNG	GNC	2,44	2,87	1,95	2,74
	ICEV-D	Dièsel	19,65	23,19	15,72	22,09
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	11,03	13,02	8,83	12,40
Autocar	BEV	Elèctric	1,47	1,74	1,18	1,41
	FCEV	Hidrogen	1,47	1,74	1,18	1,41
	HEV-D	Híbrid dièsel	12,07	14,25	9,66	11,57
	ICEV-CNG	GNC	2,80	3,31	2,24	2,68
	ICEV-D	Dièsel	22,60	26,67	18,08	21,65
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	12,69	14,97	10,15	12,16

Costos de contaminació de l'aire per a vehicles de mercaderies en c€ per cada 100 tones-km						
Vehicle	Tipus		Ús del vehicle			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Furgoneta	BEV	Elèctric	13,36	15,77	10,69	15,02
	FCEV	Hidrogen	13,36	15,77	10,69	15,02
	HEV-D	Híbrid dièsel	63,16	74,53	50,53	70,99
	ICEV-CNG	GNC	19,02	22,44	15,21	21,38
	ICEV-D	Dièsel	141,34	166,78	113,07	158,87
	ICEV-G	Gasolina	32,28	38,10	25,83	36,29
	ICEV-LPG	GLP	20,77	24,51	16,62	23,35
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	73,26	86,44	58,61	82,34
Camió rígid	BEV	Elèctric	7,71	9,10	6,17	7,39
	FCEV	Hidrogen	7,04	8,31	5,63	6,74
	HEV-D	Híbrid dièsel	27,98	33,02	22,38	26,81
	ICEV-CNG	GNC	7,86	9,27	6,29	7,53
	ICEV-D	Dièsel	59,31	69,99	47,45	56,82
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	31,50	37,17	25,20	30,18
Camió 40 t	BEV	Elèctric	3,21	3,79	2,57	3,08
	FCEV	Hidrogen	3,21	3,79	2,57	3,08
	HEV-D	Híbrid dièsel	12,28	14,49	9,82	11,77
	ICEV-LNG	GNC	13,58	16,02	10,86	13,01
	ICEV-D	Dièsel	22,39	26,42	17,91	21,45
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	11,26	13,29	9,01	10,79

Costos marginals de la contaminació atmosfèrica en l'ús del vehicle (c€ per passatger-km o per tona-km 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 20149

Costos de contaminació de l'aire per a turismes en c€ per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		Fabricació	Producció d'energia	Ús	Manteniment	Reciclatge	Total
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	11,25	5,72	5,12	0,52	-5,48	17,14
	FCEV	Hidrogen	8,69	6,16	5,12	0,50	-3,96	16,51
	HEV-D	Híbrid dièsel	11,96	14,27	28,41	4,56	-5,59	53,61
	HEV-G	Híbrid gasolina	11,71	14,10	15,49	4,31	-5,51	40,10
	ICEV-CNG	GNC	13,34	17,19	20,41	6,94	-6,22	51,66
	ICEV-D	Dièsel	12,90	17,36	78,23	6,61	-5,99	109,11
	ICEV-G	Gasolina	12,88	17,76	19,58	6,49	-6,03	50,69
	ICEV-LPG	GLP	10,95	16,45	17,11	4,77	-5,02	44,27
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	11,30	13,09	32,47	3,56	-6,26	54,16
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	11,11	12,75	15,84	3,44	-6,22	36,92	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	14,00	6,87	5,63	0,64	-8,55	18,58
	FCEV	Hidrogen	11,28	7,39	5,63	0,62	-5,10	19,82
	HEV-D	Híbrid dièsel	14,33	17,13	31,36	6,03	-6,56	62,29
	HEV-G	Híbrid gasolina	14,09	16,92	17,04	5,69	-6,50	47,24
	ICEV-CNG	GNC	15,87	20,63	22,45	9,11	-7,24	60,81
	ICEV-D	Dièsel	15,28	20,83	86,06	8,71	-6,94	123,93
	ICEV-G	Gasolina	15,31	21,32	21,54	8,54	-7,04	59,67
	ICEV-LPG	GLP	13,15	19,74	18,82	5,96	-5,90	51,77
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	13,52	15,18	35,72	4,87	-7,60	61,68
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	13,31	14,76	18,62	4,73	-7,59	43,83	

Costos de contaminació de l'aire per a autobusos en c€ per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		Fabricació	Producció d'energia	Ús	Manteniment	Reciclatge	Total
Bus urbà	BEV	Elèctric	1,86	3,45	1,44	0,12	-0,89	5,97
	FCEV	Hidrogen	1,61	4,18	1,44	0,12	-0,73	6,61
	HEV-D	Híbrid dièsel	4,04	5,01	11,80	1,88	-2,22	20,51
	ICEV-CNG	GNC	3,90	6,24	2,74	2,41	-2,14	13,15
	ICEV-D	Dièsel	3,87	7,43	22,09	2,35	-2,12	33,63
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	3,59	7,02	12,40	1,25	-1,89	22,37
Autocar	BEV	Elèctric	1,97	3,20	1,41	0,14	-0,97	5,76
	FCEV	Hidrogen	1,60	2,03	1,41	0,14	-0,78	4,40
	HEV-D	Híbrid dièsel	7,36	4,82	11,57	2,02	-4,17	21,60
	ICEV-CNG	GNC	3,13	4,54	2,68	2,38	-1,71	11,03
	ICEV-D	Dièsel	7,17	7,12	21,65	2,59	-4,07	34,45
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	6,66	6,90	12,16	1,30	-3,39	23,63

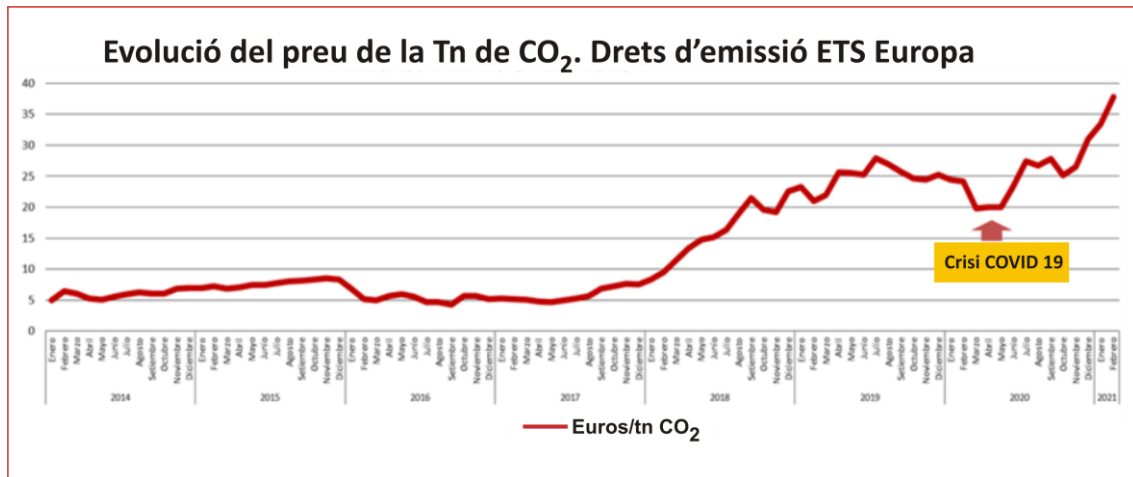
Costos de contaminació de l'aire per a vehicles de mercaderies en c€ per cada 100 tones-km								
Vehicle	Tipus		Fabricació	Producció d'energia	Ús	Manteniment	Reciclatge	Total
Furgoneta	BEV	Elèctric	22,94	40,25	15,02	1,43	-10,84	68,80
	FCEV	Hidrogen	22,07	38,13	15,02	1,47	-9,72	66,97
	HEV-D	Híbrid dièsel	39,87	53,38	70,99	18,09	-21,57	160,77
	ICEV-CNG	GNC	30,58	32,74	21,38	17,75	-15,90	86,54
	ICEV-D	Dièsel	38,17	59,04	158,87	22,59	-20,42	258,25
	ICEV-G	Gasolina	30,07	49,92	36,29	16,96	-13,93	119,31
	ICEV-LPG	GLP	24,68	25,82	23,35	12,39	-12,05	74,19
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	37,89	56,47	82,34	13,36	-20,47	169,60
Camió rígid	BEV	Elèctric	13,20	16,10	7,39	1,00	-6,59	31,11
	FCEV	Hidrogen	11,14	15,17	6,74	0,95	-5,43	28,56
	HEV-D	Híbrid dièsel	11,58	20,89	26,81	5,10	-6,15	58,22
	ICEV-CNG	GNC	18,95	24,38	7,53	6,68	-10,32	47,23
	ICEV-D	Dièsel	22,03	24,67	56,82	13,52	-12,19	104,86
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	15,36	21,53	30,18	5,38	-8,19	64,25
Camió 40 t	BEV	Elèctric	7,17	6,10	3,08	0,35	-3,26	13,44
	FCEV	Hidrogen	6,20	5,99	3,08	0,28	-1,69	13,85
	HEV-D	Híbrid dièsel	10,97	8,22	11,77	3,22	-6,15	28,02
	ICEV-LNG	GNC	8,40	10,91	13,01	3,65	-4,63	31,34
	ICEV-D	Dièsel	9,43	11,05	21,45	5,82	-5,24	42,51
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	10,40	8,70	10,79	3,62	-5,48	28,02

Costos marginals de la contaminació atmosfèrica durant el cicle de vida del vehicle (c€ per passatger-km o per tona-km 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 20149

11.2. Els costos del canvi climàtic.

El canvi climàtic provocat per les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) és actualment un dels temes clau d'investigació científica. Els models climàtics i els models d'avaluació d'impacte econòmic connectats es milloren contínuament i es fan públics els resultats de nous escenaris.

La qüestió central de l'avaluació d'impacte és l'avaluació realista del preu del carboni, que es considera l'instrument principal de la futura política climàtica global.



L'estimació de cost unitari per a diferents modes de transport segueix el mateix procediment dels costos de contaminació atmosfèrica i de soroll, és a dir l'enfocament de la trajectòria de l'impacte (IPA), però amb els passos següents:

- Quantificació dels factors d'emissió de GEH per a diferents vehicles, expressats en tones de CO₂ equivalent per vkm.
- Valoració dels costos del canvi climàtic per tona de CO₂ equivalent.
- Càlcul dels costos del canvi climàtic marginal per als diferents tipus de vehicles (i combustibles).

En aquest cas, no s'apliquen els passos de l'anàlisi de la dispersió i l'exposició, ja que l'escalfament global dels diferents gasos d'efecte hivernacle estan ben estudiats i hi ha un consens científic sobre els seus valors relatius.

Els costos marginals del canvi climàtic de diferents tipus de vehicles i modes de transport es calculen multiplicant els factors d'emissió (equivalent de CO₂) extrets de la base de dades TREMOVE pel preu del carboni situat per al primer trimestre de 2021 en un rang entre 33 € - 55 € per tona de CO₂, amb un valor mitjà de 44 €.

Les taules següents mostren els factors de cost resultants dels costos climàtics per modalitat de transport i tipus de vehicle. Els càlculs s'han fet basant-se en el factor cost de 50 € per tona equivalent de CO₂, el valor central de les estimacions a curt i mitjà termini. Els coeficients no tenen en compte l'edat del vehicle ni les variacions de temperatura, pendent, velocitat, pes de la càrrega, etc.

Costos del canvi climàtic per a turismes en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Producció d'energia			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	62,46	72,58	57,39	64,48
	FCEV	Hidrogen	82,34	95,69	75,66	85,01
	HEV-D	Híbrid dièsel	16,73	19,44	15,37	17,27
	HEV-G	Híbrid gasolina	21,82	25,36	20,05	22,53
	ICEV-CNG	GNC	12,68	14,74	11,66	13,09
	ICEV-D	Dièsel	21,88	25,42	20,10	22,59
	ICEV-G	Gasolina	29,74	34,56	27,32	30,70
	ICEV-LPG	GLP	15,41	17,91	14,16	15,91
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	14,37	16,70	13,21	14,84
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	19,08	22,18	17,54	19,70	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	74,95	87,10	68,87	77,38
	FCEV	Hidrogen	98,81	114,83	90,79	102,01
	HEV-D	Híbrid dièsel	20,07	23,33	18,44	20,72
	HEV-G	Híbrid gasolina	26,18	30,43	24,06	27,03
	ICEV-CNG	GNC	15,22	17,69	13,99	15,71
	ICEV-D	Dièsel	26,25	30,51	24,12	27,10
	ICEV-G	Gasolina	35,68	41,47	32,79	36,84
	ICEV-LPG	GLP	18,49	21,49	16,99	19,09
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	17,39	20,21	15,98	17,95
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	22,39	26,02	20,57	23,11	

Costos del canvi climàtic per a autobusos en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Producció d'energia			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Bus urbà	BEV	Elèctric	18,14	21,08	16,67	20,34
	FCEV	Hidrogen	29,44	34,21	27,05	33,02
	HEV-D	Híbrid dièsel	5,35	6,21	4,91	6,00
	ICEV-CNG	GNC	6,62	7,69	6,08	7,42
	ICEV-D	Dièsel	8,07	9,38	7,42	9,06
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	6,83	7,94	6,27	7,66
Autocar	BEV	Elèctric	34,85	40,50	32,02	34,56
	FCEV	Hidrogen	47,44	55,13	43,59	47,06
	HEV-D	Híbrid dièsel	6,01	6,98	5,52	5,96
	ICEV-CNG	GNC	7,00	8,14	6,43	6,94
	ICEV-D	Dièsel	9,07	10,54	8,33	9,00
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	7,87	9,15	7,24	7,81

Costos del canvi climàtic per a vehicles de mercaderies en c€ per cada 100 tones-km						
Vehicle	Tipus		Producció d'energia			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Furgoneta	BEV	Elèctric	138,56	161,03	127,32	155,41
	FCEV	Hidrogen	158,05	183,68	145,23	177,27
	HEV-D	Híbrid dièsel	56,33	65,46	51,76	63,18
	ICEV-CNG	GNC	60,61	70,44	55,70	67,99
	ICEV-D	Dièsel	67,25	78,16	61,80	75,43
	ICEV-G	Gasolina	76,53	88,94	70,33	85,84
	ICEV-LPG	GLP	72,16	83,87	66,31	80,94
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	61,01	70,91	56,07	68,43
Camión rígid	BEV	Elèctric	61,45	71,41	56,47	60,95
	FCEV	Hidrogen	70,47	81,90	64,76	69,90
	HEV-D	Híbrid dièsel	25,66	29,82	23,58	25,45
	ICEV-CNG	GNC	27,61	32,09	25,37	27,39
	ICEV-D	Dièsel	30,95	35,97	28,44	30,70
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	27,79	32,30	25,54	27,57
Camión 40 t	BEV	Elèctric	23,10	26,84	21,22	22,91
	FCEV	Hidrogen	26,11	30,34	23,99	25,90
	HEV-D	Híbrid dièsel	10,26	11,92	9,42	10,17
	ICEV-LNG	GNC	11,04	12,83	10,15	10,95
	ICEV-D	Dièsel	12,38	14,39	11,38	12,28
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	11,11	12,92	10,21	11,02

Costos marginals del canvi climàtic en la producció d'energia (c€ per passatger-km o per tona-km 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 20149

Costos del canvi climàtic per a turismes en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Ús del vehicle			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	59,89	69,60	55,03	61,83
	HEV-G	Híbrid gasolina	101,35	117,78	93,13	104,63
	ICEV-CNG	GNC	90,59	105,28	83,24	93,53
	ICEV-D	Dièsel	110,74	128,70	101,76	114,33
	ICEV-G	Gasolina	139,07	161,62	127,79	143,58
	ICEV-LPG	GLP	116,95	135,91	107,47	120,74
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	32,05	37,25	29,45	33,09
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	65,70	76,36	60,38	67,84	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	68,19	79,25	62,66	70,40
	HEV-G	Híbrid gasolina	111,48	129,56	102,44	115,10
	ICEV-CNG	GNC	99,65	115,81	91,57	102,88
	ICEV-D	Dièsel	121,82	141,57	111,94	125,77
	ICEV-G	Gasolina	152,97	177,78	140,57	157,94
	ICEV-LPG	GLP	128,64	149,51	118,21	132,82
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	52,57	61,09	48,31	54,27
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	83,27	96,78	76,52	85,97	

Costos del canvi climàtic per a autobusos en c€ per cada 100 passatgers-km						
Vehicle	Tipus		Ús del vehicle			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Bus urbà	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	14,03	16,31	12,89	15,74
	ICEV-CNG	GNC	16,09	18,70	14,78	18,04
	ICEV-D	Dièsel	27,78	32,28	25,52	31,15
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	9,27	10,78	8,52	10,40
Autocar	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	16,13	18,75	14,83	16,00
	ICEV-CNG	GNC	18,50	21,50	17,00	18,35
	ICEV-D	Dièsel	31,94	37,12	29,35	31,68
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	10,67	12,40	9,80	10,58

Costos del canvi climàtic per a vehicles de mercaderies en c€ per cada 100 tones-km						
Vehicle	Tipus		Ús del vehicle			
			Autopista	Urbana	Convencional	Mitjana
Furgoneta	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	84,95	98,73	78,06	95,28
	ICEV-CNG	GNC	124,29	144,45	114,22	139,41
	ICEV-D	Dièsel	200,65	233,18	184,38	225,05
	ICEV-G	Gasolina	228,77	265,86	210,22	256,59
	ICEV-LPG	GLP	143,08	166,28	131,48	160,48
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	63,91	74,28	58,73	71,69
Camió rígid	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	43,48	50,53	39,95	43,12
	ICEV-CNG	GNC	51,63	60,00	47,45	51,21
	ICEV-D	Dièsel	83,36	96,87	76,60	82,68
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	26,55	30,86	24,40	26,34
Camió 40 t	BEV	Elèctric	0,00	0,00	0,00	0,00
	FCEV	Hidrogen	0,00	0,00	0,00	0,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	14,34	16,67	13,18	14,22
	ICEV-LNG	GNC	19,01	22,10	17,47	18,86
	ICEV-D	Dièsel	30,69	35,67	28,21	30,44
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	9,77	11,36	8,98	9,69

Costos marginals del canvi climàtic en l'ús del vehicle (c€ per passatger-km o per tona-km 2020).

Font: Handbook on the external costs of transport – January 20149

Costos del canvi climàtic per a turismes en c€ per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		Fabricació	Producció d'energia	Ús	Mante-niment	Reciclatge	Total
Turisme mitjà	BEV	Elèctric	38,19	64,48	0,00	2,25	-6,47	98,44
	FCEV	Hidrogen	36,26	85,01	0,00	2,07	-6,34	117,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	25,93	17,27	61,83	3,66	-5,03	103,66
	HEV-G	Híbrid gasolina	25,82	22,53	104,63	3,01	-5,02	150,97
	ICEV-CNG	GNC	25,64	13,09	93,53	3,35	-4,83	130,78
	ICEV-D	Dièsel	24,50	22,59	114,33	3,97	-4,76	160,63
	ICEV-G	Gasolina	24,38	30,70	143,58	3,13	-4,75	197,03
	ICEV-LPG	GLP	24,76	15,91	120,74	2,55	-4,82	159,14
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	31,65	14,84	33,09	3,78	-6,75	76,61
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	31,02	19,70	67,84	3,68	-6,62	115,62	
Turisme SUV	BEV	Elèctric	52,46	77,38	0,00	2,42	-9,46	122,80
	FCEV	Hidrogen	49,04	102,01	0,00	2,25	-8,64	144,65
	HEV-D	Híbrid dièsel	37,34	20,72	70,40	5,08	-7,05	126,49
	HEV-G	Híbrid gasolina	37,25	27,03	115,10	3,76	-7,06	176,08
	ICEV-CNG	GNC	37,31	15,71	102,88	4,24	-6,87	153,27
	ICEV-D	Dièsel	35,57	27,10	125,77	5,66	-6,75	187,36
	ICEV-G	Gasolina	35,47	36,84	157,94	3,92	-6,77	227,40
	ICEV-LPG	GLP	36,15	19,09	132,82	3,12	-6,92	184,25
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	43,37	17,95	54,27	5,36	-9,04	111,92
PHEV-G	Híbrid endollable gasolina	42,44	23,11	85,97	5,00	-8,86	147,66	
Costos del canvi climàtic per a autobusos en c€ per cada 100 passatgers-km								
Vehicle	Tipus		Fabricació	Producció d'energia	Ús	Mante-niment	Reciclatge	Total
Bus urbà	BEV	Elèctric	7,00	20,34	0,00	0,32	-0,93	26,74
	FCEV	Hidrogen	6,64	33,02	0,00	0,30	-0,93	39,03
	HEV-D	Híbrid dièsel	6,24	6,00	15,74	0,85	-1,17	27,66
	ICEV-CNG	GNC	6,05	7,42	18,04	0,69	-0,99	31,21
	ICEV-D	Dièsel	5,83	9,06	31,15	0,93	-1,11	45,86
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	6,43	7,66	10,40	0,79	-1,34	23,94
Autocar	BEV	Elèctric	5,40	34,56	0,00	0,25	-0,72	39,50
	FCEV	Hidrogen	5,16	47,06	0,00	0,24	-0,72	51,73
	HEV-D	Híbrid dièsel	4,41	5,96	16,00	0,60	-0,82	26,15
	ICEV-CNG	GNC	4,37	6,94	18,35	0,50	-0,72	29,45
	ICEV-D	Dièsel	4,14	9,00	31,68	0,66	-0,79	44,69
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	4,76	7,81	10,58	0,59	-0,99	22,74
Costos del canvi climàtic per a vehicles de mercaderies en c€ per cada 100 tones-km								
Vehicle	Tipus		Fabricació	Producció d'energia	Ús	Mante-niment	Reciclatge	Total
Furgoneta	BEV	Elèctric	81,04	155,41	0,00	3,40	-9,81	230,05
	FCEV	Hidrogen	89,48	177,27	0,00	3,76	-11,51	259,00
	HEV-D	Híbrid dièsel	60,34	63,18	95,28	8,20	-11,27	215,74
	ICEV-CNG	GNC	61,98	67,99	139,41	7,04	-10,15	266,27
	ICEV-D	Dièsel	58,87	75,43	225,05	9,37	-11,24	357,48
	ICEV-G	Gasolina	64,11	85,84	256,59	7,89	-13,61	400,82
	ICEV-LPG	GLP	59,63	80,94	160,48	7,36	-16,34	292,07
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	68,03	68,43	71,69	8,87	-14,95	202,06
Camió rígid	BEV	Elèctric	36,61	60,95	0,00	1,52	-4,38	94,70
	FCEV	Hidrogen	40,95	69,90	0,00	1,46	-4,47	107,84
	HEV-D	Híbrid dièsel	25,23	25,45	43,12	3,43	-4,71	92,52
	ICEV-CNG	GNC	26,85	27,39	51,21	3,05	-4,39	104,10
	ICEV-D	Dièsel	23,21	30,70	82,68	3,70	-4,43	135,85
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	31,12	27,57	26,34	3,85	-6,49	82,39
Camió 40 t	BEV	Elèctric	18,77	22,91	0,00	0,94	-2,70	39,92
	FCEV	Hidrogen	20,80	25,90	0,00	0,65	-1,98	45,36
	HEV-D	Híbrid dièsel	8,13	10,17	14,22	1,10	-1,52	32,11
	ICEV-LNG	GNC	8,41	10,95	18,86	0,95	-1,38	37,80
	ICEV-D	Dièsel	7,83	12,28	30,44	1,25	-1,50	50,31
	PHEV-D	Híbrid endollable dièsel	11,68	11,02	9,69	1,44	-2,44	31,41

Costos marginals de la contaminació atmosfèrica durant el cicle de vida del vehicle (c€ per passatger-km o per tona-km 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 20149

12. Els altres costos externs del transport.

12.1. Els costos la congestió.

El concepte d'externalitats produïdes per la congestió és fàcil d'entendre però difícil de quantificar. Un usuari d'una carretera, per la seva decisió a utilitzar-la per a desplaçar-se, afecta a tots els altres usuaris que vulguin utilitzar la mateixa carretera. En situacions pròximes a la congestió, la pèrdua d'utilitat, agregada sobre tots els altres usuaris, és l'efecte extern negatiu de la decisió de l'usuari.

A mesura que el nivell de servei de la carretera disminueix, es pot traduir aquesta pèrdua en termes monetaris, per exemple en la disposició dels usuaris a pagar per tal d'evitar la disminució de servei. Així, l'efecte extern es mesura en termes d'un import monetari per viatge.

D'altra banda, la motivació per fer que els usuaris paguin les externalitats de la congestió és aconseguir un ús eficient de la xarxa. Allà on els usuaris no paguen les externalitats que causen, l'assignació de fluxos a la xarxa esdevé un equilibri descentralitzat on els usuaris de vehicles particulars descuiden l'impacte sobre la congestió de la resta dels vehicles en les seves respectives decisions individuals.

El model convencional estableix que les intensitats de trànsit depenen de les velocitats de circulació, que al seu torn depenen de la intensitat de trànsit, tal com es descriu en l'anomenat diagrama fonamental.

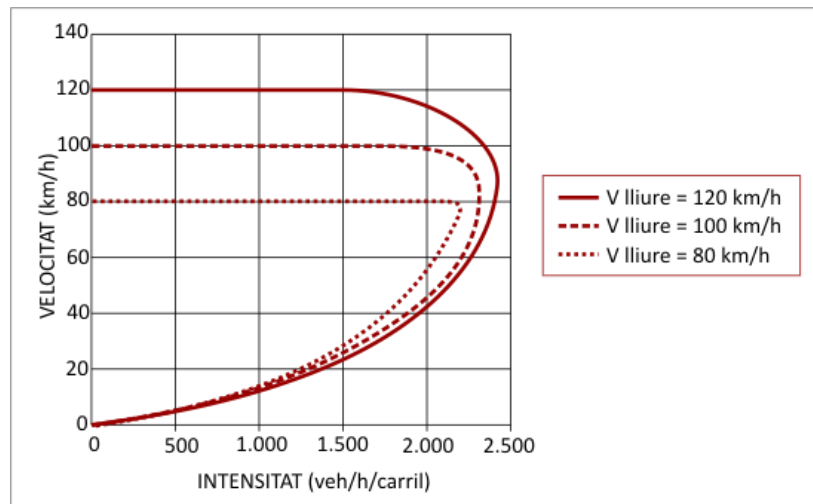


Diagrama que relaciona la velocitat amb la intensitat del trànsit. Font: Manual de Capacitat de carreteres.

El diagrama relaciona la velocitat al llarg d'un tram de carretera amb la intensitat. Però aquest model convencional no proporciona informació suficient per obtenir estimacions aproximades de costos en un equilibri del sistema, donat que no estima els costos percebuts per l'usuari. Tampoc revelen el temps d'espera que els usuaris patiran al quedar atrapats en una cua. Per a resoldre aquest inconvenient, es necessita d'un programari de modelització capaç d'informar dels costos dels usuaris, proporcionant el càlcul com a funció integrada i amb la incorporació de funcions de costos d'espera.

A falta d'aquesta funció de modelització, i per tal d'aportar valors dels costos de congestió que es puguin comparar amb altres costos externs marginals computats en aquest manual, es poden utilitzar els valors de les següents taules com a una llista detallada dels càrrecs diferenciats segons el tipus de vehicle, de carretera, de l'àrea i dels nivells de congestió.

Vehicle	Aèra	Tipus de via	Circulació lliure (€ct/vkm)	A prop de la capacitat (€ct/vkm)	Congestió (€ct/vkm)	Per sobre de la capacitat (€ct/vkm)
Turisme	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	15,9	22,6	29,4
		Altres carreteres	0,0	31,2	39,6	46,4
	Urbana	Via principal	0,0	17,4	24,8	32,1
		Altres vies	0,0	47,2	58,2	66,3
Autobús	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	31,9	45,3	58,7
		Altres carreteres	0,0	62,3	79,2	92,7
	Urbana	Via principal	0,0	34,9	49,5	64,2
		Altres vies	0,0	94,4	116,4	132,6
Camió lleuger	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	23,9	34,0	44,0
		Altres carreteres	0,0	46,7	59,4	69,6
	Urbana	Via principal	0,0	26,1	37,1	48,1
		Altres vies	0,0	70,8	87,3	99,4
Camió pesant	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	31,9	45,3	58,7
		Altres carreteres	0,0	62,3	79,2	92,7
	Urbana	Via principal	0,0	34,9	49,5	64,2
		Altres vies	0,0	94,4	116,4	132,2

Costos eficients de congestió marginal (€ ct per vkm, 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 2019.

Vehicle	Aèra	Tipus de via	Circulació lliure (€ct/pkm)	A prop de la capacitat (€ct/pkm)	Congestió (€ct/pkm)	Per sobre de la capacitat (€ct/pkm)
Turisme	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	12,2	17,4	22,6
		Altres carreteres	0,0	24,0	30,5	35,7
	Urbana	Via principal	0,0	13,4	19,1	24,7
		Altres vies	0,0	36,3	44,8	51,0
Autobús	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	1,7	2,4	3,1
		Altres carreteres	0,0	3,3	4,2	4,9
	Urbana	Via principal	0,0	1,8	2,6	3,4
		Altres vies	0,0	5,0	6,1	7,0
			(€ct/Tkm)	(€ct/Tkm)	(€ct/Tkm)	(€ct/Tkm)
Camió lleuger	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	29,9	42,5	55,0
		Altres carreteres	0,0	58,4	74,3	87,0
	Urbana	Via principal	0,0	32,6	46,4	60,1
		Altres vies	0,0	88,5	109,1	124,3
Camió pesant	Interurbana	Autopista i autovia	0,0	2,7	3,8	4,9
		Altres carreteres	0,0	5,2	6,6	7,7
	Urbana	Via principal	0,0	2,9	4,1	5,4
		Altres vies	0,0	7,9	9,7	11,0

Costos eficients de congestió marginal (€ ct per pkm i per Tkm, 2020). Font: Handbook on the external costs of transport – January 2019.

Nivell de congestió	Intensitat/capacitat
1 : Circulació lliure	$i/c < 0,8$
2 : A prop de la capacitat	$0,8 < i/c < 1$
3 : Congestió	$1 < i/c < 1,2$
4 : Per sobre de la capacitat	$i/c > 1,2$

Nivells de congestió en funció de la relació entre intensitat de trànsit i capacitat de la via. Font: Handbook on the external costs of transport – January 2019

12.2. Els costos dels accidents.

Els components de costos dels accidents més importants són els costos mèdics, les pèrdues de producció, els danys materials, els costos administratius i l'anomenat valor emocional, que és aquell que expressa en valors monetaris el dolor, la pena i el sofriment causats pels accidents de trànsit.

La base per a la quantificació dels costos dels accidents són les estimacions del valor de la vida estadística (VSL). Aquest valor varia entre els diferents països com a conseqüència de les diferències en les característiques de la població i de l'economia. No obstant això, la metaanàlisi de l'OCDE només informa sobre una xifra VSL a tota la UE i no inclou valors per a cada estat membre. A la taula següent s'expressen els valor per a la mitjana europea (EU28).

Tipus d'accident	Costos humans	Pèrdua de producció	Costos mèdics	Costos administratius	Total costos per victima
Accidents mortals	2.907.921	361.358	2.722	1.909	3.273.910
Accidents greus	464.844	24.055	8.380	1.312	498.591
Accidents lleus	35.757	1.472	721	564	38.514

Mitjana europea dels costos externs dels accidents de trànsit (€). Font: Handbook on the external costs of transport – January 2019

El grau d'interiorització del risc difereix per tipus de vehicle, ja que alguns són simplement més vulnerables que altres. Per tant, la millor manera d'arribar al grau d'interiorització del risc és calcular-ho a partir d'estadístiques de la base de dades d'accidentabilitat. La magnitud relativa dels valors reportats per a diferents vehicles es pot explicar amb les estadístiques d'accidents. Per exemple, la gran diferència entre els valors de turismes i motocicletes deriva de la disparitat en les taxes de risc (nombre d'accidents per vkm), que per a motocicletes és un ordre de magnitud superior a la dels cotxes, especialment a les vies urbanes .

En base als valors anteriors aquestes consideracions, s'estableixen els següents valors per a Catalunya corresponents a l'any 2020:

Tipus de vehicle	Millions de veh.km	Víctimes mortals i ferits greus	Costos externs dels accidents en M€	Costos externs dels accidents (€ct/vkm)
Turisme	28.183	970	975	3,46
Motocicleta	1.481	856	688	46,46
Autobús	972	12	21	2,16
Furgoneta	2.759	55	94	3,41
Camió lleuger	1.747	56	102	5,84
Camió pesant	2.175	47	81	3,72

Costos marginal externs estimats dels accidents de trànsit (€ ct per vkm, 2019). Font: càlculs propis basats en les dades d'accidentalitat del Servei Català de trànsit.

Cal esmentar que el nivell dels costos unitaris dels accidents és molt sensible als valors d'entrada crítics (risc d'accidents, elasticitat del risc, grau d'internalització,...), fet que provoca una elevada incertesa del cost de l'accident.

12.3. Els costos del soroll.

Les emissions de soroll del trànsit suposen un problema ambiental amb una incidència cada vegada més important. En general, es consideren dos impactes importants a l'avaluar els impactes de soroll:

- Molèstia, que reflecteix la pertorbació que experimenten els individus quan estan exposats al soroll (de trànsit).
- Els impactes sobre la salut, relacionats amb l'exposició a llarg termini al soroll, que afecten principalment a aspectes de la salut com la hipertensió i l'infart de miocardi.

La metodologia més precisa disponible per a l'estimació dels costos de soroll marginal és similar a l'enfocament dels costos de contaminació atmosfèrica, és a dir, l'enfocament de la trajectòria de l'impacte (IPA), però amb els següents passos per al soroll.

- Emissions de soroll: Els nivells de soroll es mesuren en termes de temps, ubicació, freqüència, nivell i font de soroll.
- Dispersió de soroll: Les diferències d'exposició al soroll s'estimen segons les localitzacions geogràfiques i es mesuren en dB mitjançant mapes de soroll.
- Exposició al soroll i funcions de resposta com a una relació entre els nivells de decibels i els impactes negatius del soroll per a calcular el canvi global de l'impacte acústic.
- Valoració econòmica: Un valor econòmic per a cada funció exposició-resposta es calcula mitjançant les estimacions dels estudis de valoració existents o mitjançant la realització d'un nou estudi original mitjançant tècniques de valoració ambiental.
- Valoració global: El valor econòmic resultant de cada unitat es multiplica per l'impacte corresponent i s'agrega sobre tots els punts proporcionats per les funcions de resposta-exposició.

Tipus de vehicle	€-cent/pkm	€-cent/vkm
Turisme gasolina	0,50	0,80
Turisme dièsel	0,60	0,90
Motocicleta	9,00	9,40
Autobús	0,40	8,00
	€-cent/Tkm	€-cent/vkm
Furgoneta	1,60	1,10
Camió lleuger	1,87	2,05
Camió pesant	0,80	5,70

Costos del soroll mitjans per a modes de transport a la UE28 (2020). Font: Handbook on the external costs 2019

Aquests factors de costos provenen de HEATCO (2006) i figuren al Handbook (2019) de l'actualització del nivell de preus (utilitzant els valors del PIB per càpita).

A l'annex 3 es representen els valors dels costos unitaris del soroll quan es distribueixen entre diferents categories de vehicles mitjançant les dades d'intensitat de trànsit.

12.4. Els costos marginals de la infraestructura viària.

Els costos marginals d'infraestructura viària corresponen a l'augment de les despeses de manteniment i reparació de carreteres que són conseqüència de l'increment de trànsit que pateixen. Aquests efectes varien segons el tipus de carretera i la classe de vehicle. Els vehicles més pesats originen més danys a les carreteres, i és per aquesta raó que l'enfocament dels estudis de costos d'infraestructures es fonamenta en els efectes sobre la infraestructura dels vehicles pesants.

Hi ha dos tipus principals d'estudis que proporcionen estimacions de cost unitari per als costos d'infraestructura:

- Els estudis econòmics, que relacionen les despeses d'infraestructura viària amb les dades d'intensitat de trànsit corresponents. Normalment, es tracta de categories de vehicles i tipus de carreteres específics.
- Els estudis específics de carreteres, que proporcionen un resum detallat de les despeses de carretera (costos de capital i de funcionament), així com de les intensitats de trànsit que permeten establir, per exemple, costos mitjans per vkm.

Els estudis econòmics sovint no aconsegueixen resultats estadísticament significatius segons el tipus de vehicle. A més, fins i tot els resultats de diferents estudis no sempre es poden combinar a causa de discrepàncies substancials en la definició de les categories de costos. Per tant, aquest mètode no proporciona estimacions consistents.

El primer que cal és definir clarament el concepte de costos variables. Els costos variables inclouen certs elements dels costos de capital i els costos d'explotació en cada carretera:

- Manteniment de rutina i grans mesures de reparació (part dels costos de capital): mesures recurrents i exhaustives per garantir les condicions de circulació originals i necessàries, incloent especialment reparacions i activitats importants per millorar la capacitat de càrrega de la carretera, per reparar les línies de drenatge, i per enfortir les estructures d'enginyeria.
- Manteniment operatiu (part de les despeses de funcionament): inclou mesures per garantir el funcionament continuat de la carretera, com ara neteja, inspecció, tractament de superfícies, manteniment d'hivern, il·luminació i reparacions menors per mantenir la funcionalitat.

Per a calcular els valors unitaris dels costos il·lustratius, l'enfocament utilitzat aquí és que les estimacions es basen en els anàlisis econòmiques detallades de les carreteres disponibles.

La taula següent proporciona valors unitaris per a Alemanya basats en l'avaluació més recent de Link et al. (2009). Aquesta avaluació és la més detallada disponible en termes de diferenciació de tipus de vehicles i tipus de carretera. Reflecteix l'estructura de la intensitat de trànsit i la composició de costos variables a Alemanya a partir de l'any 2007. Un pas important és la diferenciació dels valors unitaris de les subcategories dels camions, que són responsables de la major part dels costos de danys a la carretera.

Vehicle	Autopista (€/vkm)	Carretera principal (€/vkm)	Altres carreteres (€/vkm)	Mitjana (€/vkm)
Motocicleta	0,16	0,16	0,49	0,33
Turisme	0,33	0,49	1,32	0,82
Autobús	1,98	3,45	6,67	4,95
Furgoneta < 3,5t	0,63	1,05	8,65	1,57
Camió 3,5 - 7,5 t, 2 eixos	1,68	2,84	22,69	4,11
Camió 7,5 - 12 t, 2 eixos	2,11	3,56	28,37	5,14
Camió 12 - 18 t, 2 eixos	2,64	4,45	35,47	6,43
Camió 18 - 26 t, 3 eixos	3,63	5,94	47,68	8,58
Camió 26 - 32 t, 4 eixos	4,62	7,59	60,55	10,89
Camió 26 - 32 t, 5 eixos	3,59	5,97	48,44	8,71
Camió 32 - 40 t, 5 eixos	5,44	9,24	73,59	13,20
Camió 32 - 40 t, 6 eixos	4,35	7,39	58,87	15,57
Camió 40 - 50 t, 8 eixos	3,48	5,91	47,11	12,45
Camió 40 - 50 t, 9 eixos	2,78	4,73	37,78	9,95
Camió 50 - 60 t, 8 eixos	7,34	12,47	98,34	17,82
Camió 50 - 60 t, 9eixos	5,87	9,98	78,77	14,25

Costos marginals il·lustratius d'infraestructures en € ct / vkm per al 2020. Font: càlculs propis basats en Link et al. (2009).

Com era d'esperar, els resultats mostren una progressió molt forta dels costos marginals d'infraestructures en relació amb la càrrega màxima del vehicle. Tanmateix, pel que fa als vehicles més pesats, el nombre d'eixos sobre els quals es distribueix la càrrega juga també un paper crucial.

En absència d'estudis econòmics detallats per a les carreteres d'una determinada àrea geogràfica, una transferència de valor des de la taula anterior establerta per a les carreteres alemanyes, pot servir com a primera aproximació, encara que no es tingui en compte l'estructura local del trànsit.

Per tal de produir els costos unitaris específics de cada àrea geogràfica en particular, només caldrà tenir en compte la influència de la variació de preus en els costos mitjans de construcció.

A tal efecte, es suposa que les característiques tècniques de les carreteres són les mateixes a tots els països, fet que suposa una hipòtesi bastant raonable

Per al càlcul dels costos d'infraestructura no s'han considerat les despeses en l'expropiació del terreny, la construcció i /o ampliació de carreteres, però sí s'ha tingut en compte els costos de les reparacions, manteniment, neteja, marques viàries, senyalització vertical, semaforització i senyalització variable, despeses generals i policia de trànsit.

12.5. Els costos per danys a l'hàbitat.

El transport provoca diferents efectes sobre la natura, el paisatge i els hàbitats naturals. Els principals efectes són la pèrdua d'ecosistemes, la fragmentació de l'hàbitat i els efectes negatius sobre la biodiversitat.

La infraestructura de transport requereix terres i / o superfícies naturals, amb la conseqüent pèrdua d'ecosistemes naturals, que són hàbitats naturals de plantes i animals. L'ús terrestre del transport comporta, doncs, una pèrdua d'hàbitats (ecosistemes), cosa que té un efecte negatiu sobre la biodiversitat. La pèrdua d'hàbitat es produeix durant la fase de construcció de la infraestructura de transport, però durarà tota la vida de la infraestructura.

La infraestructura de transport també pot tenir efectes de fragmentació i separació addicionals al territori. Els principals efectes negatius són els causats per les grans infraestructures principals, com ara les autopistes i les línies ferroviàries d'alta velocitat. Els grans mamífers de la vida silvestre com el cérvol, el conill, el teixidor, etc., així com els animals més petits, com els amfibis, es veuen afectats negativament per la fragmentació de l'hàbitat.

També es pot produir a degradació de l'hàbitat a causa de l'emissió de contaminants atmosfèrics d'altres substàncies tòxiques (per exemple, metalls pesants). Aquests efectes tornen a provocar pèrdues de biodiversitat i, per tant, costos externs. La pèrdua de biodiversitat a causa de la contaminació de l'aire ja està recollida al capítol de contaminació de l'aire d'aquest document, on s'inclouen tots els impactes adversos de la contaminació de l'aire.

Els costos totals i mitjans dels danys de l'hàbitat es calculen en funció de la infraestructura i dels factors de cost mitjà per a la pèrdua d'hàbitat i la fragmentació de l'hàbitat.

	Autopista €/km-any	Carretera €/km-any
Pèrdua d'hàbitat	78.900	1.900
Fragmentació de l'hàbitat	14.600	2.200
Total danys a l'hàbitat	93.500	4.100

Costos de dels danys a l'hàbitat. Font INFRAS, Ecoplan 2018. Handbook on the external costs 2019

La taula següent proporciona costos unitaris per danys a l'hàbitat provocats pel transport:

Tipus de vehicle	€-cent/pkm	€-cent/vkm
Turisme gasolina	0,50	0,80
Turisme dièsel	0,60	0,90
Motocicleta	1,10	1,10
Autobús	0,40	8,00
	€-cent/Tkm	€-cent/vkm
Furgoneta	1,60	1,10
Camió lleuger	1,87	2,05
Camió pesant	0,80	5,70

Costos dels danys a l'hàbitat per a modes de transport a la UE28 (2020). Font: Handbook on the external costs 2019

12.6. Els costos de la contaminació del sòl i l'aigua.

Les activitats de transport tenen determinats impactes negatius sobre el sòl i l'aigua:

- Contaminació del sòl (i de l'aigua) amb metalls pesants derivats de l'abrasió de frens així com la combustió de combustible. Hi ha estudis limitats que monetitzen el cost extern de l'emissió de metalls pesants en el transport. A Suïssa, aquests costos es quantifiquen, però se situen per sota del 1% del total dels costos externs del transport.
- Contaminació del sòl (i de l'aigua) amb substàncies tòxiques orgàniques. La crema de combustibles també comporta l'emissió de substàncies tòxiques orgàniques. Tot i això, les emissions corresponents són relativament baixes. Un dels pocs estudis sobre el cost de les emissions de tòxics orgànics del transport és INFRAS, Ecoplan (2018). Es recomana estudiar factors de cost específics per a l'emissió de contaminants tòxics com ara metalls pesats i compostos orgànics, com ja s'ha fet al nou manual de costos externs holandesos (CE Delft, 2018) o a l'estudi de recerca europeu EXIOPOL (2011).
- Contaminació del sòl (i de l'aigua) per vessaments de petroli o accidents relacionats amb l'extracció de petroli. Aquestes emissions de petroli no controlades comporten una contaminació substancial especialment en els grans accidents amb perforacions de petroli o els vessaments accidentals dels vaixells petrolers. Els factors de cost més usuals provenen principalment d'esdeveniments o accidents o es refereixen als costos de les mesures preventives.
- Contaminació del sòl (i de l'aigua) per manca d'un reciclatge adequat dels residus del material de transport. Olis hidràulics de motor, transmissió i lubricants; Fangs de separadors d'aigua i olis; Filtres d'oli; Líquid de frens; Anticongelants; Bateria; Dissolvents i refrigerants; Grasses i hidrocarburs; Components de mercuri,....

12.7. El cost dels riscos nuclears.

Un altre tipus de cost ascendent de la producció d'energia són els riscos de les centrals nuclears. El risc d'un incident nuclear té una probabilitat molt baixa però un potencial de dany potencialment molt alt.

Per tant, és molt difícil quantificar els costos externs corresponents. A més dels costos de possibles incidents nuclears, l'eliminació de residus nuclears també està relacionada amb els sovint no coberts en els costos de producció d'electricitat.

Els riscos nuclears són una externalitat rellevant, tot i que difícilment es poden quantificar.

Alguns estudis antics cobreixen els costos derivats dels riscos de l'energia nuclear, però la base per monetitzar aquests efectes externs és molt antiga i no s'han dut a terme estudis nous acceptats sobre el cost dels riscos de l'energia nuclear. Per tant, aquest manual no inclou els factors de cost dels riscos d'energia nuclear.

13. Els costos externs del transport per carretera a Catalunya.

13.1. Els costos de la contaminació atmosfèrica.

Els efectes més habituals de la contaminació de l'aire són la irritació de les mucoses (ulls, nas i esòfag), afectacions en el sistema respiratori (irritació, inflamació, asma, reducció de la funció pulmonar...) i afectacions en el sistema cardiovascular (vasoconstricció, alteració del ritme cardíac...) causades principalment per l'ozó (O3), el diòxid de nitrogen (NO2), el diòxid de sofre (SO2) i les partícules en suspensió (PM10).

A Catalunya hi ha dues realitats des del punt de vista de la qualitat de l'aire ambient. Hi ha una part molt extensa (el 97,7% del territori) i que aplega una mica menys de la meitat de la població (el 40%), on la qualitat de l'aire és bona o molt bona i només registra incidències puntuals.

D'altra banda, hi ha el territori format per Barcelona i 39 municipis més del seu entorn, que aplega només el 2,3% de Catalunya, on hi viuen 4,3 milions d'habitants (el 60% de la població de Catalunya).

És una de les formacions urbanes més potents de la Mediterrània, amb infraestructures logístiques i de comunicació. Aquests municipis, que han estat declarats zones de protecció especial de l'ambient atmosfèric, han estat superant de manera continuada els llistats legiscats per la UE de dos contaminants: el diòxid de nitrogen (NO2) i les partícules en suspensió (PM10).

Típus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Contaminació atmosfèrica (€ct/vkm)	Costos externs de la contaminació atmosfèrica M€
Turisme	28.183	2,78	783
Motocicleta	1.481	1,95	29
Autobús	972	13,39	130
Furgoneta	2.759	3,89	107
Camió lleuger	1.747	11,32	198
Camió pesant	2.175	17,44	379
TOTAL	37.317		1.627

Càlcul dels costos externs de la contaminació atmosfèrica a Catalunya. Any 2019.

Font: Elaboració pròpia.

13.2. Els costos del canvi climàtic.

Per tal d'avaluar els costos del canvi climàtic s'han considerat les emissions de CO2, en tones/any de cada mode de transport (turisme, motocicleta, autobús, mercaderies per carretera).

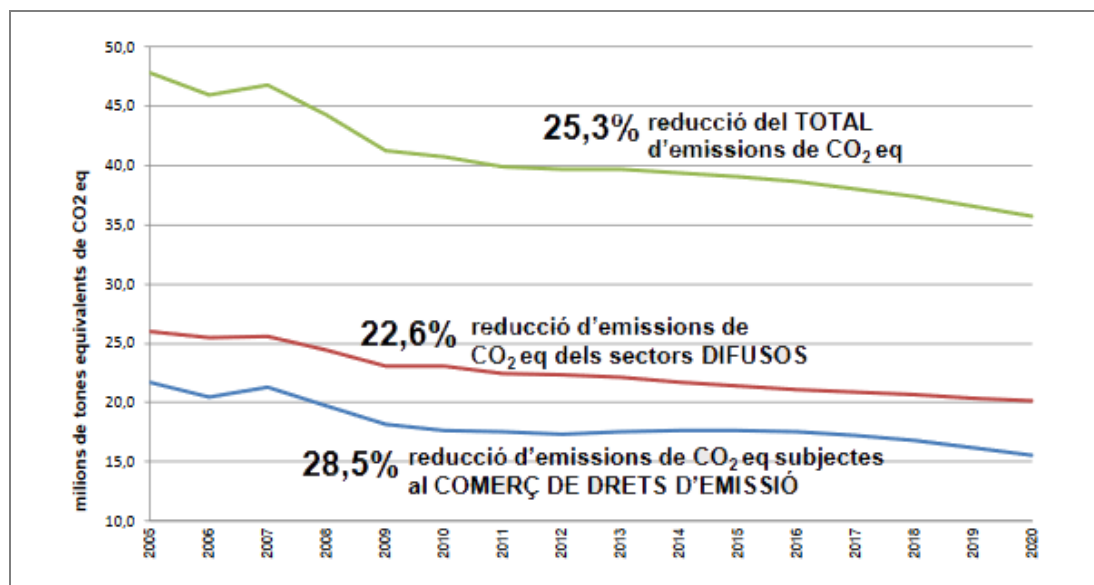
Es preus unitaris per tona emesa, han estat els indicats als apartats anteriors, considerant el cost de les mesures correctores necessàries per reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle fins assolir els objectius fixats pel Protocol de Kyoto.

Típus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Canvi climàtic (€ct/vkm)	Costos externs del canvi climàtic M€
Turisme	28.183	2,44	688
Motocicleta	1.481	1,59	24
Autobús	972	8,33	81
Furgoneta	2.759	3,54	98
Camió lleuger	1.747	7,22	126
Camió pesant	2.175	10,57	230
TOTAL	37.317		1.246

Càlcul dels costos externs del canvi climàtic a Catalunya. Any 2019. Font: Elaboració pròpia.

Cal recordar la contribució de Catalunya al compromís espanyol integrat en l'objectiu de la UE en matèria d'emissions de gasos precursors de l'efecte hivernacle a l'horitzó de l'any 2020: reducció d'un 25,3% de les emissions totals de gasos precursors de l'efecte hivernacle degut a l'energia en relació a les emissions de l'any 2005 i reducció de 22,6% pel que fa a les emissions dels sectors difusos.

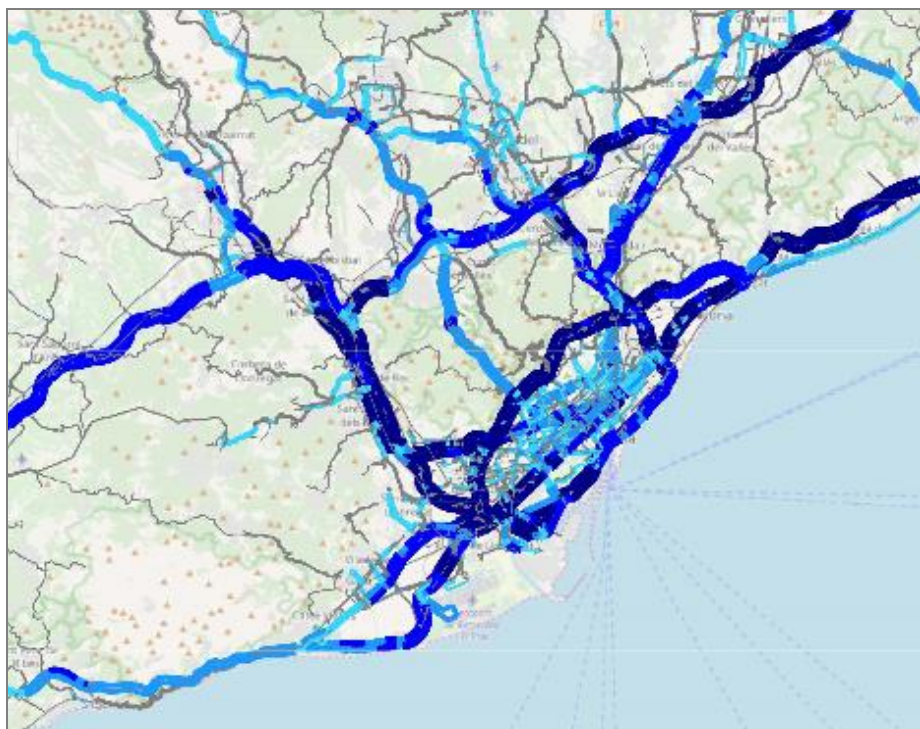
Tot i que l'objectiu s'ha assolit, cal recordar que en els darrers anys, com a conseqüència de la crisi econòmica, de la reducció de la mobilitat i de la millora de l'eficiència energètica dels vehicles, el consum de carburants d'automoció (gasoil i gasolines) s'ha reduït considerablement, fet que ha originat la reducció d'emissions.



Objectius quantitatius a l'horitzó de l'any 2020 de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a Catalunya. Font: Pla de l'Energia i Canvi Climàtic de Catalunya 2012-2020

13.3. Els costos de congestió.

Per a Catalunya, i davant la falta d'informació necessària, els costos externs de congestió s'obtenen a partir de les hores de congestió que pateix l'entorn metropolità de Barcelona. Així, es considera que les hores en les que el trànsit es manté col·lapsat constitueixen un cost extern atès que cap usuari inclou en la seva valoració del viatge aquesta eventualitat.



Principals carreteres de l'àrea metropolitana de Barcelona amb problemes recurrents de congestió. Font: ATM RMB.

Un cop determinades les hores de congestió i la composició del trànsit en els trams congestionats (En base a les intensitats mitjanes de trànsit), es descomponen els usuaris de la via i els seus costos de viatge segons les dades del següent quadre:

Tipus de vehicle	Milions de veh.km anuals en congestió	Costos externs mitjans unitaris de congestió (€ct/vkm)	Costos externs de congestió (M€)
Turisme	3.318	35	1.161
Motocicleta	148	0	0
Autobús	128	89	114
Furgoneta	1.375	58	798
Camió lleuger	824	66	544
Camió pesant	229	93	213
TOTAL	6.022		2.830

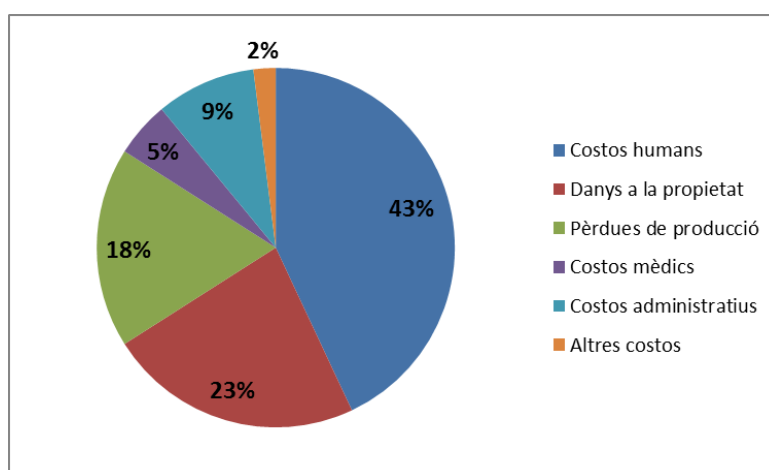
Càlcul dels costos externs de la congestió a Catalunya per a l'any 2019. Font: Elaboració pròpia.

13.4. Els costos dels accidents.

El cost total d'un accident és la suma dels costos humans (víctimes mortals i lesions), els danys a la propietat (principalment en danys als vehicles), les estimacions de la pèrdua de producció, els costos administratius i els costos mèdics.

Les lesions tenen un pes important en els costos humans totals (un 43% del total per a lesions greus i un 32% per les lesions lleus). Les víctimes mortals tenen una quota del 25%. Els costos administratius comprenen els costos de l'assegurança (un 67% sobre el total), seguit dels costos legals (19%). Els costos del servei de bombers i la policia són relativament petits (9% i 5% respectivament).

Els costos mèdics i altres costos són relativament petits. Tot i que les estimacions es basen en estudis d'uns pocs països determinats, aquestes xifres serveixen d'orientació per al desenvolupament d'aquest estudi.



Costos dels accidents de trànsit. Font: Wijnen i Stipdonk 2016.

El cost extern per accidents de trànsit es construeix a partir de la suma dels costos esmentats menys les transferències a assegurances privades. La distribució d'aquest cost extern per mode de transport, atenent a la participació en l'accident, es pot veure a la taula següent:

Tipus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Costos externs unitaris dels accidents (€ct/vkm)	Costos externs dels accidents M€
Turisme	28.183	3	975
Motocicleta	1.481	46	688
Autobús	972	2	21
Furgoneta	2.759	3	94
Camió lleuger	1.747	6	102
Camió pesant	2.175	4	81
TOTAL	37.317		1.961

Càlcul dels costos externs dels accidents a Catalunya per a l'any 2019. Font: Elaboració pròpia.

13.5. Els costos del soroll.

S'entén per soroll a qualsevol so no desitjat. El soroll emès pels vehicles, en funció del seu nivell i característiques, pot afectar a la població exposada en dos sentits: per una banda les molèsties percebudes directament, i per l'altra els efectes negatius sobre la salut.

La font d'emissió són, en el cas dels vehicles per carretera, els motors dels vehicles, el fregament per rodament i l'aerodinàmic. Per a calcular els decibels emesos s'utilitza la metodologia proposada al llibre "*Acústica Mediambiental* (Dr. Robert Barti Domingo, 2010)", que estableix la seva relació amb la IMD, la velocitat mitjana de circulació i la distància del receptor respecte la font d'emissió.

D'altra banda, la població afectada s'ha calculat de manera diferenciada segons els àmbits urbà i interurbà :

- A l'àmbit urbà s'ha obtingut de l'estudi de Càlcul dels Costos Externs a Espanya (Ministeri de Foment, 2008), que presenta el nivell mig d'exposició al soroll en termes de proporció de la població urbana per al conjunt de l'Estat.
- A la xarxa viària d'àmbit interurbà, els nivells d'exposició al soroll s'obtenen dels Mapes Estratègics de Soroll (MES) elaborats pels principals gestors de les infraestructures viàries interurbanes, en particular de les dades proporcionades al document "Mapes estratègics de soroll de les carreteres de la Generalitat de Catalunya". L'elaboració d'aquests mapes de soroll és obligatòria (Directiva 2002/49/CE), i per tant la seva metodologia és la mateixa i permet extreure els indicadors d'exposició al soroll necessaris per a tota la xarxa viària interurbana de Catalunya.

La valoració dels totals anuals dels costos del soroll s'obté com el producte del nombre de vehicles-km totals per a cada tipus de via i de vehicle pel cost unitari del soroll, obtingut del Handbook on the external costs 2019. Els resultats d'aquest càlcul es poden apreciar a la taula següent, realitzar per al total de vehicles-km a Catalunya:

Tipus de vehicle	Milions de veh.km anuals en zona urbana i periurbana	Costos externs unitaris del soroll en zona urbana i periurbana (€ct/vkm)	Costos externs del soroll M€
Turisme	15.354	1,20	184
Motocicleta	1.212	18,00	218
Autobús	598	8,00	48
Furgoneta	1.987	4,10	81
Camió lleuger	1.079	4,50	49
Camió pesant	323	9,40	30
TOTAL	20.553		611

Càlcul dels costos externs del soroll a Catalunya. Any 2019. Font: Elaboració pròpia.

13.6. Els costos externs de les infraestructures.

En aquest apartat, és necessari distingir entre els costos que provenen d'inversions en la construcció de la infraestructura dels originats per les operacions de gestió i manteniment, ja que es deuen a diferents factors i per tant s'han d'assignar amb una metodologia diferent.

Pel que fa les inversions en la construcció de les infraestructures, la metodologia consisteix en carregar els costos unitaris sobre el total del trànsit durant tota la seva vida útil. Quan als costos de manteniment, el pes dels vehicles és una variable determinant en el desgast de les infraestructures, i per tant, es fa una ponderació tenint en compte el pes mitjà per categories de vehicles (turismes, motocicletes, comercials lleugers, pesants i autobusos).

Típus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Costos externs unitaris mitjans de les infraestructures (€ct/vkm)	Costos externs de les infraestructures M€
Turisme	28.183	0,82	231
Motocicleta	1.481	0,33	5
Autobús	972	4,95	48
Furgoneta	2.759	1,57	43
Camió lleuger	1.747	4,11	72
Camió pesant	2.175	15,57	339
TOTAL	37.317		738

Càlcul dels costos externs de les infraestructures a Catalunya. Any 2019 Font: Elaboració pròpia.

13.7. Els costos externs dels danys a l'hàbitat.

Els costos dels danys de l'hàbitat es calculen en funció de la infraestructura i dels factors de cost mitjà per a la pèrdua d'hàbitat i la fragmentació de l'hàbitat.

Típus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Costos externs unitaris mitjans dels danys a l'hàbitat (€ct/vkm)	Costos externs dels danys a l'hàbitat M€
Turisme	28.183	0,90	254
Motocicleta	1.481	1,10	16
Autobús	972	8,00	78
Furgoneta	2.759	1,10	30
Camió lleuger	1.747	2,05	36
Camió pesant	2.175	5,70	124
TOTAL	37.317		538

Càlcul dels costos externs dels danys a l'hàbitat a Catalunya. Any 2019. Font: Elaboració pròpia.

13.8. Els costos externs totals del transport per carretera a Catalunya.

El quadre següent recull les principals variables que acompanyen l'estimació de costos externs del transport per carretera per a Catalunya.

Tipus de vehicle	Contaminació atmosfèrica	Canvi climàtic	Congestió	Accidents	Soroll	Infraestructura	Danys a l'habitat	Total
	M€	M€	M€	M€	M€	M€	M€	M€
Turisme	783	688	1.161	975	184	231	254	4.276
Motocicleta	29	24	0	688	218	5	16	980
Autobús	130	81	114	21	48	48	78	520
Furgoneta	107	98	798	94	81	43	30	1.252
Camió lleuger	198	126	544	102	49	72	36	1.126
Camió pesant	379	230	213	81	30	339	124	1.396
TOTAL	1.627	1.246	2.830	1.961	611	738	538	9.550

Càlcul dels costos externs del transport pre carretera a Catalunya. Any 2019. Font: Elaboració pròpia.

La categoria de costos més important és la dels costos dels accidents que representen el 21% del cost total, seguits dels costos del canvi climàtic (13%).

Els costos de la contaminació atmosfèrica contribueixen a un 17% del cost total, mentre que els costos de la congestió de trànsit representa un 30% per a tot el territori de Catalunya. Aquestes dues darreres categories de costos, com és lògic, s'incrementen sensiblement en l'àrea d'influència de l'àrea metropolitana de Barcelona.

El costos derivats del soroll representen el 6% i els del dany a l'hàbitat el 5% del total. Per últim, el 8% restant dels costos externs deriva de la construcció i manteniment de les infraestructures viàries.

Pel que fa als vehicles, el 45% dels costos són provocats pels turismes, mentre que el 40% responen al transport de mercaderies. Les motocicletes representen el 10% i els autobusos urbans i interurbans representen tan sols el 5% dels costos totals.

Cal esmentar que una part important del trànsit de llarg recorregut que circula per Catalunya és de pas, uns 10.000 camions i 30.000 turismes al dia i que els fluxos per carretera representen 96% del total del trànsit fronterer.

En el quadre anterior no s'han introduït els costos derivats de la contaminació del sòl i de les aigües derivada dels vessaments de substàncies tòxiques, efectes de les externalitats sobre àrees especialment sensibles (Parcs Naturals, espècies en extinció,...), costos del risc nuclear en la producció d'energia,.....

Referències Bibliogràfiques.

Update of the Handbook on External Costs of Transport. Version 2019. de la direcció General de Mobilitat i Transport de la Comissió Europea.

Guia per al càlcul d'emissions de GEH (versió 2021). Oficina Catalana del Canvi Climàtic. Generalitat de Catalunya.

Guia de càlcul d'emissions de contaminants a l'atmosfera. Oficina Tècnica de Plans de Millora de la Qualitat de l'Aire. Generalitat de Catalunya.

Pla Director de Mobilitat de la regió metropolitana de Barcelona. Annex 8: Costos socials i ambientals del transport. 2019. ATM Barcelona.

Europe's environment: the third assessment. 2003. Agència Europea de Medi Ambient.

Cap a una tarificació equitativa i eficaç del transport. Opcions per a la internalització dels costos externs del transport a la Unió Europea. 1996. Comissió Europea de Mobilitat i Transport.

External Costs of Transport.Update Study. 2004 INFRAS/IWW.

Llibre Blanc del Transport: Full de ruta Cap a un espai únic europeu de transport: per una política de transports competitiva i sostenible. 2011. Comissió Europea de Mobilitat i Transport.

Generalization of Research on Accounts and Cost Estimation (GRACE). VI programa marco UE. 2006. University of Leeds.

Evaluación de los costes medioambientales y de seguridad en el transporte de mercancías por carretera. 2007. Universidad Pública de Navarra.

Annex I. Costos marginals de la contaminació atmosfèrica.

Transport de passatgers(c€/ pkm)

Vehicle		Classe	Àrea metropolitana			Àrea urbana		Zona rural		
			Autopista	Via urbana	Carretera	Autopista	Via urbana	Autopista	Carretera	
Turisme gasolina	Mini < 0.8 l	Euro 4	0,05	0,12	0,06	0,04	0,10	0,02	0,03	
		Euro 5	0,05	0,08	0,06	0,03	0,06	0,02	0,02	
		Euro 6	0,05	0,09	0,06	0,03	0,06	0,02	0,02	
	Petit 0.8-1.4 l	Euro 0	2,91	2,69	2,99	2,88	2,63	1,76	1,82	
		Euro 1	0,82	0,55	0,48	0,79	0,50	0,50	0,29	
		Euro 2	0,36	0,37	0,30	0,33	0,32	0,22	0,18	
		Euro 3	0,17	0,19	0,15	0,15	0,17	0,11	0,10	
		Euro 4	0,12	0,17	0,11	0,10	0,15	0,08	0,07	
		Euro 5	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07	
	Mitjà 1.4-2.0 l	Euro 6	0,12	0,14	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07	
		Euro 0	4,53	3,04	3,80	4,50	2,99	2,73	2,30	
		Euro 1	0,86	0,55	0,48	0,83	0,50	0,52	0,29	
		Euro 2	0,36	0,37	0,30	0,33	0,32	0,22	0,18	
		Euro 3	0,17	0,19	0,15	0,15	0,17	0,12	0,10	
		Euro 4	0,12	0,17	0,11	0,10	0,15	0,08	0,07	
	Gran-SUV > 2.0 l	Euro 5	0,12	0,13	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07	
		Euro 6	0,12	0,14	0,10	0,09	0,11	0,08	0,07	
		Euro 0	8,16	3,77	5,65	8,12	3,71	4,87	3,39	
		Euro 1	0,88	0,55	0,48	0,85	0,50	0,53	0,29	
		Euro 2	0,36	0,37	0,30	0,33	0,32	0,22	0,18	
		Euro 3	0,17	0,19	0,15	0,15	0,17	0,12	0,10	
	Turisme dièsel	Mini < 0.8 l	Euro 4	1,65	1,70	1,21	1,20	1,17	0,73	0,49
			Euro 5	0,92	1,04	0,74	0,90	0,99	0,56	0,44
			Euro 6	0,76	0,86	0,61	0,75	0,82	0,47	0,37
Petit 0.8-1.4 l		Euro 0	5,81	6,83	3,84	2,47	2,79	1,45	0,99	
		Euro 1	4,17	2,56	2,28	2,05	1,50	1,22	0,77	
		Euro 2	2,49	2,39	1,74	1,54	1,51	0,93	0,66	
		Euro 3	2,45	1,90	1,66	1,59	1,37	0,96	0,71	
		Euro 4	1,65	1,70	1,21	1,20	1,17	0,73	0,49	
		Euro 5	0,92	1,04	0,74	0,90	0,99	0,56	0,44	
Mitjà 1.4-2.0 l		Euro 6	0,76	0,86	0,61	0,75	0,82	0,47	0,37	
		Euro 0	6,11	7,05	4,03	2,73	3,01	1,61	1,10	
		Euro 1	4,21	2,56	2,29	2,06	1,50	1,22	0,77	
		Euro 2	2,51	2,39	1,75	1,55	1,51	0,93	0,67	
		Euro 3	2,47	1,90	1,66	1,60	1,37	0,97	0,71	
		Euro 4	1,67	1,70	1,21	1,21	1,17	0,74	0,49	
Gran-SUV > 2.0 l		Euro 5	0,93	1,04	0,74	0,90	0,99	0,56	0,44	
		Euro 6	0,77	0,86	0,61	0,75	0,82	0,47	0,37	
		Euro 0	6,41	7,27	4,22	3,00	3,23	1,77	1,22	
		Euro 1	4,25	2,56	2,31	2,08	1,50	1,23	0,77	
		Euro 2	2,53	2,40	1,75	1,56	1,51	0,94	0,67	
		Euro 3	2,49	1,90	1,67	1,62	1,37	0,97	0,71	
Híbrid gasolina		Mini	n.a.	0,09	0,06	0,07	0,09	0,06	0,08	0,06
		Petit	n.a.	0,09	0,06	0,07	0,09	0,06	0,08	0,06
		Gran-SUV	n.a.	0,09	0,06	0,07	0,09	0,06	0,08	0,06
Gas líquat de petroli (LPG)	Euro 1	0,55	0,65	0,47	0,52	0,60	0,34	0,28		
	Euro 2	0,27	0,31	0,23	0,24	0,26	0,17	0,14		
	Euro 3	0,17	0,19	0,15	0,15	0,17	0,12	0,10		
	Euro 4	0,12	0,17	0,11	0,10	0,15	0,08	0,07		
	Euro 5	0,11	0,15	0,10	0,09	0,13	0,08	0,07		
	Euro 6	0,11	0,15	0,10	0,09	0,13	0,08	0,07		
Gas natural comprimit (GNC)	Euro 4	0,12	0,17	0,11	0,10	0,15	0,09	0,08		
	Euro 5	0,11	0,14	0,10	0,09	0,12	0,08	0,07		
	Euro 6	0,11	0,14	0,10	0,09	0,12	0,08	0,07		
Electric (BEV)	n.a.	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05		

Transport de passatgers(c€ / pkm)

Vehicle		Classe	Àrea metropolitana			Àrea urbana		Zona rural	
			Autopista	Via urbana	Carretera	Autopista	Via urbana	Autopista	Carretera
Ciclomotor	2-temps < 50 cm³	Euro 0	7,46	7,45	7,45	3,13	3,13	2,20	2,19
		Euro 1	2,41	2,40	2,40	1,30	1,29	0,92	0,92
		Euro 2	1,61	1,60	1,60	0,97	0,96	0,70	0,69
		Euro 3	1,20	1,20	1,20	0,76	0,76	0,53	0,53
Motocicleta	4-temps < 250 cm³	Euro 0	2,00	1,45	1,67	1,51	0,96	0,93	0,73
		Euro 1	2,08	1,45	1,73	1,59	0,96	0,98	0,76
		Euro 2	1,49	0,72	1,00	1,36	0,60	0,84	0,54
		Euro 3	1,27	0,67	0,86	1,15	0,55	0,70	0,45
	4-temps 250-750 cm³	Euro 0	2,24	1,55	1,69	1,75	1,06	1,08	0,77
		Euro 1	2,13	1,39	1,61	1,63	0,90	1,00	0,70
		Euro 2	0,90	0,42	0,51	0,78	0,29	0,50	0,25
		Euro 3	0,57	0,32	0,36	0,45	0,19	0,29	0,16
	4-temps > 750 cm³	Euro 0	1,95	1,32	1,28	1,46	0,83	0,94	0,53
		Euro 1	1,93	1,18	1,31	1,44	0,68	0,89	0,51
		Euro 2	1,54	0,47	0,64	1,41	0,34	0,87	0,32
		Euro 3	0,89	0,34	0,43	0,77	0,22	0,48	0,20
Moto elèctrica		n.a.	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	
Bus urbà	<=15 t	Euro 0	2,28	4,75	2,46	1,51	2,79	0,89	0,95
		Euro I	1,26	2,33	1,37	0,92	1,69	0,55	0,60
		Euro II	1,11	1,96	1,20	0,91	1,65	0,54	0,60
		Euro III	0,83	1,87	0,93	0,65	1,55	0,39	0,45
		Euro IV	0,47	0,95	0,54	0,43	0,87	0,26	0,30
		Euro V	0,39	1,15	0,44	0,33	1,06	0,20	0,24
		Euro VI	0,03	0,13	0,05	0,03	0,13	0,02	0,03
		Euro 0	2,11	4,40	2,35	1,59	3,00	0,94	1,04
	15-18 t	Euro I	1,30	2,53	1,43	0,96	1,80	0,57	0,63
		Euro II	1,16	2,09	1,26	0,95	1,75	0,56	0,62
		Euro III	0,86	1,93	0,98	0,69	1,60	0,41	0,48
		Euro IV	0,50	1,00	0,57	0,46	0,92	0,28	0,32
		Euro V	0,35	1,16	0,40	0,30	1,07	0,18	0,21
		Euro VI	0,03	0,12	0,04	0,03	0,11	0,02	0,03
	> 18 t	Euro 0	2,19	4,54	2,51	1,64	3,12	0,97	1,10
		Euro I	1,37	2,64	1,52	1,00	1,88	0,59	0,67
		Euro II	1,19	2,18	1,31	0,96	1,80	0,57	0,64
		Euro III	0,90	1,98	1,02	0,73	1,63	0,43	0,50
		Euro IV	0,51	1,07	0,62	0,47	0,99	0,28	0,34
		Euro V	0,30	1,01	0,34	0,25	0,92	0,15	0,17
		Euro VI	0,03	0,09	0,04	0,03	0,08	0,02	0,03
		Euro I	2,13	2,13	2,13	2,10	2,10	1,24	1,24
	Bus Gas natural comprimit (GNC)	Euro II	1,92	1,92	1,92	1,90	1,90	1,13	1,13
		Euro III	1,28	1,28	1,28	1,27	1,27	0,75	0,75
EEV*		0,26	0,53	0,30	0,25	0,52	0,15	0,17	
Euro 0		2,10	4,36	2,34	1,58	2,97	0,93	1,02	
Bus Biodiesel	Euro I	1,29	2,49	1,42	0,95	1,76	0,56	0,62	
	Euro II	1,15	2,05	1,24	0,94	1,71	0,55	0,61	
	Euro III	0,85	1,90	0,97	0,68	1,56	0,40	0,46	
	Euro IV	0,49	0,96	0,55	0,45	0,88	0,26	0,30	
	Euro V	0,34	1,12	0,39	0,29	1,03	0,17	0,20	
	Euro VI	0,02	0,08	0,03	0,01	0,07	0,01	0,01	
Bus Elèctric	Petit	n.a.	0,01	0,05	0,02	0,01	0,05	0,01	0,02
	Mitjà	n.a.	0,01	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01	0,02
	Gran	n.a.	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Autocar	<=18 t	Euro 0	1,77	3,99	2,02	1,35	2,77	0,80	0,88
		Euro I	1,34	3,19	1,56	1,02	2,21	0,60	0,68
		Euro II	1,24	2,64	1,39	1,05	2,21	0,62	0,69
		Euro III	1,01	2,67	1,19	0,83	2,12	0,50	0,57
		Euro IV	0,61	1,34	0,68	0,56	1,23	0,34	0,38
		Euro V	0,37	1,86	0,59	0,32	1,71	0,19	0,31
		Euro VI	0,04	0,21	0,07	0,03	0,19	0,02	0,04
	> 18 t	Euro 0	1,42	3,22	1,62	1,07	2,26	0,63	0,71
		Euro I	1,04	2,51	1,23	0,79	1,77	0,47	0,54
		Euro II	0,95	2,05	1,08	0,79	1,72	0,47	0,54
		Euro III	0,73	1,97	0,88	0,60	1,56	0,36	0,42
		Euro IV	0,44	1,00	0,50	0,41	0,91	0,24	0,28
		Euro V	0,26	1,35	0,41	0,21	1,25	0,13	0,22
		Euro VI	0,02	0,14	0,04	0,02	0,13	0,01	0,03

Transport de mercaderies (c€/tkm)

Vehicle	Classe	Àrea metropolitana			Àrea urbana		Zona rural		
		Autopista	Via urbana	Carretera	Autopista	Via urbana	Autopista	Carretera	
Camió rígid	<=7,5 t	Euro 0	22,05	30,29	21,88	15,44	18,35	9,19	8,71
		Euro I	13,38	15,86	12,34	10,57	11,17	6,32	5,66
		Euro II	12,35	12,87	10,96	10,35	10,78	6,20	5,58
		Euro III	8,79	11,65	8,41	7,54	9,18	4,54	4,22
		Euro IV	5,74	6,28	5,18	5,28	5,77	3,21	2,93
		Euro V	2,84	7,85	2,96	2,37	7,20	1,49	1,59
	Euro VI	0,32	1,55	0,47	0,28	1,48	0,26	0,36	
	7,5-12 t	Euro 0	11,55	16,51	11,64	9,07	11,58	5,39	5,26
		Euro I	7,08	10,11	7,04	5,49	7,06	3,27	3,18
		Euro II	6,72	8,12	6,26	5,51	6,77	3,29	3,14
		Euro III	4,75	7,23	4,96	3,99	5,68	2,39	2,46
		Euro IV	2,97	3,81	2,99	2,73	3,49	1,65	1,67
		Euro V	1,55	4,93	1,77	1,28	4,53	0,79	0,93
	Euro VI	0,20	0,70	0,26	0,18	0,66	0,14	0,18	
	12-14 t	Euro 0	6,65	9,82	6,72	5,10	6,98	3,03	3,02
		Euro I	4,07	6,05	4,11	3,10	4,28	1,84	1,84
		Euro II	3,83	4,96	3,65	3,10	4,14	1,85	1,82
		Euro III	2,78	4,46	2,90	2,30	3,57	1,38	1,44
		Euro IV	1,67	2,39	1,74	1,54	2,20	0,93	0,98
		Euro V	0,89	2,89	1,06	0,74	2,66	0,45	0,56
	Euro VI	0,11	0,38	0,14	0,10	0,35	0,08	0,10	
	14-20 t	Euro 0	7,49	12,30	7,96	5,66	8,58	3,36	3,50
		Euro I	4,46	7,54	4,79	3,36	5,25	1,99	2,10
		Euro II	4,24	6,02	4,17	3,43	5,04	2,04	2,08
		Euro III	3,11	5,58	3,45	2,56	4,40	1,53	1,68
		Euro IV	1,88	2,86	2,00	1,74	2,63	1,04	1,12
		Euro V	1,02	3,91	1,62	0,85	3,61	0,52	0,87
	Euro VI	0,13	0,51	0,18	0,11	0,48	0,08	0,12	
	20-26 t	Euro 0	3,69	6,21	3,99	2,74	4,43	1,62	1,75
		Euro I	2,65	4,70	2,88	1,96	3,25	1,16	1,25
		Euro II	2,48	3,74	2,51	1,98	3,10	1,18	1,24
		Euro III	1,89	3,35	2,06	1,56	2,64	0,93	1,00
		Euro IV	1,13	1,75	1,20	1,05	1,60	0,63	0,67
		Euro V	0,58	2,17	0,85	0,48	1,98	0,29	0,45
	Euro VI	0,06	0,26	0,09	0,05	0,24	0,04	0,06	
	26-28 t	Euro 0	2,74	4,59	2,98	2,03	3,26	1,19	1,29
		Euro I	1,96	3,43	2,15	1,44	2,38	0,85	0,92
		Euro II	1,84	2,78	1,87	1,46	2,30	0,87	0,92
		Euro III	1,38	2,45	1,52	1,13	1,93	0,67	0,73
		Euro IV	0,82	1,29	0,87	0,76	1,18	0,46	0,48
		Euro V	0,39	1,58	0,61	0,32	1,45	0,19	0,32
	Euro VI	0,05	0,18	0,07	0,04	0,17	0,03	0,04	
	28-32 t	Euro 0	2,55	4,14	2,75	1,89	2,94	1,11	1,20
		Euro I	1,86	3,14	2,02	1,37	2,21	0,81	0,88
		Euro II	1,74	2,54	1,76	1,37	2,10	0,81	0,86
		Euro III	1,28	2,21	1,40	1,05	1,75	0,63	0,68
		Euro IV	0,76	1,19	0,82	0,71	1,09	0,42	0,45
		Euro V	0,33	1,34	0,49	0,27	1,23	0,16	0,25
Euro VI	0,05	0,14	0,06	0,04	0,13	0,03	0,04		
> 32 t	Euro 0	2,21	3,77	2,40	1,63	2,69	0,96	1,04	
	Euro I	1,62	2,89	1,76	1,18	2,01	0,70	0,76	
	Euro II	1,51	2,32	1,54	1,19	1,91	0,71	0,75	
	Euro III	1,14	2,02	1,25	0,93	1,60	0,55	0,61	
	Euro IV	0,68	1,08	0,73	0,63	0,99	0,38	0,40	
	Euro V	0,32	1,20	0,45	0,26	1,10	0,16	0,23	
Euro VI	0,03	0,13	0,05	0,03	0,12	0,02	0,03		

Transport de mercaderies (c€ /tkm)

Vehicle	Classe	Àrea metropolitana			Àrea urbana		Zona rural		
		Autopista	Via urbana	Carretera	Autopista	Via urbana	Autopista	Carretera	
Camió articulat	14-20 t	Euro 0	3,99	6,74	4,33	3,00	4,74	1,77	1,89
		Euro I	2,44	4,14	2,60	1,80	2,88	1,06	1,12
		Euro II	2,27	3,33	2,27	1,81	2,77	1,07	1,11
		Euro III	1,70	3,01	1,85	1,38	2,38	0,82	0,89
		Euro IV	1,00	1,55	1,07	0,92	1,41	0,54	0,58
		Euro V	0,51	1,95	0,76	0,42	1,79	0,25	0,39
	20-28 t	Euro VI	0,05	0,17	0,06	0,04	0,15	0,02	0,03
		Euro 0	3,54	6,07	3,87	2,60	4,36	1,54	1,70
		Euro I	2,58	4,56	2,84	1,88	3,23	1,11	1,23
		Euro II	2,37	3,68	2,43	1,86	3,05	1,10	1,19
		Euro III	1,77	3,25	1,97	1,42	2,58	0,85	0,95
		Euro IV	1,03	1,73	1,14	0,95	1,59	0,57	0,63
	28-34 t	Euro V	0,52	2,01	0,76	0,43	1,84	0,26	0,40
		Euro VI	0,07	0,22	0,08	0,06	0,20	0,04	0,05
		Euro 0	2,21	3,84	2,42	1,62	2,76	0,96	1,06
		Euro I	1,62	2,89	1,77	1,17	2,03	0,69	0,77
		Euro II	1,47	2,31	1,51	1,14	1,91	0,68	0,74
		Euro III	1,09	2,01	1,22	0,88	1,60	0,52	0,59
	34-40 t	Euro IV	0,63	1,09	0,71	0,58	1,00	0,35	0,39
		Euro V	0,30	1,18	0,44	0,25	1,07	0,15	0,23
		Euro VI	0,04	0,12	0,05	0,04	0,11	0,03	0,03
		Euro 0	2,18	3,92	2,41	1,59	2,81	0,94	1,05
		Euro I	1,59	2,98	1,77	1,15	2,07	0,68	0,76
		Euro II	1,47	2,39	1,53	1,15	1,96	0,68	0,74
	40-50 t	Euro III	1,11	2,07	1,24	0,90	1,64	0,54	0,60
		Euro IV	0,65	1,10	0,72	0,60	1,01	0,36	0,40
		Euro V	0,32	1,20	0,45	0,26	1,08	0,16	0,23
		Euro VI	0,03	0,12	0,04	0,03	0,11	0,02	0,03
		Euro 0	2,07	3,74	2,30	1,51	2,69	0,89	1,01
		Euro I	1,53	2,84	1,69	1,09	1,97	0,65	0,72
	50-60 t	Euro II	1,40	2,27	1,46	1,09	1,86	0,64	0,71
		Euro III	1,04	1,93	1,17	0,85	1,54	0,50	0,57
		Euro IV	0,62	1,05	0,68	0,57	0,97	0,34	0,38
		Euro V	0,28	1,04	0,39	0,23	0,94	0,14	0,20
		Euro VI	0,03	0,10	0,04	0,02	0,09	0,02	0,02
		Euro 0	2,16	3,94	2,41	1,58	2,86	0,93	1,06
	Furgoneta gasolina	Euro I	1,59	2,97	1,77	1,13	2,07	0,67	0,76
		Euro II	1,45	2,39	1,52	1,12	1,95	0,66	0,73
		Euro III	1,09	2,04	1,21	0,88	1,62	0,52	0,59
		Euro IV	0,60	1,09	0,71	0,55	1,01	0,33	0,39
		Euro V	0,27	1,00	0,38	0,22	0,89	0,13	0,19
		Euro VI	0,03	0,10	0,04	0,02	0,09	0,02	0,02

Transport de mercaderies en furgonetes (c€ /tkm)

Vehicle	Classe	Àrea metropolitana			Àrea urbana		Zona rural	
		Autopista	Via urbana	Carretera	Autopista	Via urbana	Autopista	Carretera
Furgoneta gasolina	Euro 0	12,01	8,43	10,18	11,93	8,31	7,16	6,06
	Euro 1	1,91	1,74	1,47	1,84	1,62	1,15	0,87
	Euro 2	0,81	0,77	0,63	0,74	0,65	0,50	0,37
	Euro 3	0,56	0,48	0,41	0,51	0,43	0,36	0,27
	Euro 4	0,38	0,32	0,27	0,33	0,28	0,25	0,18
	Euro 5	0,39	0,23	0,26	0,25	0,19	0,21	0,15
	Euro 6	0,39	0,23	0,26	0,25	0,19	0,21	0,15
Furgoneta dièsel	Euro 1	13,26	8,98	7,11	7,09	5,69	4,20	2,63
	Euro 2	13,26	8,98	7,11	7,09	5,69	4,20	2,63
	Euro 3	9,61	6,73	5,31	5,48	4,53	3,26	2,10
	Euro 4	6,05	4,53	3,55	3,89	3,38	2,34	1,57
	Euro 5	5,75	3,88	3,72	5,72	3,83	3,44	2,22
	Euro 6	4,68	3,17	3,04	4,65	3,12	2,81	1,82
Furgoneta elèctrica	n.a.	0,14	0,11	0,10	0,14	0,11	0,14	0,10

Annex II. Costos marginals del canvi climàtic.

Transport de passatgers(c€/ pkm)

Vehicle		Classe	Autopista	Via urbana	Carretera
Turisme gasolina	Mini < 0.8 l	Euro 4	0,87	0,84	0,72
		Euro 5	0,87	0,84	0,72
		Euro 6	0,87	0,84	0,72
	Petit 0.8–1.4 l	Euro 0	1,25	1,53	1,06
		Euro 1	0,94	1,06	0,83
		Euro 2	0,90	1,05	0,77
		Euro 3	0,91	1,05	0,82
		Euro 4	0,96	1,09	0,85
		Euro 5	0,96	1,09	0,85
		Euro 6	0,96	1,09	0,85
	Mitjà 1.4–2.0 l	Euro 0	1,55	1,80	1,26
		Euro 1	1,07	1,29	0,96
		Euro 2	0,98	1,25	0,93
		Euro 3	1,08	1,26	0,96
		Euro 4	1,11	1,29	1,02
		Euro 5	1,11	1,29	1,02
		Euro 6	1,11	1,29	1,02
	Gran-SUV > 2.0 l	Euro 0	1,79	2,21	1,50
		Euro 1	1,36	1,66	1,21
		Euro 2	1,34	1,70	1,27
		Euro 3	1,14	1,54	1,11
Euro 4		1,31	1,89	1,31	
Euro 5		1,31	1,89	1,31	
Euro 6		1,31	1,89	1,31	
Turisme dièsel	Mini < 0.8 l	Euro 4	0,78	0,69	0,66
		Euro 5	0,78	0,69	0,66
		Euro 6	0,78	0,69	0,66
		Euro 1	1,05	1,10	0,87
		Euro 2	1,05	1,17	0,90
		Euro 3	0,97	1,11	0,88
		Euro 4	0,97	1,11	0,88
		Euro 5	0,97	1,11	0,88
		Euro 6	0,97	1,11	0,88
		Euro 1	1,22	1,29	1,02
		Euro 2	1,23	1,33	1,04
		Euro 3	1,18	1,31	1,03
		Euro 4	1,18	1,31	1,03
		Euro 5	1,18	1,31	1,03
		Euro 6	1,18	1,31	1,03
		Euro 1	1,40	1,49	1,18
		Euro 2	1,40	1,49	1,18
		Euro 3	1,39	1,50	1,18
		Euro 4	1,39	1,50	1,18
		Euro 5	1,39	1,50	1,18
		Euro 6	1,39	1,50	1,18
Híbrid gasolina	Mini	n.a.	0,57	0,44	0,44
	Petit	n.a.	0,57	0,44	0,44
	Gran-SUV	n.a.	0,57	0,44	0,44
Gas líquat de petroli (LPG)	Euro 1	n.a.	n.a.	n.a.	
	Euro 2	n.a.	n.a.	n.a.	
	Euro 3	n.a.	n.a.	n.a.	
	Euro 4	0,93	1,03	0,81	
	Euro 5	0,89	0,98	0,77	
	Euro 6	0,85	0,93	0,73	
Gas natural comprimit (GNC)	Euro 4	0,81	0,89	0,69	
	Euro 5	0,78	0,85	0,67	
	Euro 6	0,74	0,81	0,63	
Electric (BEV)	n.a.	0,00	0,00	0,00	

Transport de passatgers(c€ / pkm)

Vehicle		Classe	Autopista	Via urbana	Carretera	
Ciclomotor	2-temps < 50 cm ³	Euro 0	0,78	0,78	0,78	
		Euro 1	0,59	0,59	0,59	
		Euro 2	0,59	0,59	0,59	
		Euro 3	0,59	0,59	0,59	
Motocicleta	4-temps < 250 cm ³	Euro 0	1,25	0,86	0,94	
		Euro 1	1,02	0,71	0,77	
		Euro 2	0,77	0,63	0,61	
	4-temps 250-750 cm ³	Euro 3	0,76	0,61	0,60	
		Euro 0	1,35	1,23	1,07	
		Euro 1	1,34	1,12	1,01	
	4-temps > 750 cm ³	Euro 2	1,23	1,02	0,92	
		Euro 3	1,21	1,00	0,90	
		Euro 0	1,56	1,42	1,23	
			Euro 1	1,36	1,38	1,12
			Euro 2	1,41	1,32	1,10
			Euro 3	1,39	1,32	1,09
Moto elèctrica		n.a.	0,00	0,00	0,00	
Bus urbà	<=15 t	Euro 0	0,46	0,79	0,48	
		Euro I	0,38	0,62	0,39	
		Euro II	0,37	0,59	0,38	
		Euro III	0,39	0,63	0,40	
		Euro IV	0,39	0,57	0,40	
		Euro V	0,37	0,56	0,36	
	15-18 t	Euro VI	0,37	0,57	0,37	
		Euro 0	0,42	0,80	0,46	
		Euro I	0,37	0,67	0,40	
		Euro II	0,37	0,64	0,40	
		Euro III	0,39	0,67	0,42	
		Euro IV	0,39	0,61	0,42	
	> 18 t	Euro V	0,36	0,60	0,38	
		Euro VI	0,37	0,61	0,38	
		Euro 0	0,43	0,82	0,48	
		Euro I	0,39	0,70	0,43	
		Euro II	0,39	0,67	0,43	
		Euro III	0,40	0,70	0,44	
	Bus Gas natural comprimit (GNC)		Euro IV	0,41	0,65	0,45
			Euro V	0,37	0,64	0,41
			Euro VI	0,38	0,65	0,41
			Euro I	0,99	0,99	0,99
			Euro II	0,89	0,89	0,89
			Euro III	0,74	0,74	0,74
Bus Biodiesel		EEV*	0,39	0,67	0,42	
		Euro 0	0,37	0,70	0,40	
		Euro I	0,33	0,58	0,35	
		Euro II	0,33	0,56	0,35	
		Euro III	0,34	0,58	0,36	
		Euro IV	0,34	0,54	0,36	
Bus Elèctric		Euro V	0,31	0,52	0,33	
		Euro VI	0,32	0,54	0,33	
		Petit	n.a.	0,00	0,00	
		Mitjà	n.a.	0,00	0,00	
		Gran	n.a.	0,00	0,00	
		Autocar	<=18 t	Euro 0	0,41	0,90
Euro I	0,37			0,81	0,42	
Euro II	0,37			0,80	0,43	
Euro III	0,40			0,88	0,46	
Euro IV	0,40			0,81	0,45	
Euro V	0,40			0,80	0,44	
> 18 t	Euro VI		0,40	0,82	0,46	
	Euro 0		0,33	0,73	0,37	
	Euro I		0,29	0,63	0,33	
	Euro II		0,29	0,62	0,33	
	Euro III		0,28	0,66	0,33	
	Euro IV		0,28	0,61	0,32	
			Euro V	0,30	0,61	0,34
			Euro VI	0,30	0,62	0,35

Transport de mercaderies (c€ /tkm)

Vehicle		Classe	Autopista	Via urbana	Carretera
Camió rígid	<=7,5 t	Euro 0	4,52	5,48	4,36
		Euro I	4,18	4,45	3,63
		Euro II	4,05	4,17	3,51
		Euro III	4,26	4,46	3,67
		Euro IV	4,33	4,19	3,67
		Euro V	4,30	4,03	3,56
	7,5-12 t	Euro VI	4,29	4,12	3,59
		Euro 0	2,32	3,22	2,33
		Euro I	2,10	2,67	2,05
		Euro II	2,06	2,53	1,99
		Euro III	2,13	2,68	2,08
		Euro IV	2,13	2,53	2,06
	12-14 t	Euro V	2,22	2,54	1,96
		Euro VI	2,23	2,59	1,98
		Euro 0	1,33	1,90	1,34
		Euro I	1,19	1,60	1,18
		Euro II	1,16	1,52	1,14
		Euro III	1,19	1,61	1,19
	14-20 t	Euro IV	1,19	1,50	1,17
		Euro V	1,10	1,47	1,15
		Euro VI	1,11	1,50	1,16
		Euro 0	1,50	2,40	1,58
		Euro I	1,27	1,92	1,31
		Euro II	1,24	1,82	1,28
	20-26 t	Euro III	1,27	1,93	1,32
		Euro IV	1,25	1,76	1,29
		Euro V	1,18	1,77	1,26
		Euro VI	1,19	1,77	1,27
		Euro 0	0,83	1,40	0,90
		Euro I	0,73	1,18	0,78
	26-28 t	Euro II	0,71	1,13	0,76
		Euro III	0,72	1,18	0,78
		Euro IV	0,71	1,10	0,76
		Euro V	0,69	1,10	0,75
		Euro VI	0,69	1,11	0,75
		Euro 0	0,62	1,05	0,68
	28-32 t	Euro I	0,54	0,89	0,59
		Euro II	0,53	0,85	0,58
		Euro III	0,54	0,89	0,59
		Euro IV	0,54	0,84	0,58
		Euro V	0,53	0,82	0,57
		Euro VI	0,53	0,84	0,58
> 32 t	Euro 0	0,57	0,92	0,62	
	Euro I	0,51	0,81	0,55	
	Euro II	0,52	0,80	0,54	
	Euro III	0,51	0,81	0,56	
	Euro IV	0,51	0,77	0,55	
	Euro V	0,50	0,75	0,54	
	Euro VI	0,50	0,77	0,55	
	Euro 0	0,49	0,84	0,54	
	Euro I	0,44	0,73	0,48	
	Euro II	0,43	0,70	0,47	
	Euro III	0,44	0,73	0,48	
	Euro IV	0,43	0,69	0,47	
	Euro V	0,42	0,69	0,46	
	Euro VI	0,42	0,69	0,47	

Transport de mercaderies (c€ /tkm)

Vehicle		Classe	Autopista	Via urbana	Carretera
Camió articulat	14-20 t	Euro 0	0,80	1,33	0,86
		Euro I	0,69	1,09	0,73
		Euro II	0,67	1,04	0,71
		Euro III	0,69	1,10	0,74
		Euro IV	0,68	1,02	0,72
		Euro V	0,66	1,00	0,71
		Euro VI	0,66	1,02	0,71
	20-28 t	Euro 0	0,79	1,35	0,87
		Euro I	0,71	1,19	0,77
		Euro II	0,68	1,12	0,75
		Euro III	0,70	1,17	0,77
		Euro IV	0,69	1,10	0,76
		Euro V	0,68	1,08	0,74
		Euro VI	0,68	1,09	0,75
	28-34 t	Euro 0	0,49	0,84	0,54
		Euro I	0,44	0,75	0,49
		Euro II	0,44	0,72	0,47
		Euro III	0,43	0,74	0,48
		Euro IV	0,43	0,70	0,48
		Euro V	0,43	0,69	0,47
		Euro VI	0,43	0,69	0,47
	34-40 t	Euro 0	0,48	0,87	0,54
		Euro I	0,43	0,75	0,48
		Euro II	0,42	0,73	0,47
		Euro III	0,42	0,76	0,48
		Euro IV	0,42	0,71	0,47
		Euro V	0,42	0,71	0,46
		Euro VI	0,42	0,72	0,47
	40-50 t	Euro 0	0,45	0,82	0,51
		Euro I	0,40	0,71	0,45
Euro II		0,41	0,71	0,45	
Euro III		0,40	0,72	0,46	
Euro IV		0,40	0,68	0,45	
Euro V		0,40	0,68	0,45	
Euro VI		0,40	0,69	0,45	
50-60 t	Euro 0	0,47	0,86	0,54	
	Euro I	0,43	0,77	0,47	
	Euro II	0,42	0,74	0,47	
	Euro III	0,43	0,77	0,47	
	Euro IV	0,42	0,73	0,47	
	Euro V	0,42	0,72	0,47	
	Euro VI	0,43	0,73	0,47	

Transport de mercaderies en furgonetes (c€ /vkm)

Vehicle		Classe	Autopista	Via urbana	Carretera
Furgoneta gasolina	Euro 0	3,44	5,08	3,10	
	Euro 1	3,44	5,08	3,10	
	Euro 2	3,43	5,01	3,06	
	Euro 3	3,38	4,91	2,98	
	Euro 4	3,38	4,88	2,98	
	Euro 5	2,13	2,73	1,96	
	Euro 6	2,13	2,73	1,96	
Furgoneta dièsel	Euro 0	4,08	3,71	2,73	
	Euro 1	4,08	3,71	2,73	
	Euro 2	4,07	3,73	2,72	
	Euro 3	4,07	3,73	2,72	
	Euro 4	3,34	3,46	2,93	
	Euro 5	3,34	3,47	2,93	
	Euro 6	0,00	0,00	0,00	
Furgoneta elèctrica	n.a.	0,00	0,00	0,00	

Annex III. Costos marginals en contaminació atmosfèrica i canvi climàtic.

Transport de passatgers(c€ / pkm)

Vehicle		Classe	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	Desballestament i reciclatge	TOTAL
Turisme gasolina	Mini < 0.8 l	Euro 4	0,27	0,34	1,40	0,08	-0,09	1,99
		Euro 5	0,27	0,32	1,34	0,08	-0,09	1,92
		Euro 6	0,27	0,29	1,28	0,08	-0,10	1,82
	Petit 0.8–1.4 l	Euro 0	0,31	0,52	5,46	0,17	-0,07	6,39
		Euro 1	0,31	0,41	2,90	0,12	-0,10	3,64
		Euro 2	0,31	0,37	2,37	0,11	-0,10	3,05
		Euro 3	0,31	0,35	1,74	0,10	-0,11	2,39
		Euro 4	0,31	0,34	1,57	0,09	-0,11	2,20
		Euro 5	0,31	0,33	1,49	0,09	-0,11	2,11
		Euro 6	0,31	0,32	1,41	0,09	-0,11	2,02
	Mitjà 1.4–2.0 l	Euro 0	0,38	0,62	7,29	0,22	-0,08	8,44
		Euro 1	0,38	0,45	3,15	0,14	-0,12	4,00
		Euro 2	0,38	0,42	2,34	0,12	-0,13	3,13
		Euro 3	0,38	0,40	2,03	0,12	-0,13	2,79
		Euro 4	0,38	0,39	1,85	0,11	-0,13	2,60
		Euro 5	0,38	0,37	1,73	0,11	-0,13	2,45
	Gran-SUV > 2.0 l	Euro 6	0,38	0,35	1,63	0,11	-0,14	2,33
		Euro 0	0,54	0,74	9,54	0,20	-0,17	10,85
		Euro 1	0,54	0,59	3,67	0,18	-0,18	4,80
		Euro 2	0,54	0,57	2,70	0,16	-0,19	3,79
		Euro 3	0,54	0,53	2,27	0,15	-0,19	3,31
Euro 4		0,54	0,50	2,11	0,15	-0,20	3,11	
Turisme dièsel	Mini < 0.8 l	Euro 5	0,24	0,27	1,73	0,08	-0,08	2,25
		Euro 6	0,24	0,28	1,56	0,08	-0,08	2,09
		Euro 4	0,24	0,28	2,41	0,10	-0,07	2,96
	Petit 0.8–1.4 l	Euro 0	0,28	0,35	6,89	0,18	-0,05	7,65
		Euro 1	0,28	0,34	4,59	0,15	-0,07	5,29
		Euro 2	0,28	0,32	3,51	0,13	-0,08	4,16
		Euro 3	0,28	0,31	3,29	0,12	-0,08	3,92
		Euro 4	0,28	0,30	2,68	0,11	-0,09	3,28
		Euro 5	0,28	0,29	1,99	0,10	-0,09	2,57
		Euro 6	0,28	0,28	1,83	0,09	-0,09	2,39
	Mitjà 1.4–2.0 l	Euro 0	0,34	0,39	7,33	0,21	-0,06	8,22
		Euro 1	0,34	0,38	4,80	0,16	-0,09	5,59
		Euro 2	0,34	0,37	3,70	0,14	-0,10	4,45
		Euro 3	0,34	0,35	3,51	0,14	-0,10	4,23
		Euro 4	0,34	0,34	2,89	0,13	-0,11	3,59
		Euro 5	0,34	0,33	2,20	0,12	-0,11	2,88
	Gran-SUV > 2.0 l	Euro 6	0,34	0,31	1,92	0,12	-0,14	2,55
		Euro 0	0,49	0,45	7,79	0,20	-0,14	8,79
		Euro 1	0,49	0,44	5,01	0,18	-0,15	5,97
		Euro 2	0,49	0,42	3,88	0,17	-0,16	4,80
		Euro 3	0,49	0,40	3,72	0,17	-0,16	4,62
Euro 4		0,49	0,39	3,10	0,16	-0,16	3,97	
Turisme híbrid gasolina	Mini	n.a.	0,39	0,38	1,21	0,11	-0,11	1,98
	Petit	n.a.	0,42	0,39	1,32	0,13	-0,12	2,14
	Gran-SUV	n.a.	0,45	0,41	1,47	0,15	-0,13	2,35
Turisme gas líquat de petroli (LPG)	Euro 4	0,35	0,35	1,38	0,08	-0,09	2,07	
	Euro 5	0,35	0,32	1,32	0,09	-0,10	1,98	
	Euro 6	0,33	0,29	1,29	0,10	-0,11	1,90	
Turisme gas natural comprimit (GNC)	Euro 4	0,39	0,30	1,27	0,10	-0,11	1,95	
	Euro 5	0,39	0,28	1,13	0,11	-0,12	1,79	
	Euro 6	0,39	0,27	1,09	0,12	-0,13	1,74	
Turisme elèctric (BEV)	n.a.	0,49	0,75	0,06	0,03	-0,12	1,21	

Transport de passatgers(c€ / pkm)

Vehicle		Classe	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	Desballestament i reciclatge	TOTAL	
Ciclomotor	2-temps < 50 cm ³	Euro 0	0,08	0,29	8,24	0,15	-0,07	8,69	
		Euro 1	0,08	0,22	3,00	0,12	-0,08	3,33	
		Euro 2	0,08	0,22	2,20	0,09	-0,11	2,47	
		Euro 3	0,08	0,22	1,79	0,07	-0,14	2,02	
Motocicleta	4-temps < 250 cm ³	Euro 0	0,11	0,41	2,87	0,11	-0,09	3,41	
		Euro 1	0,11	0,34	2,73	0,11	-0,09	3,20	
		Euro 2	0,11	0,26	1,88	0,08	-0,13	2,20	
		Euro 3	0,11	0,26	1,71	0,07	-0,15	2,00	
	4-temps 250-750 cm ³	Euro 0	0,12	0,47	3,18	0,13	-0,08	3,82	
		Euro 1	0,12	0,45	3,02	0,12	-0,08	3,63	
		Euro 2	0,12	0,42	1,78	0,07	-0,14	2,25	
	4-temps > 750 cm ³	Euro 3	0,12	0,40	1,53	0,06	-0,16	1,95	
		Euro 0	0,13	0,54	3,06	0,12	-0,08	3,77	
		Euro 1	0,13	0,49	2,89	0,12	-0,09	3,53	
			Euro 2	0,13	0,49	2,36	0,09	-0,11	2,96
			Euro 3	0,13	0,49	1,93	0,08	-0,13	2,49
Euro 0			0,13	0,49	1,93	0,08	-0,13	2,49	
Motocicleta elèctrica		n.a.	0,31	0,38	0,02	0,01	-0,09	0,63	
Bus urbà gasoil	<=15 t	Euro 0	0,11	0,35	2,35	0,15	-0,06	2,90	
		Euro I	0,11	0,29	1,49	0,15	-0,06	1,98	
		Euro II	0,11	0,24	1,33	0,13	-0,07	1,75	
		Euro III	0,11	0,21	1,16	0,12	-0,08	1,52	
		Euro IV	0,11	0,19	0,99	0,10	-0,10	1,29	
		Euro V	0,11	0,18	0,69	0,07	-0,12	0,93	
	15-18 t	Euro VI	0,11	0,17	0,63	0,06	-0,14	0,83	
		Euro 0	0,10	0,28	2,27	0,12	-0,05	2,72	
		Euro I	0,10	0,23	1,46	0,10	-0,05	1,84	
		Euro II	0,10	0,19	1,30	0,09	-0,06	1,63	
		Euro III	0,10	0,17	1,13	0,08	-0,07	1,40	
		Euro IV	0,10	0,15	0,93	0,07	-0,07	1,18	
	> 18 t	Euro V	0,10	0,14	0,68	0,05	-0,08	0,89	
		Euro VI	0,10	0,14	0,61	0,04	-0,08	0,81	
		Euro 0	0,09	0,22	2,19	0,11	-0,05	2,57	
		Euro I	0,09	0,19	1,39	0,10	-0,05	1,72	
		Euro II	0,09	0,15	1,25	0,09	-0,05	1,53	
		Euro III	0,09	0,13	1,07	0,07	-0,06	1,30	
	Bus urbà gas natural comprimit (GNC)		Euro IV	0,09	0,12	0,87	0,06	-0,06	1,08
			Euro V	0,09	0,12	0,64	0,04	-0,07	0,82
			Euro VI	0,09	0,11	0,57	0,04	-0,07	0,74
			Euro I	0,09	0,13	0,31	0,05	-0,08	0,50
			Euro II	0,09	0,11	0,25	0,04	-0,07	0,42
			Euro III	0,09	0,09	0,22	0,04	-0,06	0,38
Bus urbà biodiesel		Euro 0	0,11	0,20	1,72	0,09	-0,05	2,08	
		Euro I	0,11	0,17	1,09	0,08	-0,05	1,40	
		Euro II	0,11	0,14	0,96	0,07	-0,05	1,22	
		Euro III	0,11	0,12	0,88	0,06	-0,06	1,11	
		Euro IV	0,11	0,11	0,66	0,05	-0,06	0,86	
		Euro V	0,11	0,10	0,54	0,04	-0,07	0,72	
		Euro VI	0,11	0,10	0,48	0,03	-0,07	0,65	
Bus urbà elèctric	Petit	n.a.	0,24	0,39	0,02	0,02	-0,10	0,57	
	Mitjà	n.a.	0,21	0,35	0,02	0,02	-0,10	0,50	
	Gran	n.a.	0,18	0,31	0,01	0,02	-0,10	0,42	
Autocar	<=18 t	Euro 0	0,11	0,31	2,02	0,14	-0,06	2,53	
		Euro I	0,11	0,26	1,29	0,09	-0,06	1,69	
		Euro II	0,11	0,21	1,14	0,08	-0,07	1,48	
		Euro III	0,11	0,18	1,03	0,07	-0,08	1,31	
		Euro IV	0,11	0,17	0,73	0,05	-0,08	0,99	
		Euro V	0,11	0,16	0,55	0,04	-0,09	0,77	
	> 18 t	Euro VI	0,11	0,15	0,51	0,04	-0,09	0,71	
		Euro 0	0,09	0,25	1,63	0,11	-0,05	2,03	
		Euro I	0,09	0,20	1,27	0,09	-0,05	1,60	
		Euro II	0,09	0,17	1,14	0,08	-0,06	1,41	
		Euro III	0,09	0,15	1,00	0,07	-0,07	1,24	
		Euro IV	0,09	0,13	0,71	0,05	-0,07	0,91	
		Euro V	0,09	0,13	0,54	0,04	-0,08	0,72	
		Euro VI	0,09	0,12	0,50	0,03	-0,08	0,66	

Transport de mercaderies (c€ /tkm)

Vehicle	Classe	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	Desballestament i reciclatge	TOTAL	
Camió rígid	<=7,5 t	Euro 0	0,45	0,54	7,53	0,53	-0,06	8,98
		Euro I	0,45	0,42	6,91	0,48	-0,06	8,20
		Euro II	0,45	0,42	5,95	0,42	-0,07	7,16
		Euro III	0,45	0,41	5,18	0,36	-0,08	6,32
		Euro IV	0,45	0,40	4,90	0,34	-0,09	6,01
		Euro V	0,45	0,39	4,73	0,33	-0,09	5,80
	7,5-12 t	Euro VI	0,45	0,36	3,68	0,26	-0,12	4,64
		Euro 0	0,42	0,51	7,15	0,50	-0,05	8,53
		Euro I	0,42	0,40	6,57	0,46	-0,06	7,78
		Euro II	0,42	0,40	5,65	0,40	-0,07	6,80
		Euro III	0,42	0,39	4,92	0,34	-0,08	5,99
		Euro IV	0,42	0,38	4,66	0,33	-0,08	5,71
	12-14 t	Euro V	0,42	0,37	4,49	0,31	-0,09	5,51
		Euro VI	0,42	0,35	3,50	0,24	-0,11	4,40
		Euro 0	0,39	0,49	6,77	0,47	-0,05	8,08
		Euro I	0,39	0,38	6,22	0,44	-0,06	7,37
		Euro II	0,39	0,38	5,35	0,37	-0,06	6,44
		Euro III	0,39	0,37	4,66	0,33	-0,07	5,67
	14-20 t	Euro IV	0,39	0,37	4,41	0,31	-0,08	5,40
		Euro V	0,39	0,35	4,25	0,30	-0,08	5,21
		Euro VI	0,39	0,33	3,31	0,23	-0,10	4,16
		Euro 0	0,37	0,41	7,76	0,54	-0,05	9,04
		Euro I	0,37	0,32	5,07	0,35	-0,05	6,06
		Euro II	0,37	0,32	4,77	0,33	-0,06	5,74
	20-26 t	Euro III	0,37	0,32	4,17	0,29	-0,07	5,08
		Euro IV	0,37	0,31	3,04	0,21	-0,07	3,86
		Euro V	0,37	0,30	2,74	0,19	-0,07	3,52
		Euro VI	0,37	0,28	1,56	0,11	-0,09	2,22
		Euro 0	0,34	0,35	3,98	0,28	-0,04	4,91
		Euro I	0,34	0,27	3,04	0,21	-0,05	3,82
	26-28 t	Euro II	0,34	0,28	2,84	0,20	-0,05	3,60
		Euro III	0,34	0,27	2,50	0,17	-0,06	3,22
		Euro IV	0,34	0,27	1,82	0,13	-0,06	2,49
		Euro V	0,34	0,25	1,58	0,11	-0,07	2,22
		Euro VI	0,34	0,24	0,92	0,06	-0,08	1,47
		Euro 0	0,32	0,33	3,34	0,23	-0,04	4,19
	28-32 t	Euro I	0,32	0,26	2,57	0,18	-0,04	3,28
		Euro II	0,32	0,26	2,41	0,17	-0,05	3,11
		Euro III	0,32	0,26	2,10	0,15	-0,06	2,76
		Euro IV	0,32	0,25	1,54	0,11	-0,06	2,16
		Euro V	0,32	0,24	1,31	0,09	-0,06	1,89
		Euro VI	0,32	0,23	0,78	0,05	-0,08	1,30
	>32 t	Euro 0	0,29	0,32	2,70	0,19	-0,04	3,46
		Euro I	0,29	0,24	2,10	0,15	-0,04	2,74
		Euro II	0,29	0,25	1,98	0,14	-0,05	2,61
		Euro III	0,29	0,24	1,70	0,12	-0,05	2,30
		Euro IV	0,29	0,24	1,26	0,09	-0,06	1,82
		Euro V	0,29	0,23	1,03	0,07	-0,06	1,56
>32 t	Euro VI	0,29	0,21	0,65	0,05	-0,08	1,12	
	Euro 0	0,25	0,28	2,39	0,17	-0,03	3,05	
	Euro I	0,25	0,22	1,85	0,13	-0,04	2,42	
	Euro II	0,25	0,22	2,01	0,14	-0,04	2,58	
	Euro III	0,25	0,22	1,51	0,11	-0,05	2,04	
	Euro IV	0,25	0,21	1,12	0,08	-0,05	1,60	
>32 t	Euro V	0,25	0,20	0,92	0,06	-0,05	1,39	
	Euro VI	0,25	0,19	0,56	0,04	-0,07	0,97	

Transport de mercaderies (c€ /tkm)

Vehicle	Classe	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	Desballestament i reciclatge	TOTAL	
Camió articulat	14-20 t	Euro 0	0,28	0,31	5,82	0,41	-0,03	6,78
		Euro I	0,28	0,24	3,80	0,27	-0,04	4,54
		Euro II	0,28	0,24	3,58	0,25	-0,04	4,30
		Euro III	0,28	0,24	3,13	0,22	-0,05	3,81
		Euro IV	0,28	0,23	2,28	0,16	-0,05	2,90
		Euro V	0,28	0,22	2,05	0,14	-0,06	2,64
	20-28 t	Euro VI	0,28	0,21	1,17	0,08	-0,07	1,67
		Euro 0	0,25	0,28	5,24	0,37	-0,03	6,10
		Euro I	0,25	0,22	3,42	0,24	-0,03	4,09
		Euro II	0,25	0,22	3,22	0,23	-0,04	3,87
		Euro III	0,25	0,21	2,82	0,20	-0,05	3,43
		Euro IV	0,25	0,21	2,05	0,14	-0,05	2,61
	28-34 t	Euro V	0,25	0,20	1,85	0,13	-0,05	2,38
		Euro VI	0,25	0,19	1,05	0,07	-0,06	1,50
		Euro 0	0,22	0,25	4,71	0,33	-0,03	5,49
		Euro I	0,22	0,19	3,08	0,22	-0,03	3,68
		Euro II	0,22	0,20	2,90	0,20	-0,04	3,49
		Euro III	0,22	0,19	2,54	0,18	-0,04	3,09
	34-40 t	Euro IV	0,22	0,19	1,85	0,13	-0,04	2,35
		Euro V	0,22	0,18	1,66	0,12	-0,04	2,14
		Euro VI	0,22	0,17	0,95	0,07	-0,06	1,35
		Euro 0	0,20	0,23	4,24	0,30	-0,03	4,94
		Euro I	0,20	0,17	2,77	0,19	-0,03	3,31
		Euro II	0,20	0,18	2,61	0,18	-0,03	3,14
	40-50 t	Euro III	0,20	0,17	2,28	0,16	-0,04	2,78
		Euro IV	0,20	0,17	1,66	0,12	-0,04	2,11
		Euro V	0,20	0,16	1,50	0,10	-0,04	1,93
		Euro VI	0,20	0,15	0,85	0,06	-0,05	1,22
		Euro 0	0,18	0,20	3,82	0,27	-0,02	4,45
		Euro I	0,18	0,16	2,49	0,17	-0,02	2,98
	50-60 t	Euro II	0,18	0,16	2,35	0,16	-0,03	2,82
		Euro III	0,18	0,16	2,05	0,14	-0,03	2,50
		Euro IV	0,18	0,15	1,50	0,10	-0,03	1,90
		Euro V	0,18	0,15	1,35	0,09	-0,04	1,73
		Euro VI	0,18	0,14	0,77	0,05	-0,05	1,09
		Euro 0	0,16	0,18	3,44	0,24	-0,02	4,00
	Furgoneta gasolina	Euro I	0,16	0,14	2,24	0,16	-0,02	2,68
		Euro II	0,16	0,14	2,11	0,15	-0,03	2,54
		Euro III	0,16	0,14	1,85	0,13	-0,03	2,25
		Euro IV	0,16	0,14	1,35	0,09	-0,03	1,71
		Euro V	0,16	0,13	1,21	0,08	-0,03	1,56
		Euro VI	0,16	0,12	0,69	0,05	-0,04	0,98

Transport de mercaderies (c€ /tkm)

Vehicle	Classe	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	Desballestament i reciclatge	TOTAL
Furgoneta gasolina	Euro 0	0,98	0,90	8,62	0,60	-0,11	10,99
	Euro 1	0,98	0,69	3,66	0,26	-0,12	5,47
	Euro 2	0,98	0,70	2,89	0,20	-0,14	4,63
	Euro 3	0,98	0,68	2,79	0,20	-0,15	4,49
	Euro 4	0,98	0,67	2,15	0,15	-0,16	3,79
	Euro 5	0,98	0,64	1,73	0,12	-0,17	3,31
	Euro 6	0,98	0,61	1,73	0,12	-0,18	3,26
Furgoneta dièsel	Euro 0	1,02	0,99	7,19	0,50	-0,06	9,64
	Euro 1	1,02	0,76	6,80	0,48	-0,06	8,99
	Euro 2	1,02	0,77	6,05	0,42	-0,07	8,19
	Euro 3	1,02	0,75	4,93	0,35	-0,09	6,96
	Euro 4	1,02	0,73	4,66	0,33	-0,09	6,64
	Euro 5	1,02	0,71	4,52	0,32	-0,09	6,47
	Euro 6	1,02	0,69	2,36	0,17	-0,11	4,13
Furgoneta elèctrica	n.a.	1,14	1,35	0,07	0,01	-0,32	2,25

Annex IV. Exemples d'aplicació.

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) Emisssions 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) Consumo 4.4 l/100km (WLTP) Emisiones 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) Emisiones 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) Emisiones CO2: 0.0 g/km (WLTP)	882,3	1.350,5	89,3	54,2	-241,2	2.135,1 €

Vehicle	Fabricació del vehicle	Producció d'energia	Ús del vehicle	Manteniment	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 €

Annex V. Comparativa amb altres modes de transport.

		Costos marginals c€/passatger-km					
		Contaminació atmosfèrica	Canvi climàtic	Congestió	Accidents	Soroll	Danys a l'habitat
Carretera	Turisme gasolina	0,328	1,616	4,154	3,465	0,595	0,540
	Turisme dièsel	0,914	1,287	4,154	3,465	0,721	0,562
	Turisme híbrid	0,181	0,438	4,154	3,465	0,423	0,412
	Turisme elèctric	0,051	0,000	4,154	3,465	0,231	0,127
	Motocicleta	1,254	1,177	0,000	35,247	9,120	0,550
	Autobús urbà	0,758	0,323	0,811	0,129	0,426	0,101
	Autocar	0,732	0,347	0,811	0,129	0,238	0,113
Ferrocarril	Alta velocitat	0,002	0,000	0,000	0,058	0,325	0,620
	Elèctric	0,009	0,000	0,000	0,115	0,797	0,566
	Dièsel	0,798	0,342	0,000	0,115	1,382	0,839
Avió	Baixa ocupació	0,296	3,387	0,000	0,041	0,456	0,027
	Alta ocupació	0,056	2,239	0,000	0,001	0,014	0,001

		Costos marginals c€/tona-km					
		Contaminació atmosfèrica	Canvi climàtic	Congestió	Accidents	Soroll	Danys a l'habitat
Carretera		0,589	1,152	11,524	4,152	1,137	0,941
Ferrocarril		0,125	0,325	0,142	1,245	0,497	0,159
Marítim		1,294	0,421	0,000	0,124	0,000	0,212