



Els costos externs del transport per carretera.

Transposició per a Catalunya del “Handbook on External Costs of Transport” publicat per la Direcció General de Mobilitat i Transport de la Comissió Europea.

Any 2018

1. Introducció.	1
2. El concepte dels costos externs del transport.	3
2.1. Els costos de la congestió.	7
2.2. Els costos dels accidents.	10
2.3. Els costos de la contaminació de l'aire.	12
2.4. Els costos del soroll.	24
2.5. Els costos del canvi climàtic.	26
2.6. Els costos dels processos avant-post.	29
2.7. Els costos marginals de la infraestructura viària.	33
3. Els costos externs del transport per carretera a Catalunya.	35
3.1. Els costos de congestió.	35
3.2. Els costos dels accidents.	36
3.3. Els costos de la contaminació de l'aire.	37
3.4. Els costos del soroll.	38
3.5. Els costos del canvi climàtic.	39
3.6. Els costos dels processos avant-post.	40
3.7. Els costos de la infraestructura viària.	41
3.8. Els costos externs totals del transport per carretera a Catalunya.	42
4. Els costos interns del transport per carretera a Catalunya.	44
5. Conclusions.	46

Direcció facultativa

Pere Padrosa

Direcció Tècnica

Benjamín Cubillo

Antoni Bedoya

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.

Per assolir aquests objectius, el Llibre Blanc estableix quatre estratègies:

1. Un sistema de mobilitat eficient i integrat, que faciliti el transport de persones i mercaderies, redueixi els costos, fomenti la ocupació i les condicions laborals de qualitat i garanteixi la seguretat i accessibilitat del transport.
2. Establir una política de recerca i innovació del transport per fer evolucionar el sistema de transport de la UE cap a un sistema modern, eficient i fàcil d'utilitzar, fomentant un comportament més sostenible, reduint la congestió i les emissions en les zones urbanes.
3. Generar una cohesió territorial i un creixement econòmic sustentats en un marc de finançament coherent Basat en la política de "qui contamina, paga" (internalització de costos externs) i que fomentin la utilització de les modalitats de transport més sostenibles en termes econòmics, socials i mediambientals.
4. Consolidar el paper de la Comissió Europea com a organisme de normalització en l'àmbit del transport, obrint els mercats de transport a una competència lliure i sense distorsions i a solucions ecològicament sostenibles.

Quant a la tercera estratègia, el principi general proposat per a la internalització dels costos externs del transport és el de la «tarifació al cost social marginal». Segons aquest enfocament, els preus del transport han equivaler al cost addicional que genera a curt termini un usuari addicional de la infraestructura.

Aquest tipus de tarifació, basat en el cost addicional que s'imposa a la societat, contribuiria a l'equitat entre els usuaris del transport i els que no ho són, i establiria una relació directa entre la utilització de recursos comuns i el pagament segons els principis de «qui contamina, paga» i «qui utilitza paga». La Comissió proposa uns principis i una metodologia comunes per al càlcul dels costos externs de la congestió, la contaminació atmosfèrica, el soroll i el canvi climàtic.

Tot i això, el veritable cost de les externalitats del transport i el grau en què poden, en la pràctica, ser internalitzades és encara un tema d'investigació pendent. Tot i que s'han realitzat molts progressos en les tecnologies que hauran de permetre una política eficient de preus en el transport, el desenvolupament d'un marc apropiat està encara molt endarrerit. L'establiment d'un equilibri entre els impactes mediambientals del transport, el creixement econòmic i l'equitat social és un tema tant de presa de decisions polítiques com d'anàlisi científica i requereix que es tinguin en compte els compromisos associats a la introducció d'impostos sobre els combustibles o de taxes sobre l'ús de les vies públiques.

La majoria dels resultats de les investigacions suggereixen que els impactes externs del transport no estan representats adequadament en el paquet actual de mesures fiscals relacionades amb el transport. També és cada vegada més obvi que la internalització dels costos externs és una mesura necessària, per tal de minimitzar les externalitats del transport.

Segons el principi que "el que contamina paga", el preu pagat per l'usuari hauria de reflectir el cost total de les activitats de transport, inclosos els costos de les externalitats del transport. No obstant això, les investigacions no han donat resultats concloents que donin una indicació sobre quin nivell de preus pogués ser "just" per al transport i els combustibles. Realment, no existeix un únic preu "just": els resultats difereixen depenent de les premisses sobre les quals es basin i dels contextos als quals es refereixin pel que fa a la disponibilitat de dades, identificació de relacions causa - efecte, etc.

El càlcul dels costos totals de, per exemple, l'escalfament mundial a causa del CO₂, els problemes de salut causats per partícules ultra-fines, l'esgotament dels recursos naturals, els retards deguts a les congestions de trànsit, o les morts per accidents, depèn dels valors que atorgui la societat a un gran nombre d'atributs com ara la seguretat, la qualitat de l'aire, etc. A més, el valor percebut d'aquests recursos depèn del context socioeconòmic i de les prioritats ètiques i polítiques.

Encara que es pogués calcular un valor generalment acceptat dels costos de les externalitats del transport, seria difícil atribuir la participació adequada a cada tipus d'activitat del transport en cada context geogràfic, temporal o socioeconòmic (ja que supera el simple càlcul de les quotes d'utilització de cada mode de transport i implica consideracions com ara la utilització en hores punta enfront de les hores no punta i la utilització urbana enfront de la no-urbana).

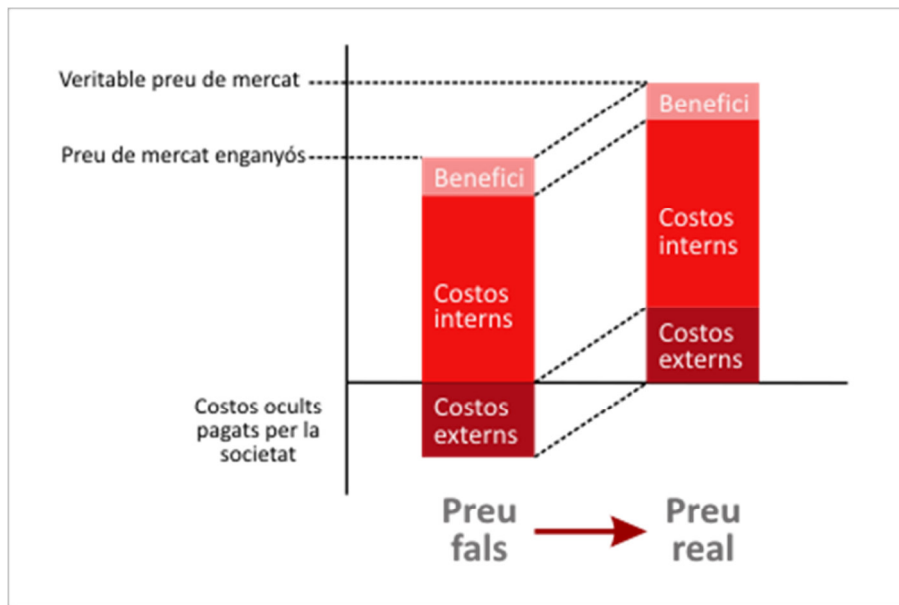
La internalització consisteix en repercutir els costos externs sobre el preu del transport. No obstant això, només un preu basat en la totalitat dels costos socials podria representar la contrapartida dels serveis utilitzats i del consum de recursos. L'objectiu del Llibre Blanc del Transport és conscienciar a l'usuari dels costos que genera i estimular-lo perquè modifiqui els seus hàbits i, d'aquesta manera, es redueixin els costos.

D'altra banda, la Comissió Europea també recorda que és indispensable preservar el bon funcionament del mercat interior (un dels principis fonamentals de la Unió Europea). En conseqüència, cal evitar una tarificació excessiva que pugui suposar un fre a la lliure circulació, estimular la fragmentació del mercat. L'establiment de principis comuns als Estats membres, proveïts d'un sistema de seguiment, ha d'impedir tota discriminació i garantir la transparència del mercat.

2. 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.

A diferència dels beneficis, els costos d'aquests efectes no són totalment assumits pels usuaris del transport. Els usuaris d'un mode de transport no tenen en compte els anomenats costos externs quan prenen les decisions del seu viatge.



Els costos del transport. Font: Comissió Europea. Handbook on External Costs of Transport 2014

Els usuaris del transport suporten, doncs, uns preus incorrectes, inferiors als que haurien de ser els preus de mercat, donant lloc, a pèrdues de benestar social.

La internalització dels costos externs significa que aquests efectes formin part del procés de presa de decisions dels usuaris del transport. Segons l'enfocament de la teoria del benestar, la internalització dels costos externs mitjançant l'ús d'instruments de mercat pot conduir a un ús més eficient de la infraestructura, reduir els efectes secundaris negatius de l'activitat de transport i millorar la equitat entre els usuaris del transport.

El Llibre Blanc del Transport europeu de 2011 deixa clar que el sector del transport s'enfronta a grans reptes. En particular, l'objectiu de reduir les emissions de GEH del transport un 60% el 2050 respecte als nivells de 1990 sembla demanar un desenvolupament de polítiques addicionals. El mateix passa amb els ambiciosos objectius del desenvolupament del TEN-T (Trans-European Transport Network) i els objectius del canvi modal i la reducció de la congestió a les carreteres.

El principi "qui contamina paga" té fortes arrels en la legislació de la UE. El Tractat de la UE ho menciona com a principi. L'article 191, paràgraf 2, indica:

"La política de la Unió en matèria de medi ambient haurà d'orientar a un alt nivell de protecció tenint en compte la diversitat de situacions a les diferents regions de la Unió. Es basarà en el principi de precaució i en els principis que s'hauria de prendre una acció preventiva, que el dany ambiental hauria de ser, com a prioritat, rectificat a l'origen i la font que el contaminador ha de pagar".

També en Llibre blanc del transport, la internalització dels costos externs té un paper destacat i s'inclou com un dels deu "objectius per a un tenir sistema de transport eficient i competitiu":

"Avançar cap a l'aplicació completa dels principis d'usuaris pagats i" qui contamina paga "i la participació del sector privat eliminar les distorsions, incloses les subvencions nocives, generar ingressos i garantir el finançament per al transport futur inversions. "

En general, hi ha un acord sobre els objectius generals d'assolir un "preu just i eficient" i un sistema de transport que contribueixi a una "economia intel·ligent, sostenible i inclusiva". Però la forma de dur aquesta idea a la és lluny de ser senzilla i s'ha convertit en un dels temes més debatuts pel que fa a la política europea de transport.

Un element central de la política de la UE per a la internalització dels costos externs és l'anomenada Eurovinyeta establerta per la Directiva 1999/62 / CE, que proporciona la base per a la política de cobrament de la Unió Europea per a vehicles pesants. Aquesta Directiva s'ha modificat dues vegades: el 2006 i recentment el 2011. La Directiva permet els Estats membres cobrar els costos complets de la infraestructura i, des de la seva revisió de 2011, també alguns costos externs (contaminació atmosfèrica i soroll). A més, els càrrecs es poden diferenciar fins a cert punt per tal de reduir la congestió o per incentivar l'ús de vehicles més nets.

La internalització dels costos externs és un dels principis principals de la política de transports de la UE per tal d'assolir aquests reptes. Fent que els usuaris del transport paguin els costos externs que indueixen a la societat, tindran en compte aquests costos en les seves decisions de transport i per tant tindran un incentiu per reduir-los. L'ús d'instruments basats en el mercat es considera generalment com una manera eficaç de limitar els efectes secundaris negatius del transport.

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.

Per definir correctament els costos externs, és important distingir entre:

- Costos socials que reflecteixen tots els costos que es produeixen a causa de la provisió i de l'ús de la infraestructura de transport, com ara despeses de desgast de la infraestructura, costos de capital, costos de congestió, costos d'accidents, costos ambientals, costos energètics i costos dels processos de fabricació i desballestament dels vehicles i els seus complements. Són la suma dels costos externs i els costos interns i és per tant el cost d'una operació de transport sobre tota la societat.
- 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.

El mercat genera una tendència a què s'iguali el preu d'un producte al cost marginal de la seva producció i aquest resultat és socialment eficient, un òptim. En el cas que hi hagi efectes externs, la producció socialment eficient seria la que igualés el preu al cost marginal social.

Els costos externs es refereixen a la diferència entre costos socials i costos privats. Però per tal de produir valors quantitatius, la definició ha de ser més precisa. A partir de la teoria del benestar econòmic, els usuaris del transport haurien de pagar tots els costos socials marginals que es produeixen a causa d'una activitat de transport.

Tenint en compte els costos marginals privats (com ara els costos de desgast del vehicle i els costos personals per al conductor), les despeses òptimes d'infraestructura haurien de reflectir els costos externs marginals d'utilitzar una infraestructura. Aquests costos inclouen despeses de desgast per a l'ús d'infraestructures, costos de congestió, costos d'accidents i costos ambientals.

Tenint en compte els costos marginals privats (com ara els costos del combustible, els de manteniment del vehicle i els costos personals per al conductor), les despeses haurien de reflectir els costos externs marginals. Aquests costos inclouen despeses de desgast per l'ús d'infraestructures, els costos de congestió, costos d'accidents, costos ambientals i costos dels processos de fabricació i desballestament dels vehicles i els seus complements.

Per tal de definir el nivell d'externalitat d'aquests components de costos correctament, 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 més, quan s'assumeix l'objectiu d'establir cobraments als usuaris de la part de costos externs que els hi pertoca, és important ressaltar la diferència entre els costos externs mitjans i els marginals. La teoria econòmica suggereix que són els costos socials marginals els que s'han de repercutir, ja que això donaria lloc a un equilibri òptim des del punt de vista social.

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 existeixen 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. En enginyeria de transport també és molt utilitzada per conèixer el possible ús d'una línia de metro o qualsevol altra infraestructura de transport.
- Mètode preferències revelades pel que és possible discernir la millor opció possible sobre la base del comportament del consumidor. En essència, això significa que les preferències dels consumidors poden ser revelades per la seva compra (per exemple, preus hedònics, on es poden utilitzar diferencials de preus de les cases per estimar els costos del soroll o de les pèrdues d'hàbitats)
- 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). Aquest enfocament segueix la funció dosi-resposta tenint en compte diversos patrons d'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 a alternativa per a l'estimació del model del nivell de dany. En aquest cas, com a segon millor enfocament, es pot utilitzar l'enfocament de costos d'evitació (cost per evitar un cert nivell de contaminació).

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 vkm, com a base per a la fixació de preus. Per als costos externs que estan fortament relacionats amb el consum de combustible, també es presenten els valors expressats en euros per litre de combustible. 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. Les condicions de contorn es poden resumir de la següent manera:

- Els costos de la congestió, part dels costos dels accidents i els costos ambientals es tracten com els costos externs del transport segons la teoria del benestar.
- El nivell d'externalitat difereix segons les categories de costos i els modes de transport. Els costos ambientals es consideren totalment externs.
- Els valors es basen en una estimació de cost marginal per a situacions específiques. Si les funcions de cost són complexes, s'utilitzen aproximacions basades en valors nacionals.
- Les diferències entre els modes de transport són especialment rellevants per als costos de congestió i de producció d'electricitat per als ferrocarrils.

2.1. Els costos de 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.

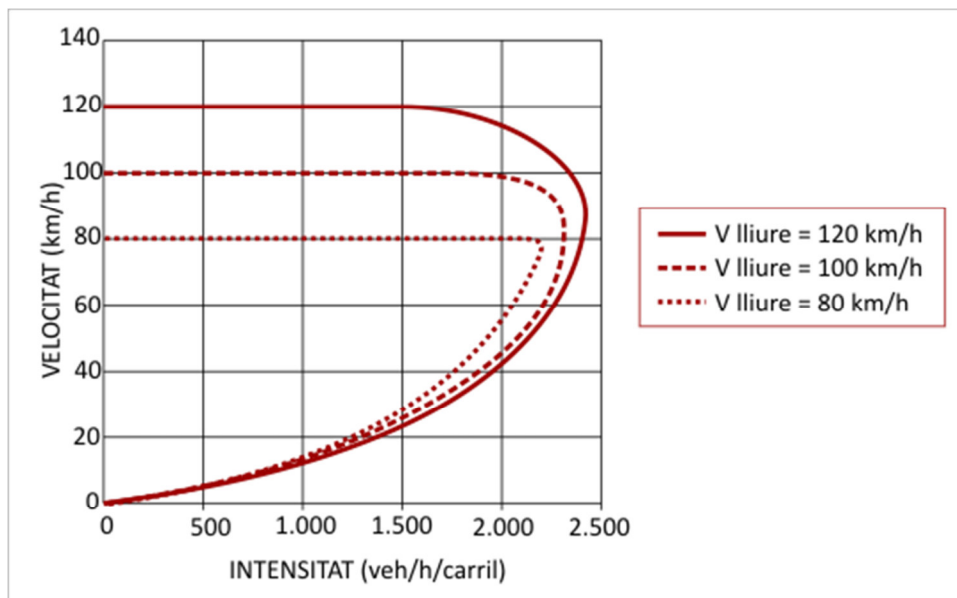


Diagrama que relaciona la velocitat amb la intensitat del trànsit. Font: Manual de Capacitat de carreteres.

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.

Les relacions de la intensitat de trànsit amb la velocitat dels estudis d'enginyeria són poc útils per a estimar 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 d'un equilibri del sistema com a funció integrada i permetent funcions de costos proporcionades per l'usuari i la incorporació de funcions de costos d'espera .

El model FORGE utilitzat en el transport nacional del Regne Unit (DfT 2009) defineix un vector de demanda de viatges que respon al cost generalitzat que inclou els costos de temps i els costos monetaris. Els costos de temps i els monetaris es deriven de les relacions de velocitat-intensitat esmentades anteriorment, però l'aproximació es calcula de manera iterativa, començant per un equilibri de referència conegut. Els ajustaments de l'oferta i la demanda es calculen de manera iterativa segons la fórmula:

$$E = \varphi i \frac{dt(i)}{di} = - \frac{1}{\varepsilon(i:v)} \frac{\varphi}{v'}$$

E = Cost estimat
t = Temps de viatge
φ = Valor mitjà del temps
ε(i:v) = Elasticitat de la intensitat respecte de la velocitat

El resultat és una llista detallada dels càrrecs diferenciats segons el tipus de vehicle, de carretera, de l'àrea i dels nivells de congestió.

Els nivells de congestió reflecteixen la relació de la intensitat de trànsit amb la capacitat teòrica màxima d'un determinat tram de carretera.

Nivell de congestió	Intensitat/capacitat
1 : Circulació lliure	$i/c < 0.25$
2 : Circulació lliure	$0.25 < i/c < 0.5$
3 : Circulació lliure	$0.5 < i/c < 0.75$
4 : A prop de la capacitat	$0.75 < i/c < 1$
5 : Per sobre de la capacitat	$i/c > 1$

Nivells de congestió en el model FORGE. Font: DfT (2012)

A més, el model FORGE distingeix entre diversos tipus d'àrees i carreteres. Els resultats de les "conurbacions" s'utilitzen com a indicador per a les àrees metropolitanes típiques. Les altres àrees que considera són les típicament urbanes i les rurals.

Pel que fa als tipus de carreteres, el model FORGE distingeix entre autopistes, carreteres principals amb 2 i 4 carrils i altres carreteres.

Una característica important del model FORGE és que inclou dades sobre les quotes de trànsit de cadascun dels nivells de congestió de cada tipus de carretera, el que permet calcular les mitjanes de tots els nivells de congestió o de tots els tipus de carreteres i àrees.

A Catalunya, a diferència del Regne Unit, aquesta informació no està fàcilment disponible i, per tant, no és possible calcular aquestes mitjanes. No obstant això, per a les hores punta, els nivells de congestió més elevats, els costos externs de la congestió que proporciona FORGE són prou representatius.

Tenint en compte tots aquests supòsits, els valors per als costos de congestió de carreteres es presenten a la taula següent.

Les definicions de regions són les mateixes que en el model FORGE i només tenen en compte els números de població.

L'àrea metropolitana correspon a conurbacions amb una població superior a 250 mil persones. L'àrea urbana inclou assentaments amb una població de més de 10 mil persones. Totes les altres àrees es consideren rurals.

Vehicle	Aèra	Tiupus de via	Circulació lliure (€ct/vkm)	A prop de la capacitat (€ct/vkm)	Per sobre de la capacitat (€ct/vkm)
Turisme	Metropolitana	Autopista i autovia	0,0	33,8	77,7
		Carretera principal	1,2	178,4	228,8
		Altres carreteres	3,1	201,3	306,2
	Urbana	Via principal	0,8	61,4	95,7
		Altres vies	3,1	176,0	291,0
	Rural	Autopista i autovia	0,0	16,9	38,8
		Carretera principal	0,5	23,1	76,6
		Altres carreteres	0,3	53,0	175,8
	Camió rígid	Metropolitana	Autopista i autovia	0,0	64,2
Carretera principal			2,2	338,9	434,7
Altres carreteres			6,0	382,5	581,8
Urbana		Via principal	1,5	116,7	181,9
		Altres vies	6,0	334,4	552,9
Rural		Autopista i autovia	0,0	32,1	73,8
		Carretera principal	1,0	43,9	145,6
		Altres carreteres	0,5	100,8	333,9
Camió articulat		Metropolitana	Autopista i autovia	0,0	98,0
	Carretera principal		3,4	517,3	663,5
	Altres carreteres		9,1	583,8	888,0
	Urbana	Via principal	2,3	178,1	277,6
		Altres vies	9,1	510,5	843,9
	Rural	Autopista i autovia	0,0	49,0	112,6
		Carretera principal	1,5	67,0	222,2
		Altres carreteres	0,8	153,8	509,7
	Autobús	Metropolitana	Autopista i autovia	0,0	84,5
Carretera principal			2,9	445,9	572,0
Altres carreteres			7,9	503,2	765,5
Urbana		Via principal	2,0	153,6	239,3
		Altres vies	7,9	440,0	727,5
Rural		Autopista i autovia	0,0	42,2	97,1
		Carretera principal	1,3	57,8	191,5
		Altres carreteres	0,7	132,6	439,4

Costos eficients de congestió marginal (€ ct per vkm, 2018). Font: càlculs propis basats en les estimacions de FORGE. Els valors per a Catalunya es deriven dels valors britànics mitjançant la transferència de valor. Metropolitana: àrees amb la població > 250.000 persones; urbà: població > 10.000 persones. Totes les altres àrees es consideren rurals.

2.2. Els costos dels accidents.

Es consideren costos externs dels accidents els costos socials dels accidents de trànsit, que no estan coberts per les primes d'assegurança orientades al risc. Per tant, el nivell de costos externs no només depèn del nivell de l'accident, sinó també del sistema d'assegurances, que és el que determina la quota dels costos interns.

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. En general, aquest últim no està cobert adequadament pels sistemes privats d'assegurances.

Per obtenir el valor de cost extern marginal, ajustat a la taxa de risc, s'ha d'aplicar al valor de cost d'accident rellevant, per la qual cosa s'han d'excloure els elements de cost intern. Els costos següents estan relacionats amb el risc d'accident:

a = cost previst (de mort i lesions) d'un accident per a la persona exposada al risc,

b = cost previst per als familiars i amics de la persona exposada al risc,

c = cost de l'accident per a la resta de la societat (pèrdues de producció, costos de material, costos policials i mèdics).

Aquestes consideracions es poden resumir en la següent fórmula per al cost marginal extern dels accidents:

$$MC = r(a + b + c)(1 + e) - r\theta(a + b)$$

On r representa el risc d'accident per a cada tipus de vehicle i el tipus de carretera calculat dividint el nombre d'accidents amb lesions pel nombre de vehicles-quilòmetre, el terme $(a+b+c)$ reflecteix els costos mitjans d'un accident i l'elasticitat del risc (e) quantifica el percentatge en què augmenta el risc d'accidents per a un augment de l'1% del trànsit (mesurat en vkm) i el paràmetre θ quantifica la quota dels costos interns d'un accident per a cada categoria de vehicles.

Els costos $(a+b+c)$ cobreixen tots els costos socials de l'accident, ja que representen el cost de la mort o lesions de la persona exposada i el cost per als familiars i amics de la persona exposada. El paràmetre c representa els costos per a la resta de la societat, inclou diversos costos econòmics directes i indirectes i es suposa que tenen l'ordre del 10% del valor de la vida per a una fatalitat.

Si hi ha informació més detallada sobre els accidents, es pot perfeccionar la fórmula anterior. Per exemple, una observació important que es basa en l'anàlisi de dades de Noruega és que l'elasticitat del risc s'acosta a zero quan la congestió és constant. En un estudi detallat d'una secció específica de carreteres al Regne Unit, s'ha trobat que la congestió del trànsit té poc o cap impacte en la freqüència dels 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.

Tenint en compte això, hem basat els càlculs en el nivell d'ingressos de cada país en relació a la mitjana a la UE, considerant que a l'any 2010 s'establí un VSL a tota la UE de 1,7 milions d'euros. També es suposa que el valor d'una lesió greu és del 13% del valor de la mort, mentre que una lesió lleugera és valorada en un 1% del valor de la víctima mortal.

Els costos econòmics directes i indirectes (paràmetre *c*) es valoren en un 10% de la VSL per a les víctimes mortals i de forma anàloga per a les lesions. Tots els valors unitaris calculats a continuació estan connectats de manera lineal a la suposició central del valor VSL de 1,7 milions d'euros i es poden ajustar mitjançant una escala senzilla si se suposa un valor diferent de VSL.

En base a aquestes consideracions, s'estableixen els següents valors per a Catalunya corresponents a l'any 2018

- Víctima mortal: 1.810.000 euros.
- Ferit greu : 220.300 euros.
- Ferit lleu: 18.200 euros.

Tipus de vehicle	Milions de veh.km	Accidents amb morts i ferits greus	Cost total dels accidents en M€	Costos interns dels accidents en M€	Costos externs dels accidents en M€	Costos externs dels accidents (€ct/vkm)
Turisme	62.183	612	2.698	1.728	970	1,56
Motocicleta	6.042	913	1.766	389	1.277	21,13
Autobús	1.898	3	15	11	4	0,23
Camió lleuger	3.872	29	357	307	50	1,28
Camió pesant	4.358	19	308	267	41	0,93

Costos marginal externs estimats dels accidents de trànsit (€ ct per vkm, 2018). Font: càlculs propis basats en les dades d'accidentalitat del Servei Català de trànsit.

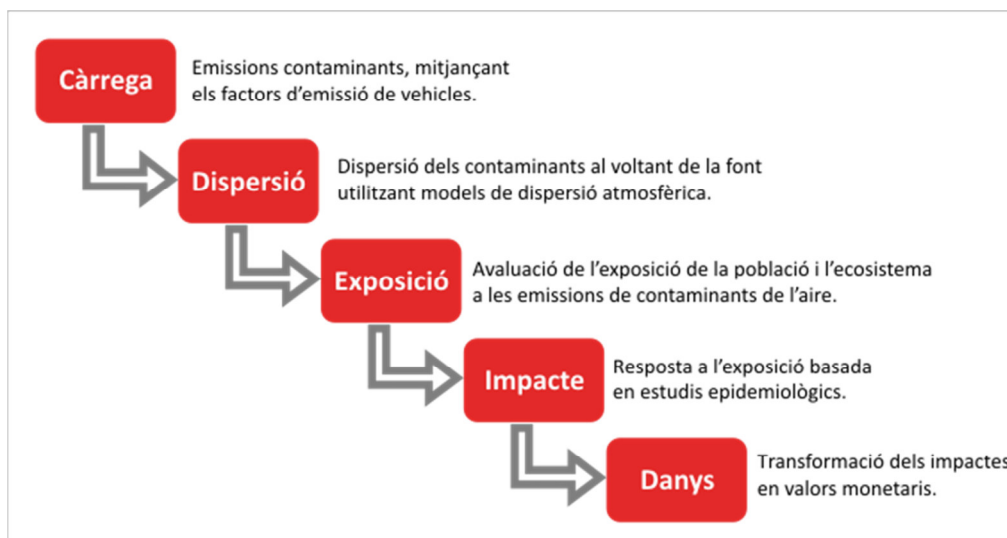
Cal esmentar que el nivell dels costos unitaris dels accidents unitaris és molt sensible als valors dels valors d'entrada crítics (risc d'accidents, elasticitat del risc, grau d'internalització,...). Les estimacions s'han realitzat a partir de diferents casos amb intervals amplis, que van des de valors negatius (si el risc d'accident s'assumeix completament intern) fins a grans valors positius (per exemple, si el risc s'assumeix completament extern).

En qualsevol cas, és important destacar l'elevada incertesa del cost de l'accident com a una característica persistent. 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 .

2.3. Els costos de la contaminació de l'aire.

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.

L'IPA segueix una progressió lògica i gradual de les emissions contaminants en la determinació dels impactes i, posteriorment, en la quantificació dels danys econòmics en termes monetaris. Els passos clau de l'IPA es mostren a la figura següent:



El mètode Impact Pathway Approach (IPA). Font EEA.

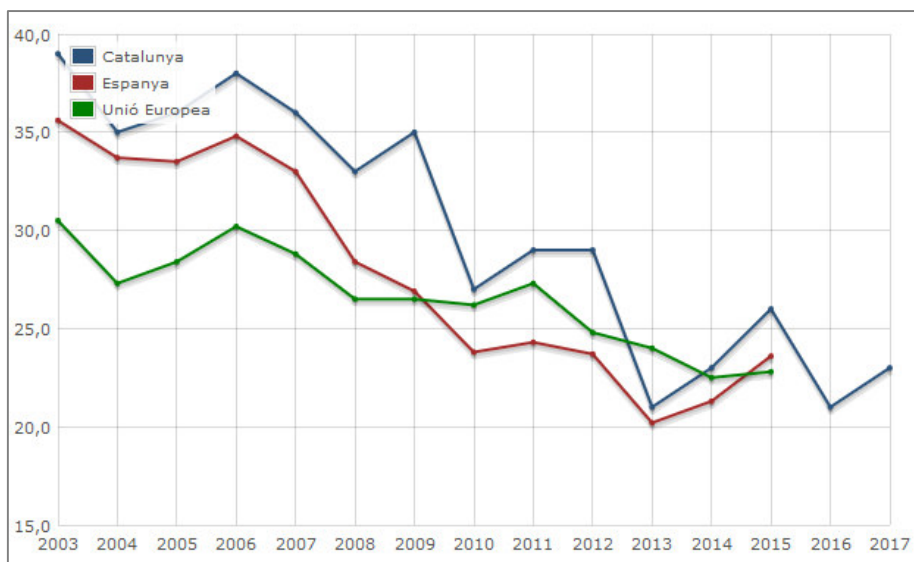
La majoria dels costos externs derivats de la contaminació sorgeixen dels efectes sobre la salut humana. Per a aquesta part més important, els nous desenvolupaments estructurats, en els següents passos:

- El primer pas quantifica la càrrega de les emissions contaminants mitjançant els factors d'emissió de vehicles, la composició de la flota de vehicles i les intensitats de trànsit.
- La dispersió dels contaminants es valora utilitzant models de dispersió atmosfèrica, que són complexos i relacionant-los amb les dades atmosfèriques.
- L'avaluació de l'exposició de la població i de l'ecosistema a les emissions de contaminants de l'aire es modelitza sobre la densitat de població i altres estudis específics.
- Els impactes causats per les emissions es determinen mitjançant les denominades funcions de resposta a l'exposició que relacionen els canvis en la salut humana i altres danys ambientals als canvis en les concentracions ambientals de contaminants, sent el més important el material en partícules (PM) i els òxids de nitrogen (NOx). Aquestes relacions de resposta a l'exposició es basen en estudis epidemiològics.
- Finalment, els impactes de les emissions sobre els éssers humans i l'ecosistema han de ser avaluats i transformats en valors monetaris. Aquest pas es basa sovint en estudis de valoració que avaluen, per exemple, la voluntat de pagar per reduir els riscos per a la salut.

Estimació de càrrega d'emissions.

Les emissions procedents del transport contenen una barreja de components orgànics i no orgànics, gasosos i de partícules, que difereixen en grandària, forma, propietats químiques i físiques. La distinció general es fa entre contaminants emesos o primaris i contaminants secundaris:

- Els contaminants primaris són productes directes de la combustió (incompleta) del combustible. Aquests inclouen principalment sotge carbonós (també conegut com a carboni negre), òxids de nitrogen (NOx), diòxid de sofre (SO₂), monòxid de carboni (CO), compostos orgànics volàtils tòxics (COV), en particular benzè i butadiè, alguns hidrocarburs aromàtics policíclics (PAH) i metalls pesants.
- Els contaminants secundaris sorgeixen a través de la química atmosfèrica. Els principals són l'ozó a nivell del sòl (O₃), els nitrats i els sulfats. L'ozó es forma a l'atmosfera mitjançant reaccions químiques que impliquen compostos orgànics volàtils (COV), els NOx (que s'anomenen gasos precursors d'ozó) i la llum solar. Els nitrats i els sulfats sorgeixen a través de l'oxidació de NOx i SO₂, respectivament.



Concentració de contaminació a l'aire per partícules en suspensió. Catalunya, Espanya i Unió Europea. 2003–2017. Font: IDESCAT

La identificació dels efectes causals entre les concentracions de contaminants i els efectes de la salut humana es torna encara més complexa a causa de la dificultat de mesurar separatament els diferents components. De fet, la majoria dels estudis utilitzen mesures de massa per a compòsits de partícules, com ara PM_{2.5} o PM₁₀. Els números indiquen la mida de les partícules, és a dir, menys de 2,5 micròmetres i menys de 10 micròmetres de diàmetre, respectivament. PM_{2.5} o PM₁₀ contenen partícules primàries de combustió, així com partícules secundàries (sulfats, nitrats) que són prou petites com per penetrar a la regió de canvi de gas alveolar dels pulmons.

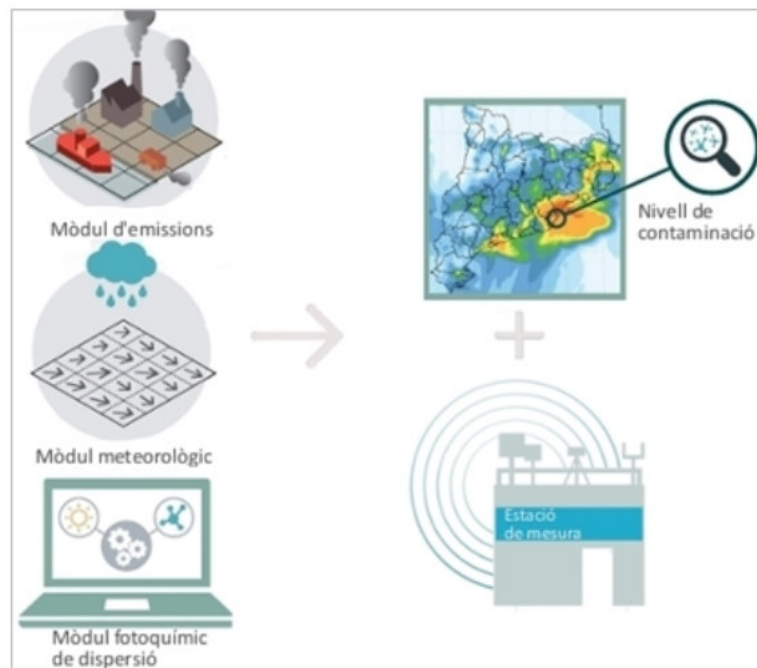
La Guia de càlcul d'emissions de contaminants de la Generalitat de Catalunya proporciona factors d'emissió detallats per a tots els mitjans de transport, així com per a la generació d'electricitat (important per calcular les emissions dels vehicles elèctrics).

Modelització de la dispersió dels contaminants.

Un model de qualitat de l'aire és una representació matemàtica que aglutina i sintetitza tots els factors que intervenen en la qualitat de l'aire: condicions meteorològiques (vent, pluja, temperatura, etc...), mobilitat, així com els principals focus emissors de contaminants.

La combinació de tots aquests elements donen com a resultat la distribució espacial i l'evolució temporal de la concentració dels contaminants.

En general, un model de dispersió dels contaminants atmosfèrics està constituït per un mòdul meteorològic, un mòdul d'emissions i un mòdul fotoquímic o de transport/dispersió dels contaminants.



Model de pronòstic de qualitat de l'aire. Font: Departament de Territori i Sostenibilitat. Generalitat de Catalunya

La finalitat dels models de qualitat de l'aire és la de predir la qualitat de l'aire dels diferents contaminants per ZQA (Zones de Qualitat de l'Aire) que són territorialment representatives, complementant les mesures in situ de les estacions XVPCA (Xarxa Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica).

A data d'abril de 2019 es disposa de les següents operatives de models per pronosticar la qualitat de l'aire:

- ARAMIS (Mair de la UB)
- CALIOPE BSC
- BARCELONA REGIONAL
- SKIRON
- NA-ME-E WMO Regional Center
- DREAM
- PREVAIR

Modelització de l'exposició als contaminants.

Els nivells de contaminació actuals, especialment pel que fa a l'NO₂ i a les partícules (PM₁₀ i PM_{2,5}), tenen un clar impacte sobre la salut de la població urbana.

En aquest apartat s'analitza la distribució territorial de la població exposada a nivells de contaminants (NO₂, PM₁₀ i PM_{2,5}) nocius per a la salut (per sobre dels límits i objectius que fixa l'OMS). Els resultats d'aquesta comparativa es presenten en termes percentuals. D'aquesta manera els resultats són comparables entre diferents àrees geogràfiques.

A la Taula següent es proporciona una visió general de la població urbana europea exposada a concentracions de contaminants superiors als valors límit i objectiu establerts per la UE i l'OMS en els últims anys.

Contaminant	Valor límit EU 40µg/m ³	Estimació de la població exposada (%)	Valor límit OMS µg/m ³	Estimació de la població exposada
NO ₂	Any (40)	8-13	Any (40)	8-13
PM ₁₀	Dia (50)	21-30	Any (20)	64-83
PM _{2,5}	Any (25)	10-14	Any (10)	91-93

Percentatge de la població urbana en la Unió Europea (UE-28) exposada a nivells de concentració de contaminants locals per sobre dels límits de referència de la UE i l'OMS (2010-2012). Font: Institut d'Estudis Regionals i Metropolitans de Barcelona. Air quality in Europe 2014 European Environmental Agency. ISSN 1725-9177

Pel que fa a la modelització de l'exposició, hi ha una diferència important entre els contaminants locals, com ara la majoria de les partícules, i els contaminants de llarg abast, com ara l'ozó.

Per als contaminants locals, l'exposició de la població a les proximitats immediates de la font d'emissions ha de tenir en compte les diferents densitats de població entre les zones rurals i les urbanes i, si és possible, dins de les grans àrees urbanes.

Per tal de produir valors d'impacte diferenciats per a zones urbanes i rurals sense tenir-les disponibles com a sortida de model (és a dir, quan només hi ha disponible la mitjana), sembla raonable basar els càlculs en les dades de densitat de població com a primera aproximació.

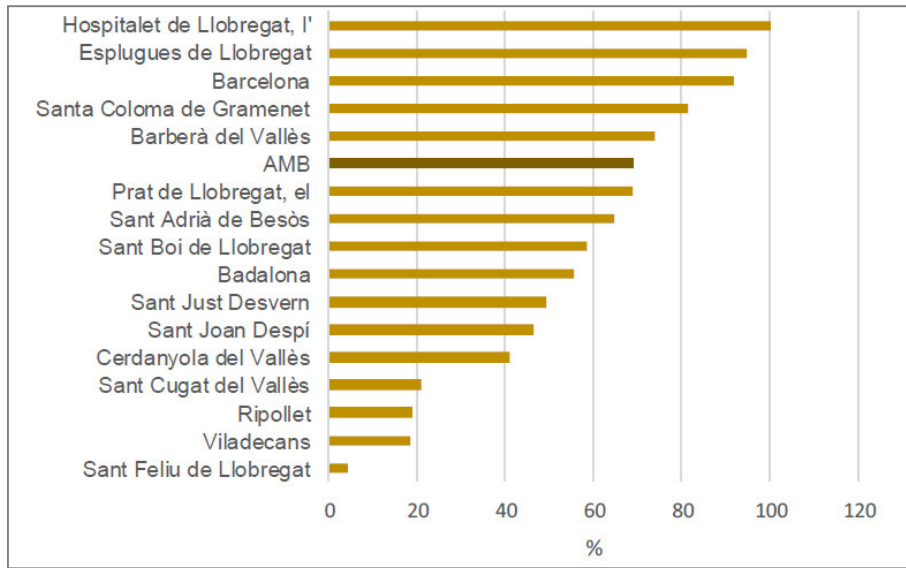
Es consideren zones rurals aquelles en què la densitat mitjana de població és inferior a 45 habitants per km². Aquests números s'utilitzen en la següent fórmula per calcular els costos de danys específics del país de les PM a les zones rurals:

Per a la zona suburbana, la densitat de població estarà entre 150 i 900 habitants per km², mentre que per a l'àrea urbana (ciutat), 900 habitants per km² serien el mínim a considerar.

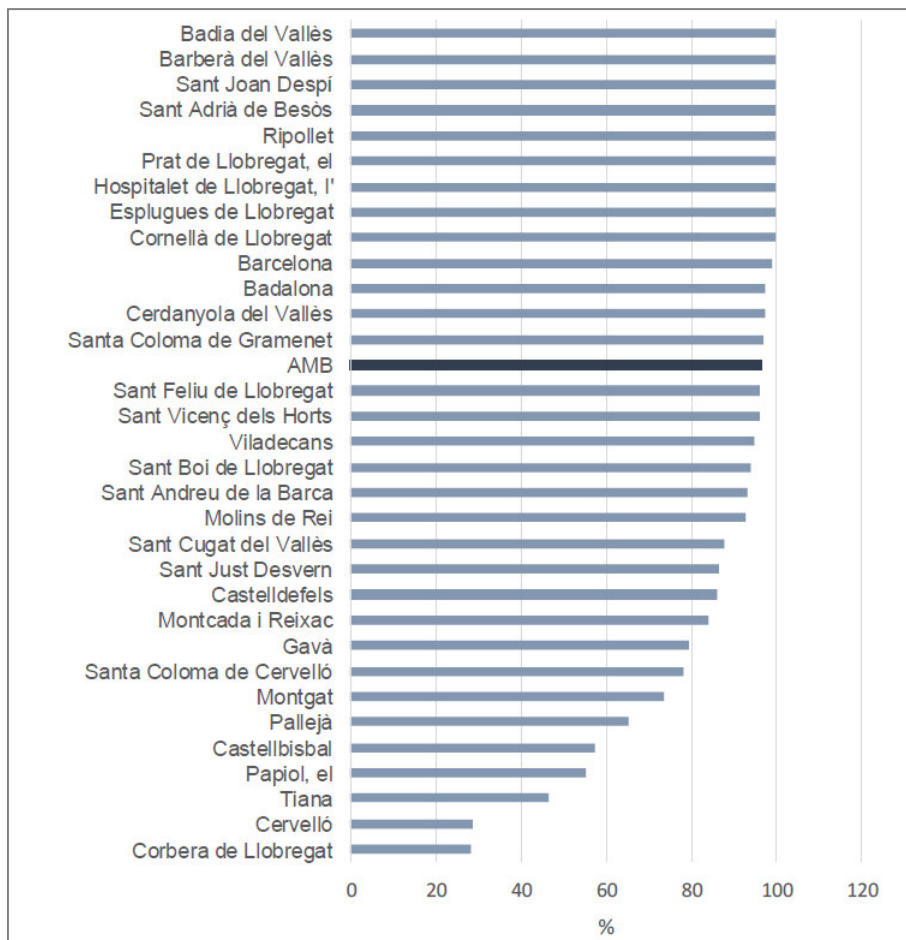
La densitat a la zona urbana i periurbana que inclou la ciutat i la seva zona de desplaçaments. serà de 300 habitants per km², mentre que la mitjana de la densitat de població a les ciutats principals és de 1500 habitants per km².

Aquests valors es prenen com a valors de referència per definir una àrea suburbana representativa i una àrea urbana representativa.

A continuació es presenten resultats de l'exposició als contaminants atmosfèrics per a l'àrea metropolitana de Barcelona corresponents a un estudi realitzat per l'AMB l'any 2014.



Població exposada a concentracions de NO2 (mitjana anual) per sobre dels 40 µg/m3 (Valor límit establert per la UE) al conjunt de municipis de l'AMB. 2014. Font: IERMB a partir de ISGlobal. Model LUR



Població exposada a concentracions de PM2,5 (mitjana anual) per sobre dels 10 µg/m3 (Valor límit establert per l'OMS) al conjunt de municipis de l'AMB. 2014. Font: IERMB a partir de ISGlobal. Model LUR

Impactes sobre la salut dels contaminants.

En la darrera dècada, nombrosos estudis han confirmat que l'exposició a nivells de contaminació atmosfèrica per sobre de la normativa origina una àmplia gamma d'efectes perjudicials per a la salut, des de malalties respiratòries, fins a la disminució de l'esperança de vida i la mort.

L'últim Informe de la Qualitat de l'Aire a Europa (2014) xifra en 25.046 les morts anuals prematures a l'Estat Espanyol per aquesta causa. Investigacions recents confirmen que els contaminants emesos pels automòbils i els camions, com ara NOx i PM, són un motiu de preocupació especial pel que fa a la salut humana.

Un informe realitzat per l'OMS, "WHO Air Quality Guidelines", estima que reduir el valor mitjà anual de concentració de PM10 de nivells de 70 µg/m³ als 20 µg/m³ recomanats per l'OMS podria reduir les morts relacionades amb la contaminació de l'aire al voltant d'un 15%.

A l'àmbit metropolità de Barcelona s'han realitzat diversos estudis que tracten d'avaluar els efectes de la contaminació atmosfèrica en la salut humana, i la disminució dels efectes perjudicials per a la salut derivats de la reducció de la contaminació. En un d'ells, es constaten els beneficis per a la salut que es podrien aconseguir si la mitjana de PM10 en la conurbació de Barcelona es reduís a 20 µg/m³ i a 40 µg/m³, respectivament tal i com es pot veure a la taula següent:

Efectes en la salut		Edat	Beneficis per a la salut (IC del 95%)			
			Reducció de la concentració mitjana anual fins a 20µg/m ³		Reducció de la concentració mitjana anual fins a 40µg/m ³	
			Nombre de casos evitats	% del total de casos	Nombre de casos evitats	% del total de casos
Mortalitat						
Mort infantil	Tots	<1	15 (7-22)	13 (6-19)	5 (2-7)	4 (2-26)
Mort deguda a exposició a curt termini (aguda)	Totes les causes	Totes	520 (350-690)	2 (1-2)	180 (120-230)	0,6 (0,4-0,8)
	Causas cardiovasculars	Totes	250 (140-360)	3 (2-4)	90 (20-120)	0,9 (0,5-1,3)
	Causas respiratòries	Totes	120 (50-190)	4 (2-6)	40 (20-60)	1,3 (0,5-2,1)
Total de morts (exposició a llarg termini; s'inclouen els efectes a curt termini)	Tots	≥30	3000 (2200-4800)	12 (7-16)	1200 (760-1700)	4 (3-6)
Ingressos hospitalaris						
	Causas respiratòries	Totes	1150 (630-1670)	3 (2-5)	390 (210-570)	1,1 (0,6-2)
	Causas cardiovasculars	Totes	620 (310-930)	2 (1-3)	210 (110-310)	0,6 (0,3-0,9)
Morbiditat						
Malalties cròniques	Bronquitis crònica en adults	≥25	5100 (550-8500)	25 (3-41)	1900 (190-3400)	9 (1-17)
	Bronquitis agudes en nens	<15	31100 (17600-40500)	49 (28-84)	12100 (6100-17000)	19 (10-27)
Síntomes relacionats amb l'asma	Crisis d'asma en adults	≥15	41500 (21000-605000)	11 (6-16)	14700 (7300-21800)	4 (2-6)
	Crisis d'asma en nens	<15	12400 (6400-15200)	11 (6-14)	4000 (2100-5000)	4 (12-5)

Possibles beneficis anuals per a la salut si la mitjana anual de PM10 es reduís (en nombre de casos evitats i percentatge respecte del total). Conurbació de Barcelona, 2007. Font: Künzli, N. i Perez, L., 2007. Els beneficis per a la salut pública de la reducció de la contaminació atmosfèrica a l'àrea metropolitana de Barcelona. CREAL. Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya i Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya.

Valoració econòmica dels danys.

La qüestió més important de la valoració dels efectes sobre la salut és la valoració de la mortalitat, que representa el component de cost extern més gran. Diferents estudis utilitzen un mètode de valoració per a la mortalitat que es basa en el valor d'una vida estadística (VSL).

Aquest enfocament ha estat estàndard per a la valoració de la mortalitat durant molt de temps i també està recolzat per l'OCDE (2012), on es recomana aplicar un factor d'escala 1,5-2,0 a l'estimació del VSL per a adults per valorar la mortalitat infantil. Per a Catalunya, es recomana basar el valor central del VSL en 1.810.000 euros en preus del 2018.

Efecte	Valoració (euros 2018)
Víctima mortal	1.810.000
Valor d'un any de vida	60.000
Mortalitat infantil	2.475.000
Bronquitis crònica	60.000
Admissions hospitalàries respiratòries	2.990
Admissions hospitalàries cardíaques	2.990
Dia perdut de treball	104
Medicació respiratòria (broncodilatadors)	80

Valoració econòmica dels danys a la salut de la contaminació atmosfèrica Font: Institut de Medicaments i Avaluacions de Salut (IHME) de la Universitat del Estat de Washington.

El Banc Mundial qualifica el cost econòmic en l'estat espanyol de la mortalitat prematura i la pèrdua de dies de treball per a la contaminació de l'aire en 50.382 milions de dòlars el 2013, equivalents a aquest any a 38.000 milions d'euros, el 3,5% del PIB.

Aquesta estimació parteix de l'estudi de la càrrega mundial de la malaltia reajustada per l'Institut de Medicaments i Avaluacions de Salut (IHME) de la Universitat del Estat de Washington, als Estats Units, restringint-ne les malalties i els grups de malalties a sis grups de malalties (cardiopaties isquèmiques, accidents cerebrovasculars, MPOC, càncer de pulmó, infeccions agudes de les vies respiratòries inferiors i pneumònia), que haurien ocasionat 14.689 morts a Espanya, l'any esmentat.

A nivel global, en el món les xifres són encara més grans, segons l'estudi de The Lancet, la contaminació suposa un cost del 6,2% del PIB mundial, més de 4,5 bilions de dòlars. Però el que suposa un cost elevadíssim per a l'economia, també suposa una oportunitat magnífica d'inversió. L'estudi conclou que cada dòlar que s'inverteix en evitar la contaminació, suposa un retorn de 30 dòlars.

D'aquí, la importància d'una transició cap a models més sostenibles de transport, tenint en compte totes les conseqüències econòmiques, algunes de les quals són difícilment visibles, ja que en ocasions la desinversió en determinades indústries té beneficis en altres sectors productius més respectuosos ama el medi ambient.

Valors unitaris per als costos de la contaminació atmosfèrica.

En aquesta secció es detallen els valors unitaris il·lustratius calculats utilitzant els costos dels danys i els factors d'emissió recomanats a les seccions anteriors. Aquests valors unitaris es calculen segons els tipus de vehicles realment presents a les carreteres catalanes.

La font de factors d'emissió d'escapament per a vehicles lleugers és la base de dades TREMOVE (v.3.3.2). Els factors d'emissió de NOx es prenen directament de la base de dades COPERT. La raó de confiar en la base de dades TREMOVE per a la major part dels càlculs és la definició convenient dels tipus de vehicles i dels tipus de carreteres.

La font dels factors d'emissió dels vehicles pesants i els autobusos és la guia d'emissions d'escapament del transport per carretera (EMEP / EEA, 2012). Inclou les equacions de factors d'emissió de velocitat, que són les mateixes que a l'eina de programari COPERT. Es trien les mateixes situacions de trànsit representatives per a vehicles pesats i autobusos.

Les taules següents indiquen els valors de costos externs marginals per separat per a turismes, vehicles comercials lleugers, vehicles pesants i autobusos. Els resultats es diferencien segons la zona i el tipus de carretera.

Les àrees urbanes es caracteritzen per una densitat mitjana de població de 1500 habitants / km², mentre que les àrees suburbanes - per una densitat mitjana de població de 300 habitants / km². Per a les zones rurals, la densitat de població és inferior als 150 habitants / km². Les autopistes i altres carreteres interurbanes a les zones rurals difereixen en termes de velocitat, que és més alta a les autopistes (això es reflecteix en els factors d'emissió corresponents).

En general, els costos unitaris són més elevats per als vehicles amb motors més grans, per a vehicles amb un estàndard EURO inferior i per a zones urbanes en comparació amb les zones rurals.

Cal destacar, però, diversos aspectes pel que fa als costos unitaris de les emissions dels vehicles. En primer lloc, hi ha un lleuger augment del cost unitari entre els vehicles dièsel EURO 2 i EURO 3 en carreteres i autopistes interurbanes. La raó d'això és un clar increment del factor d'emissió de NOx per als cotxes dièsel de l'EURO 3. Aquest efecte de NOx en els costos unitaris només és visible per a les zones no urbanes, ja que per a les zones urbanes es compensa amb el major cost del dany dels PM.

En segon lloc, els costos unitaris a les autopistes són lleugerament més alts que a altres 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.

A les taules no figuren els vehicles elèctrics, que no cremen combustibles derivats del petroli i per tant no tenen emissions de gasos d'entrada, però la producció d'electricitat utilitzada per carregar-los sí que genera emissions. La quantitat d'aquestes emissions, però, varia considerablement segons la barreja de fonts d'energia utilitzades per alimentar la xarxa elèctrica d'una regió.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Suburbana (€/vkm)	Interurbana (€/vkm)	Autopista (€/vkm)
Turisme diesel	<1.4l	Euro 2	4,38	1,81	0,90	0,92
		Euro 3	3,00	1,49	0,99	1,05
		Euro 4	2,06	1,10	0,67	0,69
		Euro 5	1,11	0,69	0,46	0,47
		Euro 6	0,81	0,39	0,24	0,24
	1.4-2.0l	Euro 0	11,93	3,66	1,06	1,13
		Euro 1	4,38	1,75	0,94	1,13
		Euro 2	3,87	1,67	0,89	0,92
		Euro 3	3,10	1,51	0,99	1,05
		Euro 4	2,12	1,11	0,67	0,69
		Euro 5	1,12	0,70	0,46	0,47
	>2.0l	Euro 6	0,82	0,40	0,24	0,24
		Euro 0	12,41	4,08	1,43	1,56
		Euro 1	4,44	1,78	0,94	1,14
		Euro 2	3,98	1,72	0,90	0,93
		Euro 3	3,16	1,54	1,00	1,05
		Euro 4	2,16	1,13	0,67	0,69
	Turisme gasolina	<1.4l	Euro 5	1,14	0,71	0,47
Euro 6			0,84	0,41	0,24	0,24
Euro 0			4,15	3,79	2,66	3,23
Euro 1			1,22	0,87	0,41	0,50
Euro 2			0,79	0,44	0,24	0,27
Euro 3			0,53	0,22	0,13	0,12
1.4-2.0l		Euro 4	0,51	0,20	0,10	0,08
		Euro 5	0,49	0,18	0,08	0,08
		Euro 6	0,49	0,18	0,08	0,08
		Euro 0	4,36	4,01	3,35	4,13
		Euro 1	1,27	0,92	0,41	0,50
		Euro 2	0,79	0,44	0,24	0,27
>2.0l		Euro 3	0,53	0,22	0,13	0,12
		Euro 4	0,50	0,20	0,10	0,08
		Euro 5	0,48	0,18	0,08	0,07
		Euro 6	0,48	0,18	0,08	0,07
		Euro 0	4,58	4,22	3,40	4,18
		Euro 1	1,17	0,81	0,41	0,49
Furgoneta gasolina	Euro 2	0,78	0,42	0,24	0,27	
	Euro 3	0,53	0,22	0,13	0,12	
	Euro 4	0,50	0,20	0,10	0,08	
	Euro 5	0,48	0,18	0,08	0,07	
	Euro 6	0,48	0,18	0,08	0,07	
	Euro 0	4,58	4,22	3,40	4,18	
Furgoneta diesel	Euro 1	1,17	0,81	0,41	0,49	
	Euro 2	0,78	0,42	0,24	0,27	
	Euro 3	0,53	0,22	0,13	0,12	
	Euro 4	0,50	0,20	0,10	0,08	
	Euro 5	0,48	0,18	0,08	0,07	
	Euro 6	0,48	0,18	0,08	0,07	
Vehicle	EURO-Class	Urban (€/vkm)	Suburban (€/vkm)	Interurban (€/vkm)	Motorway (€/vkm)	
Furgoneta gasolina	Euro 1	1,57	1,12	0,62	0,62	
	Euro 2	1,01	0,56	0,25	0,25	
	Euro 3	0,84	0,43	0,18	0,18	
	Euro 4	0,72	0,31	0,12	0,11	
	Euro 5	0,68	0,27	0,10	0,10	
	Euro 6	0,68	0,27	0,10	0,10	
Furgoneta diesel	Euro 0	6,36	2,83	1,64	1,52	
	Euro 1	7,11	3,02	1,63	1,53	
	Euro 2	5,51	2,42	1,34	1,26	
	Euro 3	3,78	1,77	1,05	1,00	
	Euro 4	1,73	1,02	0,71	0,71	
	Euro 5	1,31	0,60	0,37	0,36	

Costos externs marginals de contaminació de l'aire externs en € ct / vkm (2018). Font: Handbook on External Costs of Transport
Nota: densitat de població urbana de 1500 habitants / km²; suburbà - densitat de població de 300 habitants / km²; rurals: densitat de població inferior a 150 habitants / km².

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Suburbana (€/vkm)	Interurbana (€/vkm)	Autopista (€/vkm)
Camió rígid	<=7,5 t	EURO 0	18,51	9,29	6,76	7,04
		EURO I	10,17	5,72	4,50	4,91
		EURO II	8,31	5,48	4,58	4,89
		EURO III	7,38	4,50	3,51	3,68
		EURO IV	4,60	2,97	2,55	2,55
		EURO V	4,38	2,76	1,43	1,00
	7,5 - 12 t	EURO VI	1,99	0,70	0,32	0,28
		EURO 0	24,57	14,87	11,30	11,12
		EURO I	15,56	9,12	6,85	6,71
		EURO II	12,56	8,69	6,93	6,81
		EURO III	10,92	7,08	5,45	5,17
		EURO IV	6,50	4,64	3,81	3,64
	12 - 14 t	EURO V	6,20	4,30	2,19	1,41
		EURO VI	2,20	0,88	0,41	0,31
		EURO 0	26,96	16,57	12,38	11,79
		EURO I	17,22	10,21	7,49	7,10
		EURO II	13,91	9,77	7,61	7,19
		EURO III	12,17	8,16	6,07	5,49
	14 - 20 t	EURO IV	7,18	5,28	4,17	3,82
		EURO V	6,58	4,66	2,41	1,56
		EURO VI	2,19	0,87	0,41	0,35
		EURO 0	34,83	21,38	15,40	13,89
		EURO I	21,98	13,04	9,20	8,36
		EURO II	17,36	12,46	9,44	8,58
	20 - 26 t	EURO III	15,60	10,54	7,65	6,64
		EURO IV	8,75	6,65	5,20	4,62
		EURO V	8,86	6,74	3,64	2,04
		EURO VI	2,51	1,18	0,53	0,37
		EURO 0	38,13	23,96	17,00	14,62
		EURO I	28,59	17,21	11,95	10,35
	26 - 28 t	EURO II	22,71	16,33	12,13	10,58
		EURO III	19,56	13,46	9,77	8,49
		EURO IV	10,90	8,54	6,67	5,85
		EURO V	9,98	7,58	4,00	2,36
		EURO VI	2,54	1,17	0,57	0,42
		EURO 0	40,11	25,23	17,98	15,41
	28 - 32 t	EURO I	29,94	18,12	12,59	10,79
		EURO II	23,85	17,10	12,66	10,95
		EURO III	20,30	13,94	10,08	8,62
		EURO IV	11,22	8,79	6,85	6,01
		EURO V	10,13	7,62	3,99	2,46
		EURO VI	2,55	1,18	0,58	0,43
>32 t	EURO 0	45,80	29,00	20,87	17,84	
	EURO I	34,17	20,90	14,72	12,61	
	EURO II	27,30	19,63	14,66	12,67	
	EURO III	22,89	16,02	11,63	9,90	
	EURO IV	12,83	10,25	8,05	6,75	
	EURO V	10,19	7,44	3,92	2,77	
>32 t	EURO VI	2,52	1,14	0,61	0,49	
	EURO 0	47,10	30,14	21,25	17,77	
	EURO I	35,75	21,75	14,98	12,55	
	EURO II	28,41	20,40	14,97	12,70	
	EURO III	23,84	16,69	12,07	10,11	
	EURO IV	13,05	10,47	8,15	6,91	
>32 t	EURO V	10,23	7,55	4,11	2,73	
	EURO VI	2,51	1,12	0,59	0,52	

Costos externs marginals de contaminació de l'aire externs en € ct / vkm (2018). Font: Handbook on External Costs of Transport
Nota: densitat de població urbana de 1500 habitants / km2; suburbà - densitat de població de 300 habitants / km2; rurals: densitat de població inferior a 150 habitants / km2.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Suburbana (€/vkm)	Interurbana (€/vkm)	Autopista (€/vkm)
Camió articulat	14 - 20 t	EURO 0	34,23	21,13	15,06	13,19
		EURO I	21,43	12,88	9,03	7,94
		EURO II	17,27	12,31	9,19	8,15
		EURO III	15,13	10,28	7,37	6,39
		EURO IV	8,62	6,54	5,02	4,43
		EURO V	8,18	6,07	3,21	1,90
	20 - 28 t	EURO VI	2,37	1,03	0,48	0,36
		EURO 0	38,60	24,51	17,24	14,46
		EURO I	29,23	17,81	12,25	10,26
		EURO II	23,22	16,62	12,15	10,28
		EURO III	19,66	13,67	9,74	8,09
		EURO IV	10,98	8,64	6,60	5,52
	28 - 34 t	EURO V	9,33	6,91	3,63	2,40
		EURO VI	2,41	1,05	0,53	0,45
		EURO 0	41,59	26,59	18,57	15,38
		EURO I	31,44	19,19	13,08	10,84
		EURO II	25,01	17,83	12,90	10,77
		EURO III	20,85	14,59	10,34	8,46
	34 - 40 t	EURO IV	11,70	9,31	6,99	5,76
		EURO V	9,12	6,63	3,61	2,37
		EURO VI	2,40	1,04	0,54	0,45
		EURO 0	49,07	31,53	21,78	17,77
		EURO I	37,37	22,68	15,28	12,52
		EURO II	29,61	21,19	15,24	12,51
	40 - 50 t	EURO III	24,60	17,28	12,28	10,02
		EURO IV	13,43	10,83	8,32	6,71
		EURO V	10,17	7,43	4,13	2,75
		EURO VI	2,49	1,10	0,61	0,51
		EURO 0	55,82	36,28	25,16	20,46
		EURO I	42,42	25,98	17,62	14,08
50 - 60 t	EURO II	33,61	24,13	17,37	14,15	
	EURO III	27,60	19,63	13,97	11,20	
	EURO IV	15,02	12,30	9,46	7,54	
	EURO V	10,19	7,29	4,26	3,05	
	EURO VI	2,49	1,09	0,66	0,60	
	EURO 0	67,90	44,60	31,14	24,22	
	EURO I	51,70	31,94	21,50	16,80	
	EURO II	40,70	29,41	21,06	16,88	
	EURO III	32,90	23,63	16,89	13,12	
	EURO IV	18,07	15,11	11,39	9,00	
	EURO V	11,24	8,03	4,91	3,56	
	EURO VI	2,61	1,18	0,76	0,72	

Costos externs marginals de contaminació de l'aire externs en € ct / vkm (2018). Font: Handbook on External Costs of Transport
Nota: densitat de població urbana de 1500 habitants / km²; suburbà - densitat de població de 300 habitants / km²; rurals: densitat de població inferior a 150 habitants / km².

Les emissions de contaminants atmosfèrics dels camions, en estudis més detallats poden variar substancialment. No obstant això, les taules anteriors donen una idea general basada en proves de vehicles realitzades sota protocols establerts per la Comunitat Europea. Els cicles de prova varien segons suposicions sobre els modes de ralenti del camió, velocitats del motor i altres condicions de conducció. Les dades de les proves, en canvi no han tingut en compte les variacions de temperatura, pendent, velocitat, pes de la càrrega, etc.

Els coeficients tampoc s'han aplicat per ajustar l'edat del vehicle, tot i que la distribució per edats de la flota de vehicles d'aquesta classe és determinant, ja que l'expectativa és que els camions més antics tinguin factors d'emissió superiors.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Suburbana (€/vkm)	Interurbana (€/vkm)	Autopista (€/vkm)
Autobusos urbans	Midi <=15 t	EURO 0	36,29	18,65	12,47	11,37
		EURO I	19,08	11,72	8,34	7,23
		EURO II	15,82	11,30	8,48	7,36
		EURO III	13,74	9,50	6,45	5,19
		EURO IV	8,08	6,06	4,40	3,56
		EURO V	7,00	5,05	2,89	2,29
	Standard <=18 t	EURO VI	2,15	0,82	0,41	0,37
		EURO 0	42,76	26,05	18,31	15,52
		EURO I	25,31	15,67	11,09	9,40
		EURO II	20,85	15,00	11,12	9,44
		EURO III	17,68	12,51	8,65	7,01
		EURO IV	10,38	8,10	5,93	4,71
	Articulat >18 t	EURO V	8,25	6,03	3,34	2,59
		EURO VI	2,29	0,93	0,49	0,41
		EURO 0	55,65	34,16	23,78	19,55
		EURO I	32,80	20,59	14,44	11,74
		EURO II	26,55	19,24	14,17	11,77
		EURO III	22,18	16,01	11,21	9,04
Autocars	Standard <=18 t	EURO IV	12,94	10,48	7,95	5,49
		EURO V	8,36	5,88	3,59	2,78
		EURO VI	2,36	0,98	0,59	0,53
		EURO 0	34,55	20,86	14,26	12,42
		EURO I	27,21	16,06	10,72	9,25
		EURO II	21,70	15,67	11,24	9,70
	Articulat >18 t	EURO III	20,45	13,81	9,17	7,71
		EURO IV	10,86	8,42	6,14	5,36
		EURO V	11,96	9,49	5,28	3,21
		EURO VI	2,95	1,58	0,72	0,48
		EURO 0	41,84	25,85	17,65	15,01
		EURO I	32,26	19,58	13,06	11,01
	Articulat >18 t	EURO II	25,72	18,82	13,40	11,35
		EURO III	23,00	15,81	10,56	8,66
		EURO IV	12,33	9,74	7,08	6,02
		EURO V	12,74	10,10	5,51	3,30
		EURO VI	2,92	1,54	0,72	0,48

Costos externs marginals de contaminació de l'aire externs en € ct / vkm (2018). Font: Handbook on External Costs of Transport
Nota: densitat de població urbana de 1500 habitants / km²; suburbà - densitat de població de 300 habitants / km²; rurals: densitat de població inferior a 150 habitants / km².

Cal mencionar que els valors dels Costos unitaris dels danys ocasionats per la contaminació atmosfèrica sobre la salut, les collites i els edificis, han estat calculats en base als valors proporcionats pel Handbook (2014) per a cada contaminant, els factors d'impacte sobre la salut de les persones i els valors de la mortalitat, les despeses sanitàries i les pèrdues de productivitat derivades de les malalties produïdes.

Les taules resumeixen els factors d'emissió d'una sèrie de fonts, desenvolupades en diferents països. A causa de la variació en els procediments i en els algorismes utilitzats, no és possible determinar si les diferències entre aquests factors reflecteixen la realitat dels diferents països. No obstant això, donen una idea aproximada dels volums de contaminants atmosfèrics emesos per a cada tipus de vehicle.

2.4. Els costos del soroll.

Les emissions de soroll del trànsit suposen un problema ambiental amb una incidència cada vegada més important en el sentit de pertorbació de la gent que pot derivar en deficiències de salut i productivitat i oci perduts.

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.

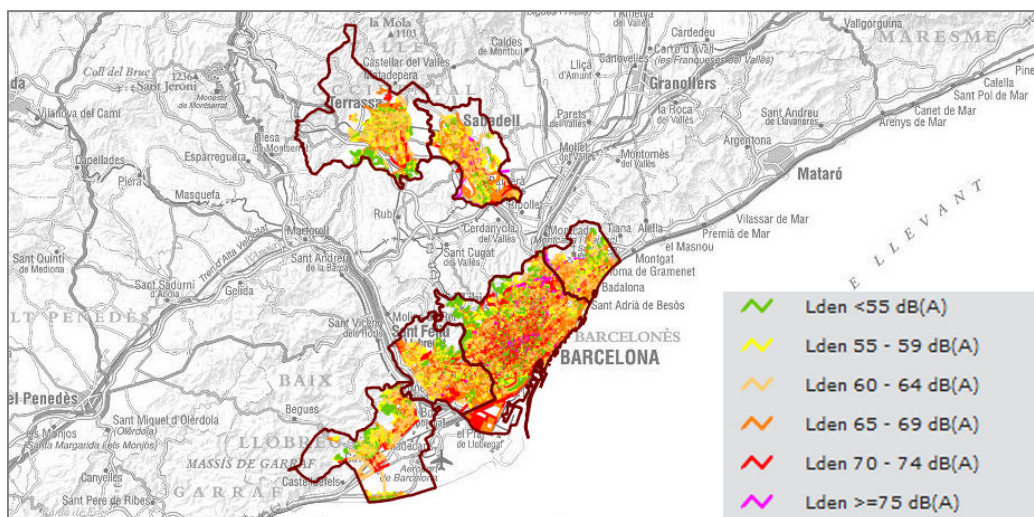
Es pot suposar que aquests dos efectes són independents, és a dir, el risc potencial per a la salut a llarg termini no es té en compte en la molèstia percebuda per la gent.

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. Els resultats es presenten en mapes de soroll.
- Exposició al soroll i funcions de resposta: Aquestes funcions presenten una relació entre els nivells de decibels i els impactes negatius del soroll. Cada impacte té un o més punts finals. Utilitzant la informació sobre el nombre de casos de cada punt final, es calcula 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 de cada unitat es multiplica per l'impacte corresponent i s'agrega sobre tots els punts proporcionats per les funcions de resposta-exposició.

Els mapes del soroll de soroll informen, per a diferents nivells de soroll, del nombre de persones exposades a sorolls de les carreteres i dels carrers principals de Catalunya. Les dades disponibles encara no són definitives i poden haver-hi alguns errors, tot i que amb el temps ha de millorar la seva qualitat.

El mapa de soroll representa gràficament sobre plànol els nivells sonors per tram de carrer o de carretera, per tant, és una eina que permet conèixer la situació acústica de l'entorn de la xarxa viària. A nivell europeu se segueixen les mateixes pautes per a la seva elaboració. Així per exemple, els nivells sonors s'indiquen amb quatre índexs diferents en funció de la franja horària: Ld (període diürn, de 7h a 21h), Le (període vespre, de 21h a 23h), Ln (període nocturn, de 23h a 7h) i Lden (nivell equivalent ponderat dia-vespre-nit).



Mapa estratègic del soroll. Font: Generalitat de Catalunya.

Les dades d'exposició al soroll s'han de combinar amb els factors de cost per a diferents nivells de soroll. Aquests factors de costos provenen de HEATCO (2006) i figuren al Handbook (2014) de l'actualització del nivell de preus (utilitzant els valors del PIB per càpita).

Quan es distribueixen entre diferents categories de vehicles mitjançant les dades d'intensitat de trànsit s'obté la taula dels costos unitaris del soroll següent:

Vehicle	Hora del dia	Trànsit	Urbana	Suburbana	Rural
Turisme	Dia	Dens	0,97	0,05	0,01
		Fluid	2,35	0,15	0,02
	Nit	Dens	1,77	0,10	0,01
		Fluid	4,28	0,28	0,04
Motocicleta	Dia	Dens	1,94	0,12	0,01
		Fluid	4,70	0,30	0,04
	Nit	Dens	3,53	0,20	0,02
		Fluid	8,57	0,56	0,06
Autobús	Dia	Dens	4,84	0,27	0,04
		Fluid	11,77	0,75	0,09
	Nit	Dens	8,84	0,49	0,08
		Fluid	21,42	1,40	0,16
Furgoneta	Dia	Dens	4,84	0,27	0,04
		Fluid	11,77	0,75	0,09
	Nit	Dens	8,84	0,49	0,08
		Fluid	21,42	1,40	0,16
Camió	Dia	Dens	8,91	0,49	0,08
		Fluid	21,62	1,40	0,16
	Nit	Dens	16,25	0,91	0,14
		Fluid	39,40	2,54	0,29

Costos externs marginals del soroll del trànsit en € ct / vkm (2018). Font: Handbook on External Costs of Transport

Els tipus d'àrea i de densitat de trànsit es defineixen per supòsits específics sobre el volum de trànsit, la quota de transport de mercaderies, la distància a la carretera o la pista, la densitat de població, etc.

Zones urbanes: densitat de població de 3000 habitants per km de longitud de carretera.

Àrees suburbanes: densitat de població de 700 habitants per km de longitud de carretera;

Zones rurals: densitat de població de 500 habitants per km de longitud de carretera.

2.5. 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. El pas metodològic clau és, però, la valoració dels costos del canvi climàtic.

En general, hi ha dos enfocaments principals per avaluar el cost de les emissions de GEH. El primer és l'enfocament de costos de danys, que es pot explicar de manera intuïtiva com una avaluació dels costos totals sota l'assumpció que no s'esforcen per reduir el ritme del canvi climàtic. Implica la incorporació de diversos efectes relacionats amb canvis en el nivell del mar, paisatge, disponibilitat d'aigua dolça, vegetació, etc. El segon és l'enfocament de costos de reducció, que avalua el cost d'aconseguir una determinada quantitat de reducció d'emissions.

L'estimació dels costos dels danys compta amb una incertesa extremadament alta a causa de la complexitat dels diversos efectes i horitzons a llarg termini. D'altra banda, l'ús de dades sobre costos de reducció és una alternativa sòlida si els objectius de reducció d'emissions reflecteixen adequadament la voluntat de pagar per a un cert nivell de reducció. Un altre argument per utilitzar les estimacions de costos de reducció és el fet que molts riscos relacionats amb el canvi climàtic futur encara no es poden identificar i avaluar.

Per al càlcul dels costos unitaris del canvi climàtic unitari, es recomana utilitzar les estimacions de costos de reducció corresponents als esforços necessaris per establir l'escalfament global a 2 ° C (concentració màxima equivalent de CO2 a l'atmosfera de 450 ppm). Aquest és l'objectiu actualment recolzat per la Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic (CMNUCC).

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 2018 en un rang entre 48 € - 168 € per tona de CO2, amb un valor mitjà de 90 €.

Tipus de vehicle	Diesel	Gasolina	Gas natural	Gas licuat
Turisme	179	197	159	182
Motocicleta		104		
Autobús	676		528	
Furgoneta	218	278		
Camió 3.5-7.5 t	312			
Camió 7.5-16 t	534			
Camió 16-32 t	715			
Camió > 32 t	906			

Factors d'emissió mitjans de GEH, en gram CO2 eq / vkm. Font: TREMOVE v.3.3.2

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Rural (€/vkm)	Autopista (€/vkm)	Mitjana (€/vkm)	
Turisme gasolina	<1,4L	EURO-0	3,08	1,87	1,98	2,20	
		EURO-1	2,86	1,65	1,87	1,98	
		EURO-2	2,75	1,54	1,65	1,87	
		EURO-3	2,64	1,54	1,65	1,87	
		EURO-4	2,64	1,54	1,65	1,87	
		EURO-5	2,64	1,54	1,65	1,87	
	1,4-2L	EURO-0	3,74	2,20	2,31	2,53	
		EURO-1	3,41	1,98	2,09	2,31	
		EURO-2	3,30	1,87	1,87	2,20	
		EURO-3	3,19	1,87	1,87	2,20	
		EURO-4	3,19	1,87	1,87	2,20	
	>2L	EURO-5	3,19	1,87	1,87	2,20	
		EURO-1	4,29	2,53	2,53	3,08	
		EURO-2	4,29	2,53	2,53	2,97	
		EURO-3	3,85	2,09	1,98	2,64	
EURO-4		3,85	2,09	1,98	2,64		
Turisme diesel	<1,4L	EURO-5	3,85	2,09	1,98	2,64	
		EURO-2	1,87	1,21	1,32	1,43	
		EURO-3	1,76	1,21	1,32	1,43	
		EURO-4	1,76	1,21	1,32	1,43	
	1,4-2L	EURO-5	1,76	1,21	1,32	1,43	
		EURO-0	2,64	1,87	2,09	2,09	
		EURO-1	2,42	1,65	1,98	1,87	
		EURO-2	2,42	1,65	1,76	1,87	
		EURO-3	2,31	1,54	1,65	1,76	
		EURO-4	2,31	1,54	1,65	1,76	
	>2L	EURO-5	2,31	1,54	1,65	1,76	
		EURO-0	3,63	2,53	2,97	2,86	
		EURO-1	3,30	2,31	2,64	2,64	
		EURO-2	3,30	2,20	2,53	2,53	
		EURO-3	3,19	2,09	2,31	2,42	
		EURO-4	3,19	2,09	2,31	2,42	
			EURO-5	3,19	2,09	2,31	2,42

Costos marginals unitaris del canvi climàtic del transport per carretera (turismes), preus del 2018. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del "Handbook on External Costs of Transport" de la CE.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Rural (€/vkm)	Autopista (€/vkm)	Mitjana (€/vkm)
Furgonetes	Gasolina	EURO-0	4,40	2,75	3,08	2,97
		EURO-1	3,96	2,53	2,75	2,75
		EURO-2	4,07	2,42	2,64	2,75
		EURO-3	4,07	2,42	2,64	2,75
		EURO-4	3,74	2,31	2,53	2,53
		EURO-5	3,74	2,31	2,53	2,53
	Diesel	EURO-0	3,19	2,20	3,19	2,64
		EURO-1	3,08	1,98	2,86	2,42
		EURO-2	3,08	1,98	2,86	2,42
		EURO-3	3,08	1,98	2,75	2,31
EURO-4		3,08	1,87	2,64	2,31	
		EURO-5	3,08	1,87	2,64	2,31

Costos marginals unitaris del canvi climàtic del transport per carretera (furgonetes), preus del 2018. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del "Handbook on External Costs of Transport" de la CE.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Rural (€/vkm)	Autopista (€/vkm)	Mitjana (€/vkm)
Autobús		EURO-I	8,47	6,38	5,83	6,93
		EURO-II	8,36	6,16	5,61	6,71
		EURO-III	8,36	6,16	5,61	6,71
		EURO-IV	8,14	5,61	5,06	6,38
		EURO-V	8,14	5,61	5,06	6,38
Camió	<7.5t	EURO-0	4,18	3,52	3,74	3,74
		EURO-I	3,41	2,97	3,30	3,19
		EURO-II	3,19	2,75	3,08	2,97
		EURO-III	3,19	2,86	3,08	2,97
		EURO-IV	2,97	2,53	2,75	2,75
		EURO-V	2,97	2,53	2,75	2,75
	7.5-16t	EURO-0	7,15	5,94	5,61	6,16
		EURO-I	6,27	5,17	4,95	5,50
		EURO-II	6,05	4,84	4,62	5,17
		EURO-III	6,27	4,73	4,62	5,28
		EURO-IV	5,83	4,29	4,07	4,84
		EURO-V	5,83	4,29	4,07	4,84
	16-32t	EURO-0	11,66	9,13	8,03	9,35
		EURO-I	10,67	8,47	7,48	8,80
		EURO-II	10,34	8,14	7,04	8,58
		EURO-III	10,67	7,92	6,82	8,36
		EURO-IV	9,79	7,15	6,05	7,70
		EURO-V	9,79	7,15	6,05	7,70
	>32t	EURO-0	14,52	11,44	9,90	11,44
		EURO-I	13,31	10,56	9,02	10,45
		EURO-II	13,09	10,23	8,69	10,23
EURO-III		13,31	9,90	8,25	10,01	
EURO-IV		12,32	8,91	7,37	9,13	
EURO-V		12,32	8,80	7,37	9,13	

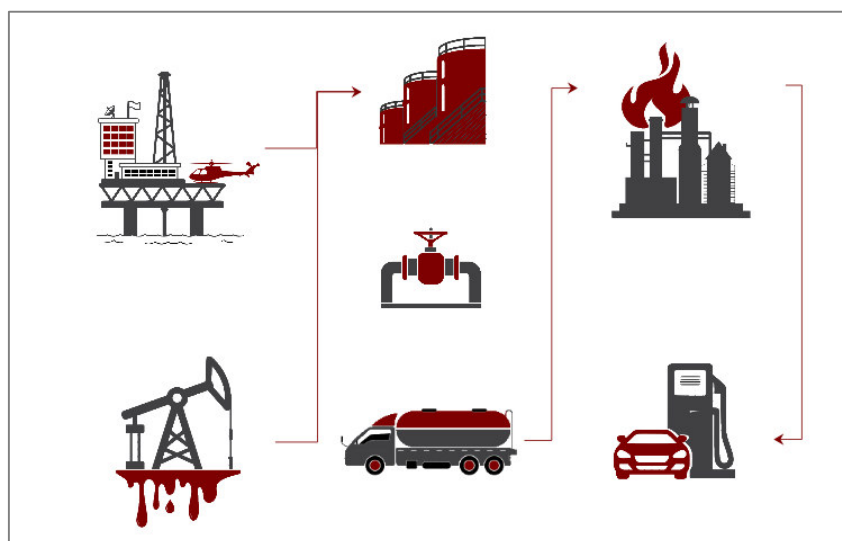
Costos marginals unitaris del canvi climàtic del transport per carretera (vehicles pesants), preus del 2018. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del "Handbook on External Costs of Transport" de la CE.

2.6. Els costos dels processos avant-post.

Els efectes indirectes derivats de la producció d'energia, vehicles i infraestructures de transport provoquen costos externs addicionals. S'ha de considerar que aquests costos es produeixen en altres mercats (per exemple, el mercat energètic) però és important tenir en compte el nivell d'internalització d'aquests mercats.

Els processos més rellevants són els següents:

- Producció energètica: la producció de tot tipus d'energia provoca despeses addicionals derivades de la producció i el transport de l'energia. Aquests impactes depenen directament de la quantitat d'energia utilitzada i del tipus de font d'energia (renovables i no renovables).
- Producció, manteniment i eliminació de vehicles: la producció, manteniment i eliminació de vehicles i material rodant provoca efectes ambientals (emissió d'aire, aigua, contaminants del sòl, gasos d'efecte hivernacle, etc.).
- Construcció, manteniment i eliminació d'infraestructures: la construcció, manteniment i eliminació d'elements d'infraestructura també comporten efectes ambientals negatius (emissió de contaminants).



Els processos avant-post en el transport. Font EEA.

La metodologia per al càlcul d'aquests costos és pràcticament la mateixa que per a les categories directes de cost extern de les operacions de transport, principalment basades en costos addicionals de contaminació atmosfèrica i canvi climàtic.

Els valors d'entrada més importants són les emissions totals d'aquests processos (per exemple, emissions de CO₂, CH₄, N₂O, PM, NO_x, SO₂, etc.), així com els factors de costos per quantitat emesa d'un determinat contaminant.

Les taules següents mostren els resultats dels anomenats processos de pre-combustió per al transport per carreteres. Les xifres de cost inclouen els costos relacionats amb el cicle del combustible i els canvis climàtics, basats en el model TREMOVE v.3.3.2.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Rural (€/vkm)	Autopista (€/vkm)	Mitjana (€/vkm)
Turisme gasolina	<1,4L	EURO-0	1,54	0,88	0,99	1,10
		EURO-1	1,32	0,88	0,88	0,99
		EURO-2	1,32	0,77	0,88	0,88
		EURO-3	1,32	0,77	0,88	0,88
		EURO-4	1,32	0,77	0,88	0,88
		EURO-5	1,32	0,77	0,88	0,88
	1,4-2L	EURO-0	1,87	1,10	1,10	1,32
		EURO-1	1,65	0,99	0,99	1,21
		EURO-2	1,65	0,88	0,99	1,10
		EURO-3	1,65	0,88	0,99	1,10
		EURO-4	1,54	0,88	0,99	1,10
		EURO-5	1,54	0,88	0,99	1,10
	>2L	EURO-1	2,09	1,21	1,32	1,54
		EURO-2	2,09	1,21	1,21	1,54
		EURO-3	1,98	1,10	0,99	1,32
EURO-4		1,98	1,10	0,99	1,32	
EURO-5		1,98	1,10	0,99	1,32	
Turisme diesel	<1,4L	EURO-2	0,77	0,55	0,55	0,66
		EURO-3	0,77	0,55	0,55	0,55
		EURO-4	0,77	0,55	0,55	0,55
		EURO-5	0,77	0,55	0,55	0,55
	1,4-2L	EURO-0	1,10	0,77	0,88	0,88
		EURO-1	1,10	0,77	0,88	0,88
		EURO-2	1,10	0,66	0,77	0,77
		EURO-3	0,99	0,66	0,77	0,77
		EURO-4	0,99	0,66	0,77	0,77
		EURO-5	0,99	0,66	0,77	0,77
	>2L	EURO-0	1,65	1,10	1,32	1,21
		EURO-1	1,43	0,99	1,21	1,10
		EURO-2	1,43	0,99	1,10	1,10
		EURO-3	1,32	0,88	0,99	1,10
		EURO-4	1,32	0,88	0,99	1,10
EURO-5		1,32	0,88	0,99	1,10	
Furgonetes	Gasolina	EURO-0	2,09	1,32	1,43	1,43
		EURO-1	1,87	1,21	1,32	1,32
		EURO-2	1,87	1,21	1,32	1,32
		EURO-3	1,87	1,21	1,32	1,32
		EURO-4	1,87	1,21	1,32	1,32
		EURO-5	1,87	1,21	1,32	1,21
	Diesel	EURO-0	1,43	1,00	1,43	1,21
		EURO-1	1,32	0,88	1,32	1,10
		EURO-2	1,32	0,88	1,21	1,10
		EURO-3	1,32	0,88	1,21	1,00
		EURO-4	1,32	0,88	1,21	1,00
		EURO-5	1,32	0,88	1,21	1,00

Costos marginals dels processos avant-pos per a turismes i furgonetes preus del 2018. Factors d'emissió: base TREMOVE 3.3.2. Els costos climàtics avaluats amb el valor central del CO₂: 90 €/tona. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del "Handbook on External Costs of Transport" de la CE.

Vehicle	Potència	EURO-Class	Urbana (€/vkm)	Rural (€/vkm)	Autopista (€/vkm)	Mitjana (€/vkm)
Autobús		EURO-I	3,63	2,75	2,53	2,97
		EURO-II	3,63	2,64	2,42	2,97
		EURO-III	3,63	2,64	2,42	2,97
		EURO-IV	3,52	2,42	2,20	2,75
		EURO-V	3,52	2,42	2,20	2,75
Camió	<7.5t	EURO-0	1,76	1,54	1,65	1,54
		EURO-I	1,43	1,32	1,43	1,32
		EURO-II	1,32	1,21	1,32	1,21
		EURO-III	1,32	1,21	1,32	1,21
		EURO-IV	1,32	1,10	1,21	1,10
		EURO-V	1,32	1,10	1,21	1,10
	7.5-16t	EURO-0	3,08	2,53	2,42	2,64
		EURO-I	2,75	2,20	2,09	2,31
		EURO-II	2,53	2,09	1,98	2,20
		EURO-III	2,64	2,09	1,98	2,20
		EURO-IV	2,53	1,87	1,76	2,09
	16-32t	EURO-V	2,53	1,87	1,76	2,09
		EURO-0	5,06	3,96	3,52	4,07
		EURO-I	4,62	3,63	3,19	3,74
		EURO-II	4,51	3,52	3,08	3,63
		EURO-III	4,62	3,41	2,97	3,63
		EURO-IV	4,29	3,08	2,64	3,30
	>32t	EURO-V	4,29	3,08	2,64	3,30
		EURO-0	6,27	4,95	4,29	4,95
		EURO-I	5,72	4,62	3,85	4,51
		EURO-II	5,61	4,40	3,74	4,40
EURO-III		5,72	4,29	3,52	4,29	
EURO-IV		5,28	3,85	3,19	3,96	
		EURO-V	5,39	3,85	3,19	3,96

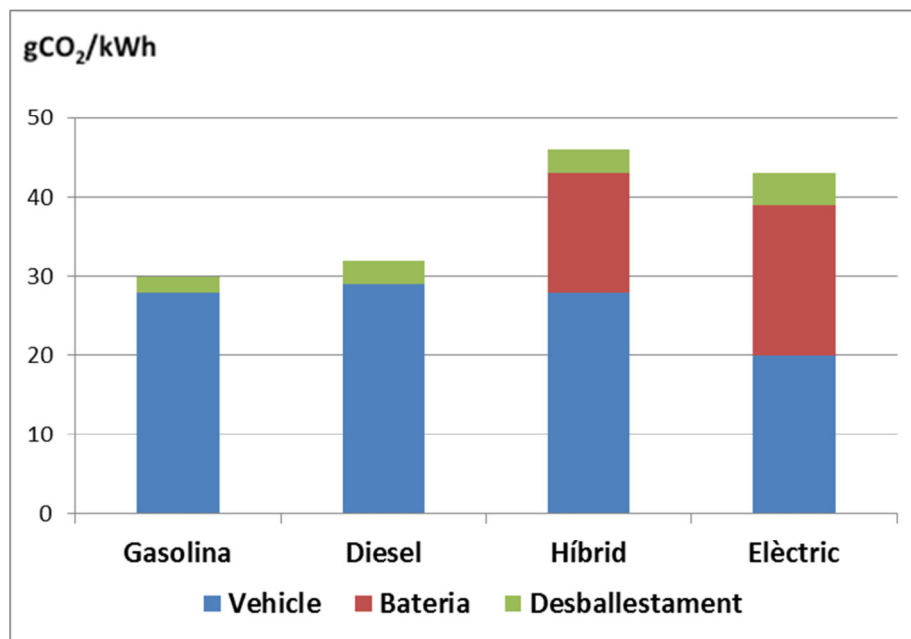
Costos marginals dels processos avant-pos per a camions i autobusos preus del 2018. Factors d'emissió: base TREMOVE 3.3.2. Els costos climàtics avaluats amb el valor central del CO2: 90 €/tona. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades del "Handbook on External Costs of Transport" de la CE.

Els altres costos avant-post del transport, com ara els costos de construcció, conservació i eliminació de les infraestructures de transport, així com la fabricació, manteniment i desballestament dels vehicles, segons diversos estudis (per exemple INFRAS / IWW any 2004) es mostra que la proporció d'aquests costos per al transport per carretera és d'entre el 30 i el 40% del total dels costos externs dels processos avant-post.

Les emissions de fabricació d'un vehicle depenen de molts factors com: quins materials s'utilitzen, l'origen d'aquests materials, les tecnologies incorporades als processos de fabricació, les necessitats de transport de materials i el tipus d'energia utilitzada en cada etapa de la producció.

En aquest aspecte, el vehicle elèctric genera unes emissions superiors al vehicle tradicional de combustió interna. Per a una bateria Tesla 85 kWh que pesi al voltant de 550 kg, la bateria representaria 6 tones d'emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Tot i això, els estalvis derivats de la conducció d'un vehicle elèctric retornaran molt ràpidament les emissions derivades de la fabricació de tot el vehicle. Un primer càlcul estableix que la recuperació es produiria després d'uns 55.000 quilòmetres.



Gràfic comparatiu de les emissions procedents de les pràctiques de fabricació convencionals per a un turisme de combustió i un turisme elèctric. Font: TESLA.

Tot i això, els estalvis derivats de la conducció d'un vehicle elèctric retornaran molt ràpidament les emissions derivades de la fabricació de tot el vehicle. Un primer càlcul estableix que la recuperació es produiria després d'uns 55.000 quilòmetres.

A partir diferents dades recollides per als vehicles elèctrics que es troben actualment al mercat, es comparen les emissions de GEH de vehicles amb motors tèrmics o elèctrics per al 2020 a la taula següent:

Emission GEH	Vehicle elèctric	Vehicle Diesel	Vehicle gasolina
Fabricació i desballestament	42	30	29
Recarga de bateria o carburant	29 a 59	53 a 85	48 a 107
TOTAL	71 à 101	83 à 115	77 à 136

Comparació d'emissions de gasos d'efecte hivernacle procedents de vehicles elèctrics o tèrmics per al 2020 utilitzant l'enfocament marginal. Font: Elaboració pròpia en base a dades de L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe)

Aquests resultats s'han de prendre amb precaució, ja que estan determinats en gran mesura per la barreja en la tecnologia dels vehicles elèctrics existent en l'actualitat i la diversitat de les fonts productores d'energia elèctrica.

Des d'aquest punt de vista, en absència d'una forta política de reducció del consum genèric d'electricitat en la resta dels sectors econòmics del país, i sense el desenvolupament d'una electricitat basada en les energies renovables, el desplegament del vehicle elèctric no implica necessàriament una reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle del sector del transport.

2.7. 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	0,11	0,11	0,33	0,22
Turisme	0,22	0,33	0,88	0,55
Autobús	0,88	1,54	2,97	2,20
Furgoneta < 3,5t	0,33	0,55	1,32	0,77
Camió 3,5 - 7,5 t, 2 eixos	0,00	0,00	0,44	0,11
Camió 7,5 - 12 t, 2 eixos	0,66	1,10	9,02	1,65
Camió 12 - 18 t, 2 eixos	1,76	2,97	23,65	4,29
Camió 18 - 26 t, 3 eixos	2,42	3,96	31,79	5,72
Camió 26 - 32 t, 4 eixos	3,08	5,06	40,37	7,26
Camió 26 - 32 t, 5 eixos	1,65	2,75	22,11	3,96
Camió 32 - 40 t, 5 eixos	3,63	6,16	49,06	8,80
Camió 32 - 40 t, 6 eixos	2,20	3,63	29,37	5,28
Camió 40 - 50 t, 8 eixos	2,31	3,85	30,91	5,50
Camió 40 - 50 t, 9 eixos	1,76	2,97	23,65	4,18
Camió 50 - 60 t, 8 eixos	4,84	8,14	65,23	11,66
Camió 50 - 60 t, 9eixos	3,52	5,83	46,53	8,36
Camió 40 t, 8 eixos	1,65	2,64	21,34	3,85
Camió 40 t, 9 eixos	1,32	2,20	17,16	3,08
Camió 44 t, 5 eixos	8,69	14,41	115,50	20,68
Camió 44 t, 6 eixos	4,73	7,92	63,47	11,33

Costos marginals il·lustratius d'infraestructures en € ct / vkm per al 2018. 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.

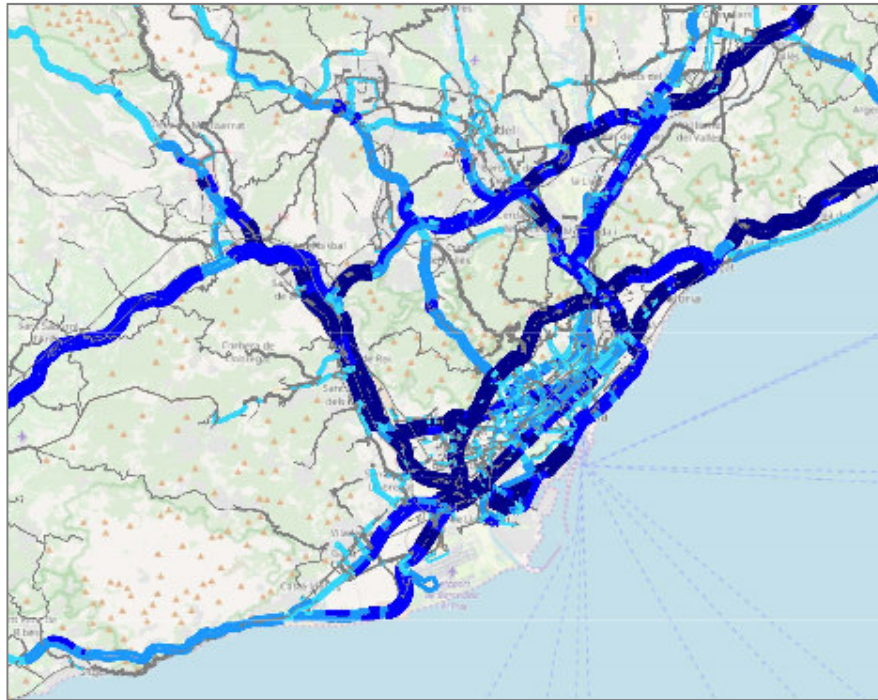
A tal efecte, es suposa que les característiques tècniques de les carreteres són les mateixes a tots els països, fet que suposa una hipòtesi bastant raonable

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.

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

3.1. 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	Milions de veh.km anuals en congestió	Costos externs mitjans unitaris de congestió (€ct/vkm)	Costos externs de congestió (M€)
Turisme	62.183	497	127	632
Motocicleta	3.042	24	0	0
Autobús	1.898	15	318	48
Furgoneta	2.113	17	185	31
Camió lleuger	1.759	14	241	34
Camió pesant	4.358	35	368	128
TOTAL				874

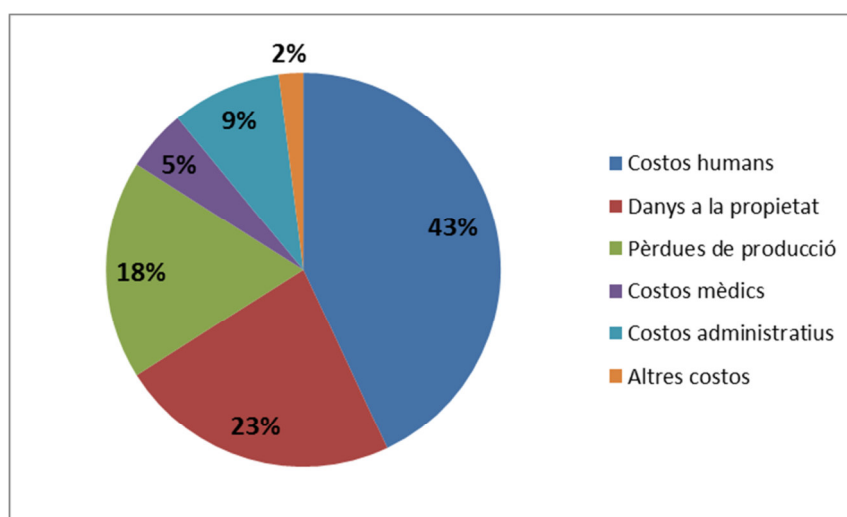
Càlcul dels costos de congestió a Catalunya Font: Elaboració pròpia.

3.2. 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	62.183	1,56	970
Motocicleta	3.042	21,13	643
Autobús	1.898	0,23	4
Furgoneta	2.113	1,42	30
Camió lleuger	1.759	1,28	23
Camió pesant	4.358	0,93	41
TOTAL	75.353		1.710

Càlcul dels costos externs dels accidents a Catalunya Font: Elaboració pròpia.

3.3. 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).

Els contaminants atmosfèrics també tenen un efecte negatiu sobre l'entorn, ja siguin les edificacions, els ecosistemes o els conreus.

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.



Zones de protecció especial de l'ambient atmosfèric. Font: Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya.

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 límits legiscats per la UE de dos contaminants: el diòxid de nitrogen (NO2) i les partícules en suspensió (PM10).

Tipus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Milions de veh.km anuals en zona urbana i periurbana	Milions de veh.km anuals en zona interurbana	Costos externs unitaris de la contaminació atmosfèrica en zona urbana i periurbana (€ct/vkm)	Costos externs unitaris de la contaminació atmosfèrica en zona interurbana (€ct/vkm)	Costos externs de la contaminació atmosfèrica M€
Turisme	62.183	14.254	47.929	1,92	0,83	671
Motocicleta	3.042	2.165	877	1,25	0,64	33
Autobús	1.898	1.159	739	10,78	5,77	168
Furgoneta	2.113	1.239	874	3,12	1,09	48
Camió lleuger	1.759	879	880	7,19	3,42	93
Camió pesant	4.358	523	3.835	29,12	11,52	594
TOTAL	75.353	20.219	55.134			1.607

Càlcul dels costos externs de la contaminació atmosfèrica a Catalunya Font: Elaboració pròpia.

3.4. 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 de l'Handbook.

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	Milions de veh.km anuals en zona urbana i periurbana	Milions de veh.km anuals en zona interurbana	Costos externs unitaris del soroll en zona urbana i periurbana (€/vkm)	Costos externs unitaris del soroll en zona interurbana (€/vkm)	Costos externs del soroll M€
Turisme	62.183	10.354	51.829	1,14	0,01	123
Motocicleta	3.042	2.165	877	3,73	0,10	82
Autobús	1.898	956	942	8,81	0,14	86
Furgoneta	2.113	1.239	874	7,35	0,09	92
Camió lleuger	1.759	679	1.080	10,23	0,12	71
Camió pesant	4.358	323	4.035	16,23	0,26	63
TOTAL	75.353	15.716	59.637			516

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

3.5. Els costos del canvi climàtic.

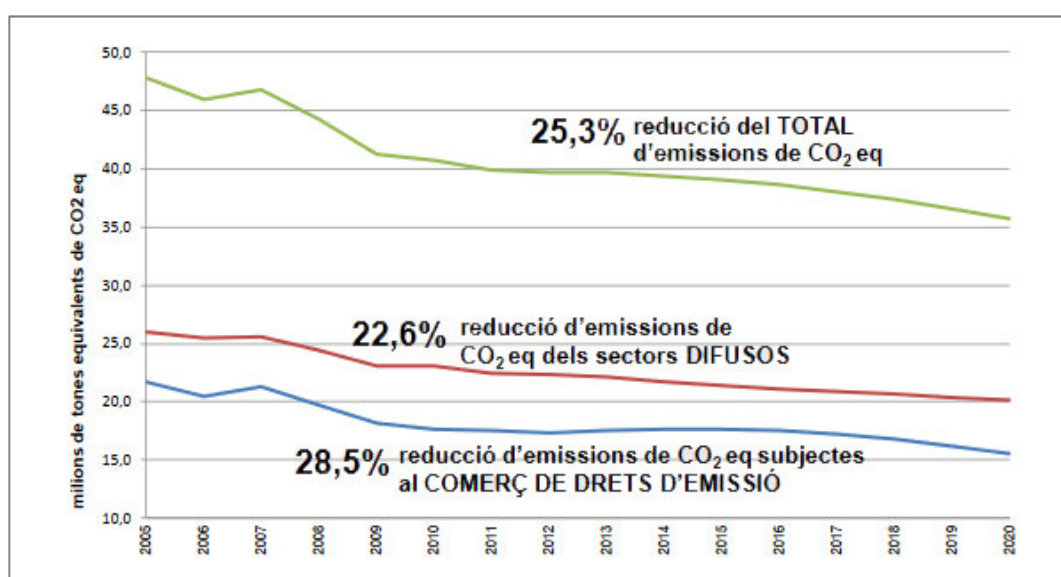
Per tal d'avaluar els costos del canvi climàtic s'han considerat les emissions de CO₂, en tones/any de cada mode de transport (turisme, motocicleta, autobús, mercaderies per carretera).

Es preus unitaris per tona emesa, han estat els indicats al Handbook, 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.

Tipus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Costos externs unitaris mitjans del canvi climàtic (€ct/vkm)	Costos externs del canvi climàtic M€
Turisme	62.183	1,58	982
Motocicleta	3.042	1,13	34
Autobús	1.898	6,12	116
Furgoneta	2.113	1,94	41
Camió lleuger	1.759	3,54	62
Camió pesant	4.358	8,16	356
TOTAL	75.353		1.592

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

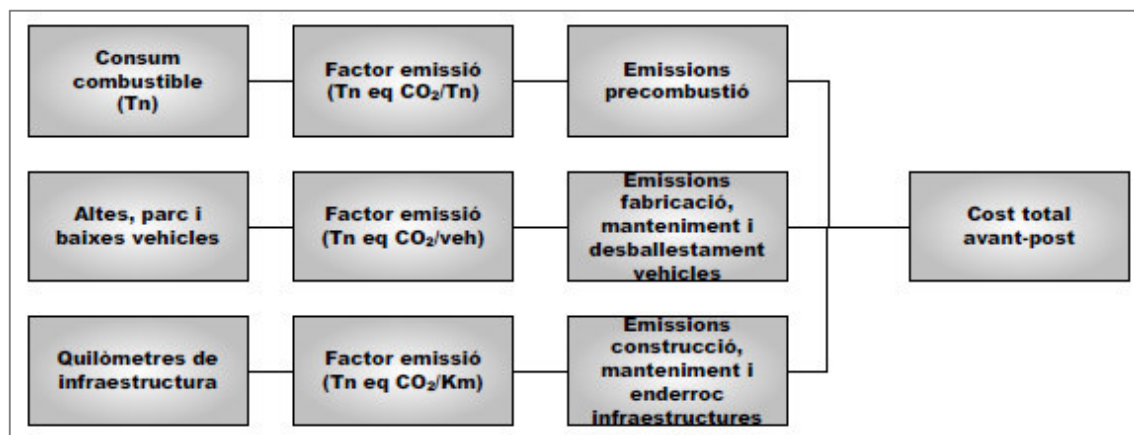
Cal recordar la contribució de Catalunya al compromís espanyol integrat en l'objectiu de la UE en matèria d'emissions de gasos precursors de l'efecte hivernacle a l'horitzó de l'any 2020: reducció d'un 25,3% de les emissions totals de gasos precursors de l'efecte hivernacle degut a l'energia en relació 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

3.6. Els costos dels processos avant-post.

Les externalitats derivades dels processos avant-post inclouen les emissions indirectes del sistema de mobilitat i transport degudes als processos industrials necessaris pel seu funcionament. Es considera doncs l'impacte d'aquests processos industrials en termes de canvi climàtic (emissions de gasos d'efecte hivernacle – GEH).



Esquema de càlcul del cost relatiu als processos avant-post. Font: ATM Barcelona

Així doncs, els costos contemplats són els següents:

- Precombustió: inclou les emissions necessàries pels processos d'extracció, transport i producció dels carburants consumits pels vehicles
- Fabricació, manteniment i desballestament de vehicles: representen les emissions indirectes de tot el cicle de vida dels vehicles a més dels costos de desballestament i reciclatge dels vehicles.
- Construcció, manteniment i enderroc d'infraestructures: es tracta de les emissions totals durant tota la vida de les infraestructures de transport.

Finalment, el cost extern associat a les actuacions avant-post és la suma dels costos associats als processos de fabricació de vehicles, construcció d'infraestructures i l'abocament del residu no recuperable.

Típus de vehicle	Milions de veh.km anuals	Costos externs unitaris mitjans dels processos avant-post (€/t/vkm)	Costos externs dels processos avant-post M€
Turisme	62.183	0,92	572
Motocicleta	3.042	0,68	21
Autobús	1.898	2,75	52
Furgoneta	2.113	1,32	28
Camió lleuger	1.759	1,54	27
Camió pesant	4.358	4,29	187
TOTAL	75.353		887

Càlcul dels costos externs dels processos avant-post a Catalunya Font: Elaboració pròpia.

3.7. Els costos de les infraestructures.

En aquest apartat, es distingeixen els costos que provenen d'inversions en construcció dels de 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 (costos a llarg termini), la construcció és una decisió avaluada prèviament mitjançant l'anàlisi Cost-Benefici de la inversió corresponent, que no afecta en l'àmbit de l'operació i l'eficiència del sistema de transport i mobilitat. Donat que la infraestructura ja construïda té períodes d'amortització molt llargs respecte els altres (al menys 30 anys per la infraestructura viària) el seu valor té poca influència dins dels costos d'operació. Tot i això, sobre aquests costos es penalitza els turismes amb l'objectiu de considerar el sobre-dimensionament de les carreteres causat pel gran nombre de vehicles d'aquest tipus que hi circulen.

Pel que fa a les inversions en manteniment (costos a curt i mitjà termini), el manteniment de la xarxa viària és un cost necessari per a l'operació de la xarxa. Per tant, aquests costos han de computar en l'obtenció dels costos totals de cada mode com a costos de manteniment i inversió a mitjà termini. Aquí el pes dels vehicles és una variable determinant en el desgast de les infraestructures, i per tant, es fa una ponderació dels vehicles-quilòmetre tenint en compte el pes mitjà per categories de vehicles (turismes, motocicletes, comercials lleugers, pesants i autobusos).

El cost de les infraestructures de peatge s'obté de la recaptació per categoria de vehicle, multiplicant l'IMD de cada tipus de vehicle per la tarifa corresponent i per diferents trams d'autopista. El cost del concessionari es pot obtenir restant de la recaptació calculada el benefici de les concessionàries. Aquest valor resulta elevat ja que les concessions estan en fase final, havent amortitzat ja la inversió inicial.

Cal remarcar que l'objectiu és analitzar els costos d'operació de la xarxa viària. Així doncs, seguint les consideracions adoptades els costos externs de les infraestructures a Catalunya es poden veure a la taula següent:

Tipus de vehicle	Millions de veh.km anuals	Costos externs unitaris mitjans de les infraestructures (€ct/vkm)	Costos externs de les infraestructures M€
Turisme	62.183	0,55	342
Motocicleta	3.042	0,22	7
Autobús	1.898	2,20	42
Furgoneta	2.113	0,77	16
Camió lleuger	1.759	4,29	75
Camió pesant	4.358	13,66	595
TOTAL	75.353		1.077

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

3.8. 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	Milions de veh.km	Costos externs de congestió	Costos externs dels accidents	Costos externs de la contaminació atmosfèrica	Costos externs del soroll	Costos externs del canvi climàtic	Costos processos avant-post	Costos marginals infra-estructura	Total costos externs
		M€	M€	M€	M€	M€	M€	M€	M€
Turisme	62.183	756	970	671	123	982	572	342	4.417
Motocicleta	3.042	0	643	33	82	34	21	7	819
Autobús	1.898	34	4	137	86	97	52	42	452
Furgoneta	2.113	58	30	48	92	41	28	20	317
Camió lleuger	1.759	61	23	111	73	80	45	93	485
Camió pesant	4.358	245	41	594	69	399	273	682	2.304
TOTAL	75.353	1.154	1.710	1.594	525	1.634	990	1.186	8.794

Càlcul dels costos externs del transport a Catalunya Font: Elaboració pròpia.

En les estructures de costos externs no s'han incorporat altres efectes que les infraestructures viaries tenen sobre els ecosistemes, la fauna i la flora: limitant hàbitats naturals, alterant les dinàmiques hidrològiques i els processos naturals, contaminant els voltants amb substàncies químiques i soroll, provocant un efecte barrera per a la fauna i la flora, etc.

La valoració econòmica dels efectes sobre la biodiversitat i el paisatge contemplaria dos tipus d'efectes: els provocats per a la provisió de la infraestructura (efecte barrera, disminució de la qualitat del paisatge i pèrdua de biòtops) i els efectes derivats de la utilització de la infraestructura (Contaminació de sòl i aigua). No obstant això, atès que no existeix cap estudi d'aquest tipus, la metodologia seria la valoració segons el cost de reposició, és a dir, mitjançant l'estimació dels costos necessaris perquè la xarxa actual de transport millori fins a un nivell acceptable o neutre des del punt de vista ambiental. Aquesta feina requereix d'un estudi detallat per a cada infraestructura del transport situada al territori català.

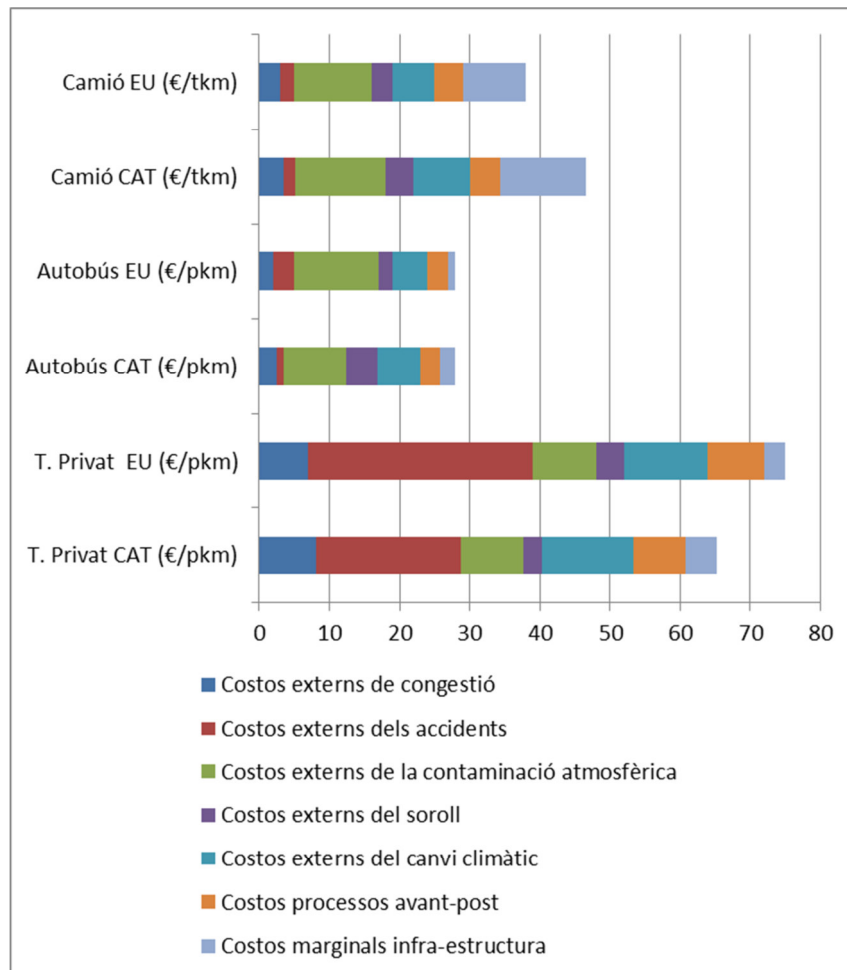
L'estimació de costos externs totals del transport a Catalunya es situa per sota de la mitjana europea, tot i que la mobilitat global és superior.

Costos externs del transport	T. Privat CAT (c€/pkm)	T. Privat EU (c€/pkm)	Autobús CAT (c€/pkm)	Autobús EU (c€/pkm)	Camió CAT (c€/tkm)	Camió EU (c€/tkm)
Congestió	8,5	7,2	3,1	2,4	3,6	2,8
Accidents	20,8	31,5	0,9	2,5	2,1	2,3
Contaminació atmosfèrica	9,1	8,8	7,9	6,5	13,1	11,2
Soroll	3,2	3,8	5,1	3,4	4,5	3,8
Canvi climàtic	13,6	12,4	5,8	5,2	8,9	6,1
Processos avant-post	7,5	7,4	3,2	2,9	4,2	4,5
Infraestructura	4,2	3,8	2,2	1,9	12,4	9,8
TOTAL COSTOS EXTERNES	66,9	74,9	28,2	24,8	48,8	40,5

Costos externs del transport. Comparativa Catalunya i Unió Europea. Font: Elaboració pròpia amb dades de la Comissió Europea.

Aquesta diferència obeeix, entre d'altres, als següents factors:

- La sinistralitat a les carreteres és inferior a la mitjana europea: la taxa d'accidentalitat per passatger-km és un 35% més baixa. Això, lògicament, disminueix els costos per accidents.
- L'important pes del transport de mercaderies per carretera al territori: la taxa de circulació de camions per cada mil habitants supera en un 30% a la mitjana comunitària, la qual cosa eleva els costos per contaminació de l'aire i congestió principalment.



Costos externs del transport. Comparativa Catalunya i Unió Europea. Font: Elaboració pròpia amb dades de la Comissió Europea.

En termes relatius, la valoració econòmica dels costos externs a Catalunya representa un 3,7% del PIB, se situant-se per sota de la mitjana europea (3,96% del PIB).

Els costos externs per càpita a Catalunya s'estimen en 1.102 €, per sota de l'Estat espanyol (1.197 €) i també de la mitjana europea (1.321 €).

Davant aquestes xifres, 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 transfronterer. A més, el 55% de les relacions entre la Península Ibèrica i Europa passa per Catalunya.

4. Els costos interns del transport per carretera a Catalunya.

Els costos interns són els costos suportats pels usuaris del transport i comprenen els següents tipus de costos:

- a) Costos d'operació per ús.
 - Costos d'energia (combustibles o energia elèctrica)
 - Costos de lubricants, pneumàtics i altres aprovisionaments
 - Costos de personal de conducció
 - Costos de manteniment i reparació
 - Aparcaments en destinació
 - Peatges
 - Multes
 - Tarifes
- b) Costos d'operació fixes.
 - Amortització de vehicles
 - Assegurances
 - Impostos i taxes
 - Estructura i administració
 - Aparcaments en origen
- c) Costos de temps en situació de no-congestió.
 - Temps accés a la xarxa i enllaç
 - Temps espera
 - Temps de recorregut

Costos	Turisme (€ct/vkm)	Motocicleta (€ct/vkm)	Autobús (€ct/vkm)	Furgoneta (€ct/vkm)	Camió lleuger (€ct/vkm)	Camió pesant (€ct/vkm)
Combustible	8,82	5,05	39,42	7,85	16,51	32,68
Lubricants	0,55	0,22	2,83	0,63	1,98	2,65
Pneumàtics i altres aprovisionaments	0,82	2,05	2,63	0,96	1,26	2,38
Personal	---	---	148,36	98,35	106,24	125,67
Manteniment i reparacions	2,92	1,86	13,42	3,34	7,25	9,86
Aparcament en destinació	6,14	1,26	---	---	---	---
Peatges	1,01	0,14	1,73	1,05	1,26	1,58
Multes	0,82	1,56	0,64	0,69	0,87	0,94
Amortització	10,51	5,26	32,26	8,59	26,12	35,29
Assegurances	3,05	6,14	39,64	3,59	20,12	35,68
Impostos i taxes	0,14	0,32	3,63	0,21	0,89	2,94
Estructura i administració	---	---	17,82	1,25	5,32	8,94
Aparcament en origen	4,32	1,21	---	---	---	---
Temps accés a la xarxa i enllaç	---	---	66,25	---	---	---
Temps d'espera	---	---	28,56	---	---	---
Temps de recorregut	23,25	12,42	140,28	---	---	---
TOTAL	62,35	37,49	537,47	126,51	187,82	258,61

Costos interns unitaris del transport. Font: Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat 2014. ATM Àrea de Barcelona.

El temps és un dels costos més grans del transport de viatgers. Tot i que una part del temps de viatge té costos nuls o fins i tot negatius (la gent està disposada a gastar cert temps viatjant), la major part del temps de viatge representa un cost elevat per a l'usuari. Aquest cost per temps en situació de no congestió no s'aplica al transport de mercaderies, donat que ja està inclòs en les despeses de personal de conducció.

Els total dels costos interns del transport ascendeix a uns 67.000 milions d'euros tal i com es pot veure en la taula següent:

Tipus de vehicle	Milions de veh.km	Costos interns unitaris (€ct/vkm)	Total costos interns M€
Turisme	62.183	62,35	38.771
Motocicleta	3.042	37,49	1.140
Autobús	1.898	537,47	10.201
Furgoneta	2.113	126,51	2.673
Camión lleuger	1.759	187,82	3.304
Camión pesant	4.358	258,61	11.270
TOTAL	75.353		67.360

Costos interns del transport a Catalunya. Font: Elaboració pròpia en base al Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat 2014 ATM Àrea de Barcelona.

Cal recordar, però que una part dels costos interns correspon, en major o menor grau, a la fiscalitat que s'aplica a aquest mode de transport: impostos sobre els carburants d'automoció, impost de matriculació, impost sobre vehicles de tracció mecànica o peatges sobre determinades vies d'alta capacitat.

A la taula següent es poden veure els ingressos recaptats per aquests conceptes per les diferents Administracions i concessionàries de vies de peatge, i que ascendeix a una quantitat de 4.400 milions d'euros per a la totalitat de Catalunya.

Tipus de vehicle	Milions de veh.km	Impostos al combustible		Peatges		Impost sobre vehicles de tracció mecànica.		Impost de matriculació		TOTAL
		(€ct/vkm)	M€	(€ct/vkm)	M€	(€ct/vkm)	M€	(€ct/vkm)	M€	
Turisme	62.183	3,53	2.194	1,01	628	0,11	68	0,03	19	2.909
Motocicleta	3.042	2,02	61	0,14	4	0,25	8	0,07	2	75
Autobús	1.898	15,77	299	1,73	33	2,90	55	0,73	14	401
Furgoneta	2.113	3,14	66	1,05	22	0,16	3	0,05	1	93
Camión lleuger	1.759	6,60	116	1,26	22	0,71	12	0,18	3	154
Camión pesant	4.358	13,07	570	1,58	69	2,35	102	0,59	26	767
TOTAL	75.353		3.307		778		249		65	4.399

Ingressos a les Administracions i concessionàries de vies de peatge a Catalunya per par del transport per carretera. Font: Elaboració pròpia.

5. Conclusions.

Tenint en compte els costos exposats en els apartats anteriors (interns i externs), resulten finalment els següents costos totals:

Tipus de vehicle	Milions de veh.km	Total costos interns M€	Total costos externs M€	Costos externs / costos totals %
Turisme	62.183	38.771	4.417	10,2%
Motocicleta	3.042	1.140	819	41,8%
Autobús	1.898	10.201	452	4,2%
Furgoneta	2.113	2.673	317	10,6%
Camió lleuger	1.759	3.304	485	12,8%
Camió pesant	4.358	11.270	2.304	17,0%
TOTAL	75.353	67.360	8.794	11,5%

Comparativa entre costos interns i externs del transport a Catalunya. Font: Elaboració pròpia en base al Handbook on External Costs of Transport 2014 i al Seguiment i actualització dels costos socials i ambientals de la mobilitat 2014 ATM Àrea de Barcelona.

De la taula anterior es dedueix que els costos interns representen un 88,5% del conjunt dels costos totals del transport per carretera a Catalunya.

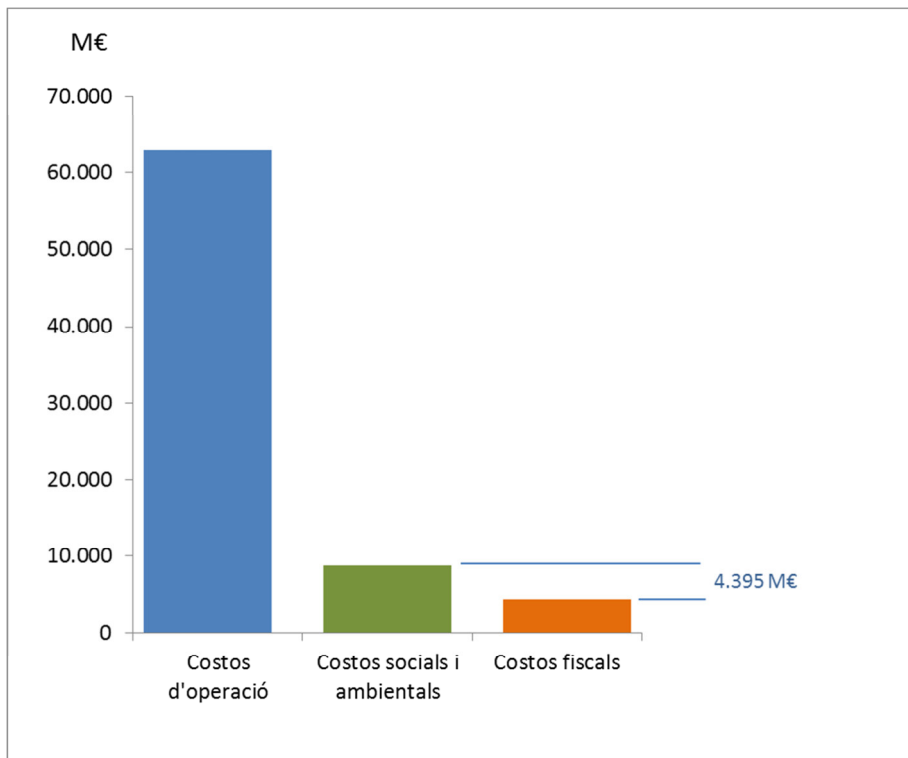
També es pot observar que el transport col·lectiu de viatgers és el que produeix els menors costos externs, destacant l'autobús interurbà.

Com a resum, els costos totals del transport a Catalunya per a l'any 2018 ascendeixen a la quantitat de 76 milers de milions d'euros, dels quals, 9 corresponen als costos externs suportats per la societat en el seu conjunt, tot i que 4,5 són assumits pel sector del transport en forma d'impostos, taxes i peatges, tal i com es pot veure a la taula següent:

Tipus de vehicle	Total costos interns		Total costos externs M€	Costos totals M€
	Operacions M€	Fiscals M€		
Turisme	35.862	2.909	4.417	43.189
Motocicleta	1.065	75	819	1.959
Autobús	9.800	401	452	10.653
Furgoneta	2.580	93	317	2.990
Camió lleuger	3.150	154	485	3.789
Camió pesant	10.504	767	2.304	13.574
TOTAL	62.961	4.399	8.794	76.154

Quadre resum dels costos del transport per carretera a Catalunya. Font: Elaboració pròpia.

Analitzant els resultats de la taula anterior, veiem que existeix una diferència de 4,4 milers de milions d'euros entre els costos externs del transport per carretera i la fiscalitat que suporten els seus usuaris.



Costos del transport per carretera a Catalunya. Diferència entre la fiscalitat i els costos externs del transport per carretera. Font: Elaboració pròpia.

Quan parlem d'internalitzar els costos externs del transport, es tracta d'establir un marc de preus justos per al transport per carretera mitjançant mecanismes de progrés econòmic que respectin els ecosistemes naturals i la qualitat de vida dels ciutadans, de manera que sigui beneficiós per a la societat en el seu conjunt.

Els principals instruments econòmics amb els quals es poden internalitzar els costos externs són la fiscalitat, els peatges i el comerç de drets d'emissió de CO₂. No obstant això, cada cost extern té característiques específiques que exigeixen la utilització d'instruments econòmics adaptats.

Alguns dels costos externs estan lligats a la utilització de la infraestructura, varien en funció del moment i del lloc d'aquesta utilització, i tenen una marcada dimensió local (la congestió del trànsit, el soroll i els accidents, la contaminació atmosfèrica). D'altres deriven de la pròpia utilització del vehicle, independentment de la via per la que circuli (és el cas dels accidents, les emissions de GEH o els efectes avant-post). L'aplicació de tarifes diferenciades és la millor manera de tenir en compte aquestes variacions.

Els impostos sobre els combustibles tendeixen a ser regressius, és a dir constitueixen una proporció més gran de la renda per a la població amb nivells d'ingressos més baixos que per a la dels nivells més alts.

Els impostos sobre els vehicles, ja siguin d'un sol cop o anuals, també influeixen sobre la possessió d'automòbils, les característiques de la flota i la intensitat del trànsit, que poden ser diferents segons sigui el nivell de renda de l'usuari.

Les taxes sobre l'ús de les vies públiques es presenten sovint com a una solució determinats problemes en el sector del transport. D'una banda, el finançament de determinades infraestructures així com la seva conservació i manteniment. D'altra, al cobrar un preu adequat, podem obtenir el nivell de trànsit apropiat. Per exemple, els preus es poden utilitzar per reduir les congestions de trànsit, ja que els preus més alts reduiran la demanda i la s'equilibraran amb l'oferta disponible d'infraestructura de transport (almenys a curt termini).

A la UE no hi ha un enfocament comú sobre la tarifació del sistema de transport per carretera. Les polítiques dels diferents estats membres en relació amb els impostos sobre la compra o les taxes anuals sobre els vehicles i amb els impostos sobre els combustibles varien molt segons les preferències i prioritats de cada un dels estats.

En la majoria dels casos, els ingressos procedents dels impostos s'utilitzen per cobrir els dèficits pressupostaris o per finançar la construcció o el manteniment de les infraestructures de carreteres. Els impostos ecològics com a tals, no existeixen de forma generalitzada. El principal problema amb la majoria dels impostos sobre els vehicles i sobre els combustibles és que tracten de la mateixa manera a tots els tipus d'usuaris; per exemple, graven d'una mateixa manera les activitats del transport ja siguin rurals o urbanes, en hores punta o vall.

Pel que fa a les taxes sobre l'ús de les vies públiques, la posició de la Comissió Europea sobre un marc de preus adequat, el programa de treball i la implementació gradual d'una reforma de tarifes està descrita en el Llibre Blanc de 1998 "Pagament just per l'ús d'Infraestructures".

Així mateix, el manteniment i la renovació de la xarxa viària mostra actualment senyals d'alerta. En un context de manca de recursos pressupostaris de les administracions públiques i la prioritització de la despesa social, la inversió en infraestructures s'ha situat en uns valors testimonials. A més, la xarxa viària actual s'haurà d'adaptar a la imminent arribada del vehicle autònom, que comportarà la necessitat de realitzar importants inversions addicionals per tal d'incorporar sensors que dotin d'intel·ligència i seguretat a les nostres carreteres.

D'altra banda, la Comissió Europea, que ha invertit grans quantitats de diners en la construcció de la Xarxa Transeuropea de Transport (TEN-T, en anglès), davant la constatació dels pocs recursos que els Estats membres de la UE destinen al manteniment i a l'extensió de la xarxa viària, va prendre diverses mesures per fer-hi front. Entre d'altres mesures, ha desenvolupat un instrument (regulat en successives Directives) per a l'obtenció d'ingressos econòmics suficients, amb mètodes i criteris d'uniformitat entre els Estats, mitjançant l'aplicació del principi de la recuperació dels costos que generen els usuaris.

L'actual sistema de peatges presenta una sèrie de disfuncionalitats que cal superar: sobre ús de les carreteres comarcals i nacionals generant problemes de seguretat viària i congestió, construcció d'autovies en paral·lel a autopistes que són al mateix temps subvencionades per pèrdua de volums de trànsit, desequilibris territorials, etcètera. En aquest sentit la "vinyeta catalana" pot donar solucions a curt termini, tot i que possiblement caldran altres mesures d'acompanyament o transformacions posteriors.

Referències Bibliogràfiques.

Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final Report. 2014. de la direcció General de Mobilitat i Transport de la Comissió Europea.

Pla Director de Mobilitat de la regió metropolitana de Barcelona. Annex 8: Costos socials i ambientals del transport. 2015. 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.