



Oriol Travasset i Baró

Investigador de
l'Observatori de la
Sostenibilitat d'Andorra i
doctorand al Laboratori de
Mesura i Modelització de la
Sostenibilitat de la
Universitat Politècnica de
Catalunya



Oriol Travasset i Baró

Una visió energètica del sector del transport a Andorra: present i futur

1 Transport i energia: context actual

El transport és el principal consumidor d'energia d'Andorra (50% de l'energia final el 2013) i el contribuent més gran a les emissions de CO₂ del país. És, també, el principal responsable de la important dependència energètica del Principat, a causa de la seva supeditació als combustibles fòssils (100% importats). L'alta dependència energètica d'Andorra (96% de l'energia és importada) representa un risc important per a la seguretat energètica del país, a més de suposar una forta càrrega per a l'economia, perquè el cost de les importacions de carburants de locomoció ja supera els 100 milions d'euros anuals.

L'elevat pes del sector del transport dins del sistema energètic andorrà posa de manifest l'interès en l'anàlisi i l'avaluació de polítiques en aquest àmbit, destinades a la transició cap a un model energètic menys dependent de matèries finites i contaminants, i, en definitiva, cap a un model més sostenible.

En aquesta conferència s'exposa un exemple de modelització energètica aplicada en el sector del transport i es mostra l'interès i el potencial d'aquesta eina en l'avaluació de polítiques energètiques.

2 Modelització energètica

La modelització consisteix a representar de forma simplificada la realitat que ens envolta. Aquest procés pot ser aplicat a un gran nombre d'àmbits, i la seva finalitat és descriure quantitativament les relacions causa-efecte d'un assumpte específic, detallant-ne els vincles i les interaccions entre els seus àmbits (Rotmans & Asselt 2003). La modelització fa possible analitzar sistemes complexos, estudiar-ne les respostes i determinar-ne els elements crítics. La forma més comuna per construir un model consisteix a descriure les relacions entre variables mitjançant equacions matemàtiques (Jackson et al. 2000).

En el cas que s'exposa en aquesta conferència, s'ha modelitzat el sistema energètic d'Andorra per caracteritzar de manera detallada el sector del transport. El model implementat permet saber els principals factors influents en el consum energètic i estimar-ne l'evolució futura. A més, permet analitzar l'impacte de possibles canvis que es puguin fer en un futur i, per tant, serveix com a eina per avaluar el potencial de polítiques energètiques en el sector del transport.

2.1 Model d'estoc del parc de turismes

Partint de les dades d'altres i d'inspeccions tècniques de vehicles efectuades des de l'any 1951 (Departament d'Indústria 2014), s'ha construït un model d'estoc del parc automobilístic d'Andorra. En una primera fase s'ha treballat únicament amb els turismes, perquè representen gairebé el 70% dels vehicles donats d'alta en l'actualitat.

La metodologia seguida en la implementació del model és la desenvolupada per H. Daly & Ó Gallachóir (2011) en el parc de turismes d'Irlanda, adaptada a les especificitats del sector del transport d'Andorra. El model utilitza com a variables explicatives l'estructura del parc automobilístic, el perfil d'activitat i l'eficiència energètica. Tal com es mostra en la fig.1, els turismes donats d'alta en l'actualitat han estat agrupats segons la seva antiguitat (any de fabricació), el combustible utilitzat (gasoil o gasolina) i la cilindrada (<1400cc, 1400cc-2000cc, >2000cc), perquè aquestes variables són determinants en el perfil d'activitat (km/any) dels vehicles, en l'eficiència energètica i, consegüentment, en les emissions contaminants. L'objectiu final del model és estimar el consum energètic del parc de turismes amb un alt nivell de desagregació de les principals variables responsables d'aquest consum (antiguitat, combustible i cilindrada). L'alt nivell de desagregació aportat per aquesta modelització ascendent permet detectar els factors principals que guien el consum i influir-hi a través d'estratègies polítiques.

A continuació es detalla el procés d'implementació dels tres grans blocs que conjuntament configuren el consum energètic total del parc de turismes: l'estoc, el perfil d'activitat i el consum energètic.

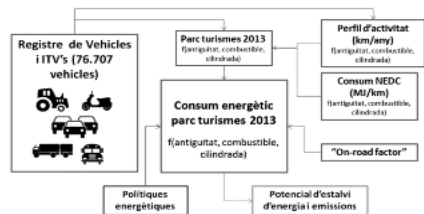


Fig. 1. Procés del desenvolupament del model d'estoc de turismes del parc automobilístic

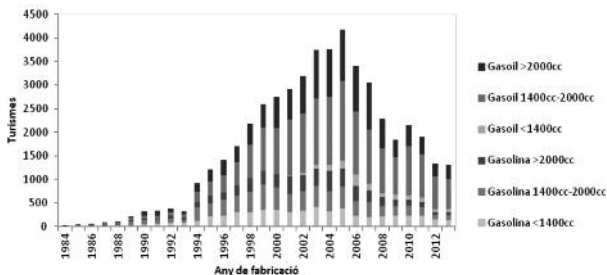


Fig. 2. Estoc del parc de turismes de l'any 2013, segons l'antiguitat, la cilindrada i el combustible

més gran en el parc actual. Aquest fet reflecteix clarament els anys de més bonança econòmica, en què les vendes de vehicles eren molt elevades, i la posterior crisi econòmica, que ha tingut una afectació molt important en el sector de l'automoció. És destacable, també, l'increment continuat dels vehicles de gasoil en detriment dels de gasolina, que actualment ja representen el 65% dels turismes del país.

Estoc de turismes

L'estructura actual del parc de turismes reflecteix les tendències de vendes de vehicles dels diferents anys. Com es pot observar en la fig. 2, els turismes de l'any 2005, així com els propers en aquesta data, són els que tenen un pes

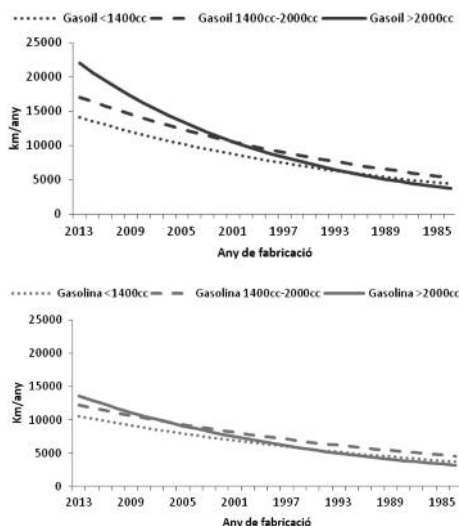


Fig. 3. Mitjana de quilòmetres anuals (any 2013) de les diferents tipologies de turismes, segons l'antiguitat, la cilindrada i el combustible.

exponencial negativa.

Els perfils d'activitat de la fig. 3 estan en la línia dels obtinguts en altres països i ens mostren un major quilometratge dels cotxes de gasoil, així com una reducció de l'activitat a mesura que els turismes envelleixen. En el cas

Perfil d'activitat

Diversos estudis existents mostren que els vehicles de diferents tipologies segueixen patrons diferents pel que fa als quilòmetres recorreguts anualment (Daly & Ó Gallachóir 2011). Els vehicles de gasoil tendeixen a recórrer més quilòmetres que els de gasolina, i a mesura que els vehicles envelleixen, redueixen la seva activitat. Per tal d'esbrinar si els patrons observats en altres territoris es compleixen a Andorra i poder caracteritzar aquests factors en el model, s'han analitzat les dades de quilometratge de les inspeccions tècniques dels vehicles realitzades l'any 2013. La fig. 3 en mostra els resultats després d'haver ajustat cada una de les corbes obtingudes mitjançant una

concret d'Andorra també observem que els turismes de més cilindrada són els que recorren més quilòmetres a l'any, però també s'aprecia que a mesura que aquests vehicles envelleixen, la caiguda de quilometratge és superior a la que experimenten els vehicles amb cilindrades més petites.

Consum energètic

L'últim bloc fonamental per modelitzar el consum energètic relacionat amb el parc de turismes s'ocupa de saber el consum específic de cada un dels vehicles del parc. Aquesta dada no està recollida en el Registre de Vehicles del Departament d'Indústria i per tant és necessari obtenir-la a través d'altres fonts. L'Agència de Certificació de Vehicles

del Regne Unit disposa d'una base de dades pública (VCA 2014) on es mostra el consum energètic (l/100 km) dels turismes registrats a la Gran Bretanya des de l'any 2000. Mitjançant aquesta base de dades i el nombre i la marca dels turismes venuts a Andorra en el període comprès entre l'any 2000 i el 2013, s'ha estimat la mitjana del consum (en MJ/km) de les diferents tipologies considerades en el model. En la fig. 4 s'hi observa l'evolució de l'eficiència energètica en funció de les característiques dels vehicles. Cal puntualitzar que les dades anteriors a l'any 2000 han estat extrapolades a partir de les tendències observades durant els anys en què s'ha disposat de dades reals.

Val a dir que les dades disponibles de consum parteixen de l'any 2000, perquè va ser el moment en què es va implantar el test de certificació europeu de consum i emissions "New European Driving Cycle" (NEDC).

Consum dels turismes en zones de muntanya

Un bon nombre d'articles científics assenyalen que el cicle de conducció NEDC, cicle legislatiu europeu utilitzat per certificar el consum i les emissions dels automòbils de la Unió Europea (UE), pot subestimar severament les pèrdues d'energia d'un vehicle en una ruta real (Smith 2010). Això s'esdevé perquè aquest cicle no té en compte certs aspectes importants com l'orografia o el disseny de la via (Burgess &

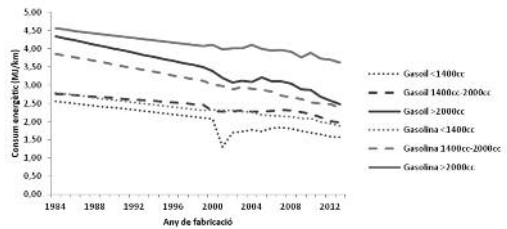


Fig. 4. Consum d'energia final de les diferents tipologies de turismes considerades en el model

Choi 2003). En aquest sentit, és de vital importància que es desenvolupin cicles de conducció representatius de cada territori per tal de poder realitzar avaluacions locals més acurades sobre el consum i les emissions dels automòbils (Tzirakis et al. 2006). Generalment, la diferència entre els consums establerts pel cicle NEDC i els consums obtinguts en condicions reals de circulació (coneguda com on-road factor) acostuma a situar-se al voltant del 20% (Fontaras & Dilara 2012). En el cas d'Andorra, on el percentatge de les carreteres és més gran que a la majoria de països de la UE, és de gran interès estudiar aquest factor més detalladament. Travesset-Baró et al. (2015) ha utilitzat Andorra com a cas d'estudi i ha analitzat el comportament energètic de vehicles convencionals i de vehicles elèctrics en una carretera de muntanya. En l'article se simulen sis escenaris que representen diferents condicions de circulació per tal de captar la influència de factors com l'orografia, la congestió de la via o l'estil de conducció, basant-se en l'escenari S2.1, que representa les condicions normals de circulació, l'on-road factor obtingut per a turismes de gasoil i gasolina és del 39,6%.

2.2 Consum energètic final del parc de turismes

Un cop caracteritzat l'estoc, el perfil d'activitat i el consum energètic de les diferents tipologies de cotxes considerades, el model calcula la demanda energètica anual del parc de turismes mitjançant l'equació 1.

$$CE = \sum_a \sum_c \sum_{cc} Estoc_{a,c,cc} \cdot Activitat_{a,c,cc} \cdot Consum_{a,c,cc} \cdot ORF \quad (1)$$

CE: consum d'energia final anual

A: antiguitat

C: combustible

CC: cilindrada

ORF: on-road factor

D'aquesta manera, els principals factors influents en el consum d'energia final poden ser analitzats per separat. La fig. 5 mostra el consum d'energia final de l'any 2013 desagregat segons els tipus de vehicles i expressat en terajoules (TJ). Si comparem aquesta figura amb la fig. 2, que

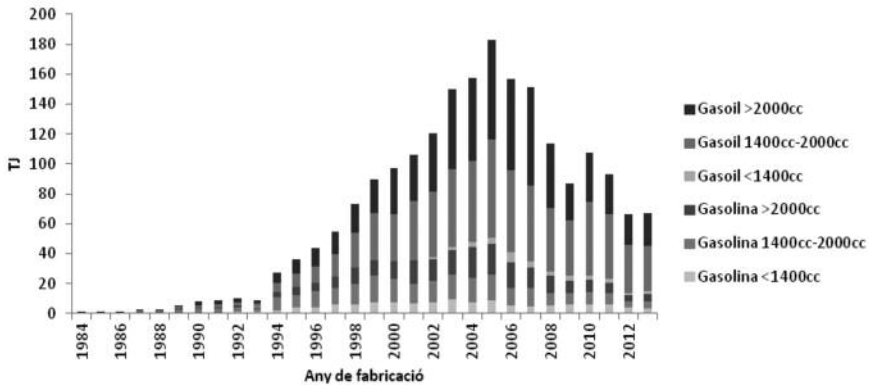


Fig. 5. Consum d'energia final del parc de turismes l'any 2013, segons antiguitat, cilindrada i combustible

també mostra l'estoc de vehicles desagregat, podem observar que la contribució al consum d'energia dels vehicles nous és proporcionalment superior a la dels antics, perquè el perfil d'activitat d'aquests últims és inferior.

El consum d'energia final de tot el parc de turismes és de 2028 TJ l'any 2013, que expressat en volum de combustible suposa 37 milions de litres de gasoil i 17 de gasolina l'any, i representa el 44% de les importacions de combustible destinades al transport. El 56% restant es destina principalment als vehicles dels visitants que omplen el dipòsit aprofitant el diferencial de preus que ofereix Andorra respecte als països veïns, i en menor mesura a motocicletes, transport públic i transport de mercaderies.

3 Exemple del potencial del model. Explorant un canvi en l'adquisició de turismes

L'alt nivell de desagregació aconseguit mitjançant la modelització del parc permet, entre d'altres, quantificar l'impacte de possibles polítiques específiques en l'àmbit del transport mitjançant la introducció de canvis en el model teòric. Poder estimar el futur efecte d'un canvi concret és de vital importància per tal de definir polítiques eficaces. En aquesta presentació es mostra un exemple senzill d'aplicació del model, on s'explora l'efecte que tindria un canvi en l'adquisició de turismes sobre les emissions de CO₂ del parc andorrà. El model implementat permet construir la fig. 6, que mostra el parc de turismes actual i les vendes de cotxes l'any

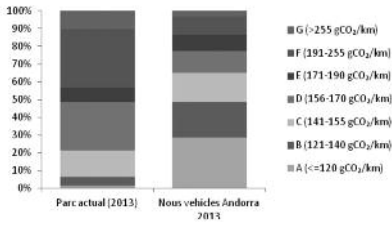


Fig. 6. Vehicles del parc actual i nous vehicles del 2013 segons les bandes d'emissions

2013 classificats segons les bandes d'emissions de CO₂ (A per als vehicles menys contaminants i G per als que contaminen més). Tal com es pot observar, els nous vehicles introduïts al parc tendeixen a ser menys contaminants gràcies a les millores d'eficiència energètica dels últims anys. De totes maneres, l'adquisició de vehicles situats a les bandes menys contaminants (A o B) encara no arriba al 50%.

Mitjançant el model implementat ens podem preguntar quin efecte tindria sobre les emissions de CO₂ el fet d'aconseguir que els compradors de vehicles es decantessin pels cotxes menys contaminants. Suposant que tots els turismes venuts l'any 2013 haguessin estat de classe A, l'estalvi de CO₂ del mateix any hauria estat de 1.386 t CO₂, cosa que representa el 30% de les emissions dels turismes venuts el 2013 i l'1% de les emissions del parc actual. Aquest 1% pot semblar poc significatiu, però cal assenyalar que és un estalvi que s'acumula any rere any, i per tant és interessant iniciar accions en aquest sentit al més aviat possible. També cal tenir en compte que l'any 2013 va ser un any en què es van vendre pocs vehicles, però si es tractés d'un any amb més vendes l'impacte total sobre el parc seria superior.

Un cop estudiada la millora que suposaria fer una transició cap a turismes més eficients, en el paràgraf següent s'exploraran quines accions es podrien dur a terme per tal d'accelerar aquest canvi al nostre país.

4 Possibles accions: polítiques energètiques

En els darrers anys, l'estratègia de la Comissió Europea per reduir les emissions de CO₂ del parc de turismes s'ha basat en 3 actuacions fonamentals:

- El compromís dels fabricants a reduir emissions.
- La millora de la informació proporcionada als consumidors.
- La promoció de vehicles més eficients a través de mesures fiscals.

La legislació existent per regular el nivell d'emissions de CO₂ dels turismes nous entra en vigor oficialment el juny del 2009 en el Reglament (CE) núm. 443/2009. Aquest reglament s'aplica als fabricants de turismes i estipula que els turismes fabricats en un any determinat han d'acomplir objectius

d'emissions concrets. Entre els objectius definits per a cada any hi destaquen els 130 g CO₂/km a assolir l'any 2015 i els 95 g CO₂/km per a finals de l'any 2020. Andorra es nodreix principalment del mercat europeu de turismes, i això vol dir que la millora d'eficiència que aportarà aquesta regulació també beneficiarà el nostre parc automobilístic.

La segona línia d'acció a escala europea, enfocada a la millora de la informació proporcionada als consumidors, segueix principalment una estratègia concreta: l'etiquetatge energètic. Seguint la línia de l'etiquetatge energètic aplicat als electrodomèstics, la Directiva 1999/94/CE obliga tots els venedors de turismes dels països membres de la UE a proporcionar informació als consumidors sobre l'eficiència energètica i les emissions de CO₂ dels seus vehicles. Podem trobar les etiquetes i la presentació de la informació en diferents formats, però en tots els casos el que es busca és sensibilitzar el consumidor a l'hora d'adquirir un nou vehicle. Hi ha països com Suïssa que tot i no estar obligats a implementar aquesta legislació, perquè no pertanyen a la UE, com Andorra, han aplicat igualment l'etiquetatge energètic perquè han considerat que és una bona eina per sensibilitzar la població.

Per acabar, a través de diverses mesures fiscals es procura aplicar les estratègies que fins ara s'ha comprovat que són més eficaces, amb la intenció de promoure la presència al mercat dels vehicles més eficients. A Irlanda hi trobem un cas interessant; el canvi en la taxa sobre la tinença de vehicles, que ha tingut un impacte molt significatiu (Rogan et al. 2011). A partir de l'any 2008 aquesta taxa es paga en funció de les bandes d'emissions de CO₂ de cada vehicle, així doncs, els vehicles més contaminants paguen un impost més elevat. A Andorra, la taxa sobre la tinença de vehicles es paga en funció dels cavalls fiscals del vehicle, que depenen de la cilindrada i del tipus de combustible. Si analitzem les taxes que s'apliquen als turismes de gasoil del nostre parc (fig. 7), ens adonem que els intervals establerts no s'adiuen gaire a l'estructura del parc actual i que a la major part dels turismes se'ls apliquen les taxes més baixes. En aquest sentit, seria interessant redefinir aquestes bandes

Referències

BURGESS, S. C.; & CHOI, J. M. J., 2003. *A parametric study of the energy demands of car transportation: a case study of two competing commuter routes in the UK*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, (1), pp. 21–36.

DAL H.; & Ó GALLACHÓIR, B. P., 2011. *Modelling private car energy demand using a technological car stock model*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1(2), pp. 93–101.

Departament d'Indústria, 2014. *Ministeri d'Economia i Territori, Govern d'Andorra*.

FONTARAS G.; & DILARA, P., 2012. *The evolution of European passenger car characteristics 2000–2010 and its effects on real-world CO₂ emissions and CO₂ reduction policy*. Energy Polic, 49, pp. 719–730.

JACKSON, L.J.; TREBITZ, A. S.; & COTTINGHAM, K. L., 2000. *An Introduction to the Practice of Ecological Modeling*. BioScience, 50(8), p. 694.

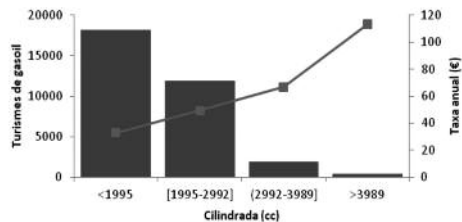


Fig. 7. Taxa anual sobre la tinença de vehicles en funció de la cilindrada aplicada a Andorra

ROGAN, F. et al., 2011. *Impacts of an emission based private car taxation policy – First year ex-post analysis*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 5(7), pp.583–597.

ROTMANS, J.; ASSELT, M., 2003. *Integrated assessment modelling*. Climate change: An integrated perspective, pp. 239–275.

SMITH, W.J., 2010. *Plug-in hybrid electric vehicles—A low-carbon solution for Ireland?* Energy Policy, 8(3), pp. 1485–1499.

TRAVERSET-BARO, O.; ROSAS-CASALS, M.; JOVER, E., 2015. *Transport energy consumption in mountainous roads. A comparative case study for internal combustion engines and electric vehicles in Andorra*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 34, pp. 16–26.

TZIRAKIS, E. et al., 2006. *Vehicle emissions and driving cycles: comparison of the Athens driving cycle (ADC) with ECE-15 and European driving cycle (EDC)*. Global NEST Journal, 8(3), pp. 282–290.

VCA, 2014. *Car fuel data, CO₂ and vehicle tax tools*. Available at: <http://carfueldata.direct.gov.uk/> [Accessed June 10, 2014].

per tal d'aconseguir que els vehicles més contaminants paguin més i així incentivar els consumidors a adquirir vehicles més eficients.

D'altra banda, oferir incentius als ciutadans també es considera una bona eina per tal de promoure l'adquisició de vehicles més eficients. A Andorra en tenim un exemple recent: el programa "Engega", que en poc més de cinc mesos ha esgotat els 700.000 € pressupostats pel Govern, amb els quals s'han comprat 455 cotxes i se n'han desballestat 247 d'una mitjana de 17 anys de vida.

En aquesta conferència s'ha mostrat el potencial de la modelització com a eina de suport en la definició de polítiques d'actuació, a través d'un exemple senzill en què s'explora l'impacte de la introducció de vehicles més eficients en l'actual parc automobilístic. Val a dir que el model presentat, un cop implementat en la seva totalitat, ens permetrà visualitzar escenaris alternatius basats en diferents polítiques (la introducció de vehicles híbrids i elèctrics, la conducció eficient, la disminució de l'activitat...) i compararlos amb un escenari de referència. Així, podríem estimar l'evolució del consum energètic i de les emissions contaminants del parc a mitjà i llarg termini, en funció de si s'implementen o no les noves polítiques.

5 Agraïments

L'autor agraeix l'ajut de tercer cicle al Govern d'Andorra, ATC0012-AND-2013/2014, que ha permès desenvolupar aquesta recerca. També agraeix al Departament d'Indústria i a l'Àrea de Cartografia de Govern les dades facilitades.