



ANDORRA
RECERCA +
INNOVACIÓ

Informe final

Estimació del *fuel tourism* a Andorra

Equip de treball

Nil de Celis Investigador de l'Andorra Recerca + Innovació
Oriol Travesset Coordinador de Sostenibilitat de l'Andorra Recerca + Innovació

Octubre, 2021



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

RESUM

L'anàlisi plasmat en aquest informe estudia el *fuel tourism* al Principat d'Andorra i en proposa una metodologia de càlcul replicable periòdicament. Aquest fa referència a combustibles adquirits en una jurisdicció i consumits en una altra, generalment degut al diferencial de preus existents.

La metodologia plantejada s'inicia estimant el consum energètic del parc de vehicles d'Andorra (veure Secció 2) a partir de l'anàlisi dels vehicles registrats i de l'obtenció dels patrons d'activitat (quilòmetres/any). A continuació s'analitza l'activitat dels vehicles dins d'Andorra (veure Secció 3) i finalment s'estima el pes del *fuel tourism* (veure Secció 4). En la Secció 5 es fa una proposta d'actualització de l'estimació realitzada, discutint la periodicitat amb la que actualitzar les diferents variables i fonts de dades implicades en el càlcul. Per últim, en la Secció 6 es presenten les principals conclusions i s'identifiquen potencials millores a introduir a futur en la metodologia de càlcul.

ÍNDEX

1.	CONTEXTUALITZACIÓ DEL PROJECTE.....	5
1.1	Estimació del <i>fuel tourism</i>	5
1.1.1	Estudis previs a Andorra.....	5
1.2	Objectiu i metodologia general de l'estudi.....	6
2.	ESTIMACIÓ DEL CONSUM ENERGÈTIC DEL PARC DE VEHICLES D'ANDORRA	7
2.1	Introducció.....	7
2.2	Metodologia de càlcul del consum energètic dels vehicles.....	7
2.2.1	Parc de vehicles d'Andorra	8
2.2.1.1	Filtratge del registre de vehicles	8
2.2.1.2	Classificació del parc de vehicles.....	8
2.2.2	Activitat dels vehicles.....	10
2.2.3	Dades de circulació	12
2.2.4	Dades meteorològiques	12
2.3	Consum energètic dels vehicles registrats a Andorra	13
3.	ACTIVITAT DELS VEHICLES DINS D'ANDORRA.....	14
3.1	Zonificació	14
3.2	Generació i distribució dels viatges	16
3.2.1	Pre-tractament de les dades	17
3.2.2	Identificació d'estàncies i seqüència de viatges.....	18
3.3	Repartiment modal	19
3.4	Escalat de les matrius OD	22
3.5	Assignació de rutes	24
3.6	Dies tipus analitzats	24
4.	ESTIMACIÓ DEL <i>FUEL TOURISM</i> D'ANDORRA.....	26
4.1	Parc de vehicles dels turistes	26
4.2	Consum energètic de la mobilitat dins d'Andorra	28
4.3	<i>Fuel tourism</i> d'Andorra.....	29
5.	PROPOSTA D'ACTUALITZACIÓ DE L'ESTIMACIÓ DEL <i>FUEL TOURISM</i>.....	31
5.1	Estoc i activitat dels vehicles registrats a Andorra.....	31
5.2	Activitat dels vehicles dins d'Andorra	31
5.3	Parc de vehicles dels turistes	31
6.	CONCLUSIONS I IDENTIFICACIÓ DE MILLORES FUTURES.....	32
	REFERÈNCIES.....	34

1. CONTEXTUALITZACIÓ DEL PROJECTE

1.1 Estimació del *fuel tourism*

El concepte *fuel tourism*, també conegut amb el nom de *fuel bunkering*, fa referència a combustibles adquirits en una jurisdicció i consumits en una altra, generalment degut al diferencial de preus existents. En el cas del Principat, carburants comprats a Andorra i consumits a Espanya o França.

La diferència en el preu dels carburants amb els països veïns degut a la fiscalitat andorrana provoca que una gran part de les importacions de combustible de locomoció siguin atribuïbles al *fuel tourism*. Val a dir que, no tot el combustible venut al país i utilitzat fora d'Andorra és degut als turistes o visitants, sinó que bona part és responsabilitat de vehicles registrats al país.

Disposar d'una metodologia de càlcul que permeti estimar i fer un seguiment sistemàtic del pes del *fuel tourism* és important per a la planificació energètica d'un país o regió. Disposar d'aquesta informació permet millorar en aspectes com la realització dels inventaris d'emissions o el disseny de polítiques de taxes.

A escala internacional, el fenomen del *fuel tourism* s'ha estudiat entre països com Suïssa, Alemanya, França i Itàlia (Banfi, Filippini, & Hunt, 2005; Banfi & Hunt, 2003; Jansen & Jonker, 2018) o entre comunitats autònomes, en el cas d'Espanya (Romero-Jordán, García-Inés, & García, 2013). Generalment els estudis estan enfocats a preveure l'impacte de canvis en la política de taxes. Únicament Banfi et al., (2005) fan una estimació del pes del *fuel tourism* en les vendes de combustible, quantificant-lo en un 9% de la gasolina venuda a les àrees frontereres de Suïssa amb Itàlia, França i Alemanya.

L'escala d'Andorra, juntament amb l'alt nombre de visitants que entren al país amb cotxe i el baix sistema impositiu respecte els països veïns, fan que sigui molt possiblement el país amb un major pes del *fuel tourism*.

1.1.1 Estudis previs a Andorra

L'únic estudi que aborda específicament el fenomen del *fuel tourism* a Andorra estima que un 76,1% dels carburants adquirits al país, es consumeixen fora (DOYMO, 2014). Aquesta estimació va ser realitzada mitjançant el model de simulació del trànsit per l'any 2012 i la determinació del parc de vehicles circulant al Principat.

D'altra banda, el Llibre Blanc de l'energia d'Andorra (Govern d'Andorra, 2012), quantifica el *fuel tourism* en un 50%, sense aportar major detall de com s'arriba a aquest valor.

Per últim, Travesset-Baro (2017) estima que el pes del combustible utilitzat pels vehicles registrats al país respecte el total d'importacions és del 55%, considerant la resta com una primera estimació del *fuel tourism*. Val a dir que aquest valor no és estrictament el *fuel tourism* tot i que pot ser útil de cara a disposar d'un primer ordre de magnitud.

1.2 Objectiu i metodologia general de l'estudi

El present estudi es centra en definir una metodologia àgil que permeti estimar el consum i les emissions generades pels vehicles terrestres al país segons la categoria i el tipus de combustible i identificar alhora el combustible de locomoció que es distribueix nacionalment però que no es consumeix internament al país (*fuel tourism*).

La metodologia plantejada s'inicia estimant el consum energètic del parc de vehicles d'Andorra (veure Secció 2) a partir de l'anàlisi dels vehicles registrats i de l'obtenció dels patrons d'activitat (quilòmetres/any). A continuació s'analitza l'activitat dels vehicles dins d'Andorra mitjançant l'anàlisi de dades de telefonia mòbil (veure Secció 3) i finalment s'estima el pes del *fuel tourism* (veure Secció 4). En la Secció 5 es fa una proposta d'actualització de l'estimació realitzada, discutint la periodicitat amb la que actualitzar les diferents variables i fonts de dades implicades en el càlcul.

Per últim, en la Secció 6 es presenten les principals conclusions i s'identifiquen potencials millores a introduir a futur en la metodologia de càlcul.

2. ESTIMACIÓ DEL CONSUM ENERGÈTIC DEL PARC DE VEHICLES D'ANDORRA

2.1 Introducció

En aquesta secció s'ha estimat el consum energètic dels vehicles registrats a Andorra així com les seves emissions contaminants tenint en compte l'estoc de vehicles a finals de l'any 2020. L'activitat mitjana (quilometratge anual) del diferents vehicles s'ha estimat en base a les dades de les ITV (Inspeccions Tècniques de Vehicles) fins al mes de març de l'any 2020, per tal d'evitar l'efecte del confinament. Tot i que els resultats obtinguts en aquesta secció no representen el *fuel tourism*, aporten un valor de referència i un primer ordre de magnitud del combustible venut als residents i als turistes.

2.2 Metodologia de càlcul del consum energètic dels vehicles

Amb l'objectiu d'estimar el consum de combustible dels vehicles registrats a Andorra al llarg d'un any, s'ha realitzat un inventari seguint la metodologia *Tier 2*. El càlcul utilitza com a dades d'entrada principals l'estoc del parc de vehicles d'Andorra (actualitzat a 31-12-2020) i les ITV's, d'on s'obtenen els patrons de quilometratge segons cada tipologia de vehicle.

L'inventari final de consum i emissions s'ha elaborat mitjançant l'eina Copert v.5.4 de l'EEA (*European Environment Agency*). Inclou el consum de combustible i els principals contaminants que contempla la normativa Euro (CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}), així com les emissions de NO₂ i CO_{2eq}. Aquest últim, tot i no tractar-se d'un contaminant, s'ha inclòs amb l'objectiu de poder ser comparat amb estimacions prèvies realitzades a escala nacional.

El tractament de les dades d'estoc i les inspeccions tècniques del parc de vehicles s'ha automatitzat amb Python. El codi implementat s'ha publicat al GitHub de l'Andorra Recerca + Innovació¹ per tal de poder ser utilitzat per l'administració en properes actualitzacions.

L'anàlisi de les dades d'estoc i quilometratge dels vehicles proporcionades pel Departament de Transports del Govern d'Andorra, ha permès identificar potencials errors en el registre de vehicles (p. ex., en cilindrades, quilometratges, etc.). En l'Annex 1 es proporcionen diferents fitxers .csv que inclouen un llistat de registres potencialment erronis.

¹ <https://github.com/actuatech/fuel-tourism>

2.2.1 Parc de vehicles d'Andorra

D'acord al full de càlcul proporcionat pel Departament de Transports del Govern d'Andorra i a les categories NFR definides per l'EEA (2020), s'ha categoritzat el parc dels vehicles registrats a Andorra.

Tenint en compte la qualitat i el format de les dades del registre de vehicles, s'han aplicat una sèrie d'assumpcions en la categorització de l'estoc actual de vehicles que es descriuen a continuació.

2.2.1.1 Filtratge del registre de vehicles

En un primer pas s'ha limitat la mostra del registre als vehicles amb any de fabricació comprés entre 1990 i 2020, assumint que els automòbils anteriors a 1990 són vehicles de museu, errors del registre o vehicles en desús. Aquesta hipòtesi s'ha validat a través de les ITV's, confirmant que aquest grup de vehicles no han passat les inspeccions corresponents, representen una part menyspreable de l'estoc o realitzen un nombre de quilòmetres anuals insignificants.

D'altra banda, tenint en compte l'objectiu del present estudi, s'ha definit una categoria *off-road* aglutinant els vehicles que habitualment no es consideren part del sector del transport (tractors, quads, motos de trial, etc.).

Amb l'objectiu d'identificar i excloure de l'anàlisi dades errònies de cilindrada, en la categoria *passenger cars* s'han descartat les dades de cilindrada inferior a 560 cc i superior a 8500 cc.

2.2.1.2 Classificació del parc de vehicles

Seguint la metodologia *Tier 2* (EEA, 2020) s'ha classificat el parc de vehicles segons la seva categoria (*passenger cars*, *light commercial vehicles*, *heavy duty trucks*, *L-category*, *off-road*, *buses*), combustible (*petrol*, *diesel*, *petrol híbrids*, ...) i Euro estàndard (*Conventional*, *Euro 1*, *Euro 2*, ...). En el cas dels turismes, s'estableix també un segment (*mini*, *small*, *medium*, *large-SUV-executive*), en base a la cilindrada del vehicle (veure Taula 1). Els turismes que no disposen de dada de cilindrada es distribueixen de forma proporcional.

Segment	Cilindrada
<i>Mini</i>	< 800 cc
<i>Small</i>	800-1400 cc
<i>Medium</i>	1400-2000 cc
<i>Large-SUV-Executive</i>	> 2000 cc

Taula 1. Assignació del segment segons cilindrada del vehicle

Les categories "camionetes" i "furgonetes" del registre de vehicles no disposen d'una equivalència directa amb les categories NFR de l'EEA. En aquest estudi s'ha decidit incloure-les en la categoria *Light commercial vehicles*. Cal tenir en compte també que algunes "camionetes" i "furgonetes" amb pes superior a 3500 kg passen a considerar-se *Heavy duty trucks* o a l'inrevés, "camions" que s'assignen a *Light commercial vehicles* per tenir un pes inferior als 3500 kg.

Tenint en compte els quatre nivells de classificació descrits s'obtenen 192 categories. En l'Annex 1 s'inclou el fitxer *stock_activity.csv* integrant la totalitat de categories del parc andorrà.

Un cop aplicades les assumpcions descrites prèviament, l'estoc de vehicles d'Andorra ascendeix a 75218 amb un predomini dels turismes representant gairebé el 75% del parc. La Figura 1 presenta el parc de vehicles d'Andorra classificat segons la seva categoria.

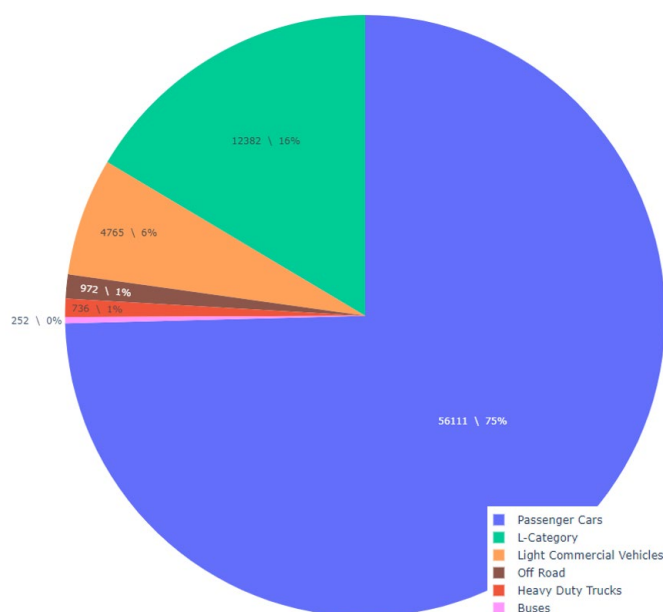


Figura 1. Parc de vehicles andorrà segons categoria

La Figura 2 mostra el parc de turismes segons l'any de fabricació, combustible i segment, les principals variables que influeixen en el consum d'energia i emissions dels vehicles. A banda d'aquesta, en l'Annex 1 s'inclouen les figures equivalents per la resta de categories (*L-category*, *Light commercial*, *Heavy duty trucks*, *Buses*).

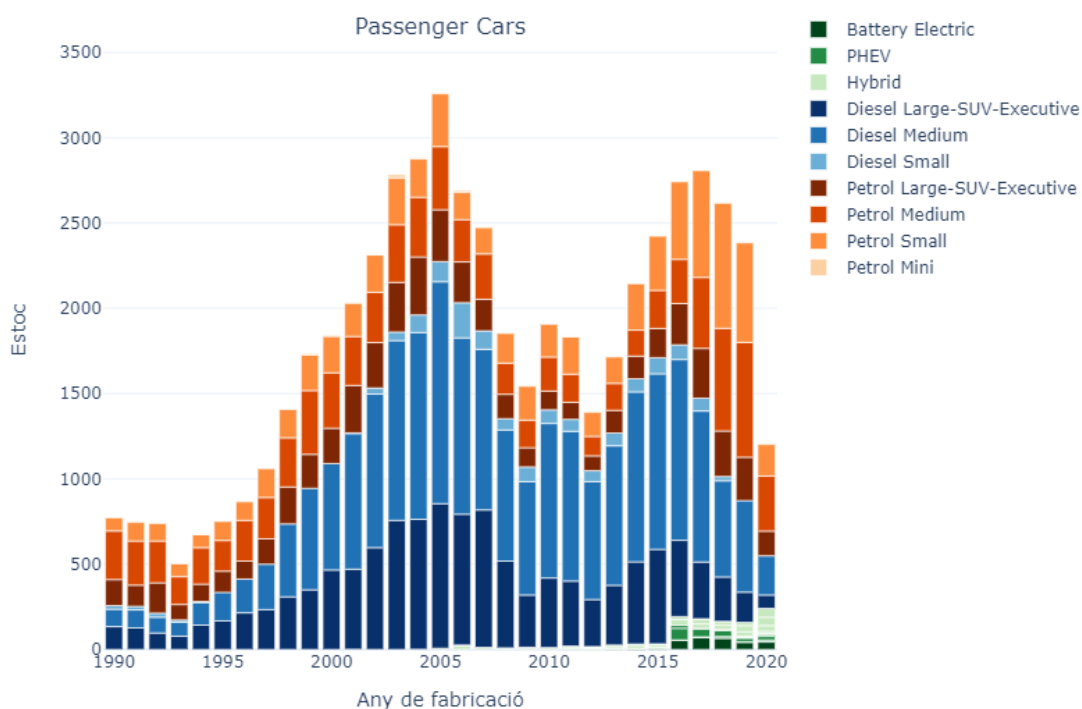


Figura 2. Parc de turismes segons any de fabricació, combustible i segment

També en l'Annex 1 s'inclouen els diferents gràfics que mostren l'estoc de cada categoria de vehicles segons la seva categoria Euro. Per exemple, en el cas dels *Passenger cars*, predominen encara els vehicles amb Euro 3, en gran part, herència del període 2004-2005 on el nombre de vendes de vehicles va ser el més alt de la història d'Andorra.

2.2.2 Activitat dels vehicles

Els quilòmetres anuals dels vehicles registrats a Andorra s'han estimat en base a les dades de les ITV's. Per tal d'evitar l'efecte del confinament degut a la pandèmia de la COVID-19, s'han descartat les dades d'ITV's posteriors al 15-3-2020.

L'activitat mitjana anual s'ha calculat per les 192 categories de vehicles basant-se en la diferència de quilòmetres registrats entre dos inspeccions. En cas que no es compleixi que el període entre revisions sigui superior a 150 dies, es fa la comparativa de quilometratge amb la revisió precedent o es descarta la dada si no es disposa d'inspecció prèvia.

Hi ha categories de vehicles, especialment les associades a anys de fabricació recents, on la mostra de dades d'ITV's és molt petita. En aquests casos es fa una agrupació menys restrictiva per incloure més vehicles fins aconseguir l'estoc mínim (50 vehicles)

a partir del qual es realitza el càlcul de l'activitat mitjana. Se segueix el següent ordre de prioritats fins a que s'assoleix l'estoc mínim:

1. Agrupació per Categoria, Combustible i Segment. No es té en compte l'Euro estàndard, és a dir, l'antiguitat del vehicle.
2. Agrupació per Categoria, Combustible i Euro estàndard. No és té en compte el Segment, és a dir, cilindrada del vehicle.
3. Agrupació per Categoria i Combustible.
4. Agrupació per Categoria i Segment.
5. Agrupació per Categoria.

Els vehicles de les dos últimes categories Euro, no disposen de dades de quilometratge ja que encara no han passat les inspeccions oportunes. En aquests casos s'assigna la mitjana de la mateixa tipologia però de la classificació Euro anterior que tinguin ja suficients vehicles amb revisions fetes.

La Figura 3 mostra l'activitat mitjana anual del parc de vehicles d'Andorra segons la seva categoria. Tot i el nivell d'agrupació presentat en aquesta figura, cal remarcar que el càlcul s'ha realitzat específicament per cada una de les 192 categories caracteritzades. L'Annex 1 inclou l'activitat mitjana anual de cada una de les categories així com l'activitat mitjana acumulada, valor amb influència també sobre el consum energètic. Addicionalment s'inclou el valor mínim, màxim i la desviació estàndard de la mostra de cada categoria.

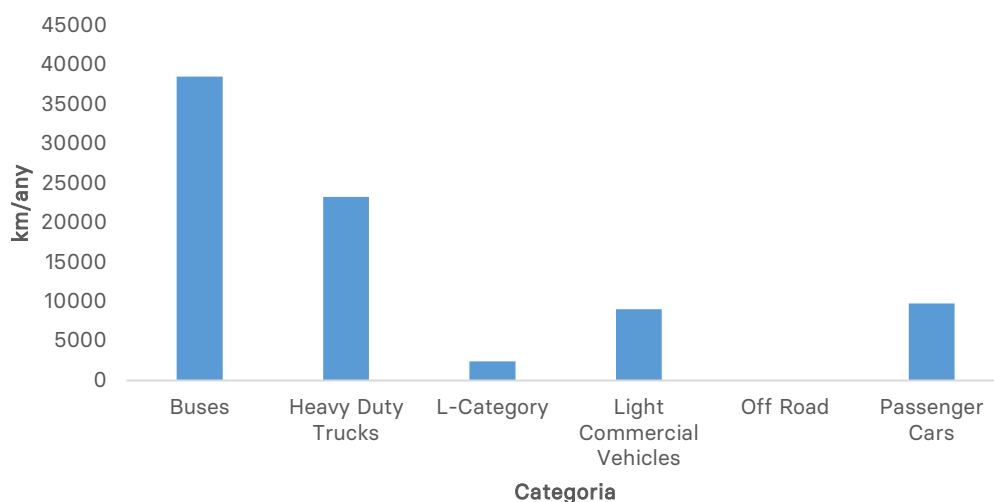


Figura 3. Activitat mitjana anual del parc de vehicles segons categoria

D'igual manera que en estudis similars realitzats en altres països (Daly & Ó Gallachóir, 2011; Hickman, Hassel, Joumard, Samaras, & Sorenson, 1999), els vehicles de gasoil i els de cilindrades més grans tendeixen a recórrer majors distàncies i s'aprecia també una caiguda en els quilòmetres realitzats al llarg de la vida dels vehicles.

2.2.3 Dades de circulació

Un factor influent en el consum energètic dels vehicles és la velocitat de circulació. Aquesta és una informació molt difícil d'obtenir ja que els vehicles registrats a Andorra realitzen trajectes tant dins com fora del país. Tenint en compte aquest aspecte s'ha assumit que el 40% dels quilòmetres es fan en via urbana (a 40 km/h) i el 60% en via interurbana (a 100 km/h). Aquests valors s'han aplicat d'igual forma per totes les categories de vehicles caracteritzades.

2.2.4 Dades meteorològiques

Copert v.5.4 utilitza valors de temperatura i humitat relativa per tal de calcular càrregues associades a aire condicionat i evaporació de combustible. Les dades meteorològiques han estat obtingudes de l'estació de FEDA Central per la totalitat de l'any 2020². La Taula 2 mostra els valors utilitzats en el càlcul.

Mes	Temperatura mín. (°C)	Temperatura màx. (°C)	Humitat rel. (%)
Gener	-1,8	15,3	57,33%
Febrer	-0,7	20,6	55,03%
Març	-1,1	22,8	69,43%
Abril	-0,6	18,6	69,64%
Maig	6	16,5	75,88%
Juny	11	29,5	67,07%
Juliol	8,3	33,8	56,33%
Agost	6,4	33,6	53,79%
Setembre	2,4	28,4	68,18%
Octubre	0,1	22,2	70,80%
Novembre	-1	20,3	71,93%
Desembre	-4,8	13,1	68,90%

Taula 2. Dades meteorològiques utilitzades en els càlculs realitzats amb Copert

² Font de dades: <http://meteo.ad/climatologia>

2.3 Consum energètic dels vehicles registrats a Andorra

La Figura 4 presenta el consum d'energia anual dels vehicles registrats a Andorra. Tot i que internament es calcula per les 192 categories de vehicles, la figura presenta de forma agregada tenint en compte la categoria i el combustible utilitzat.

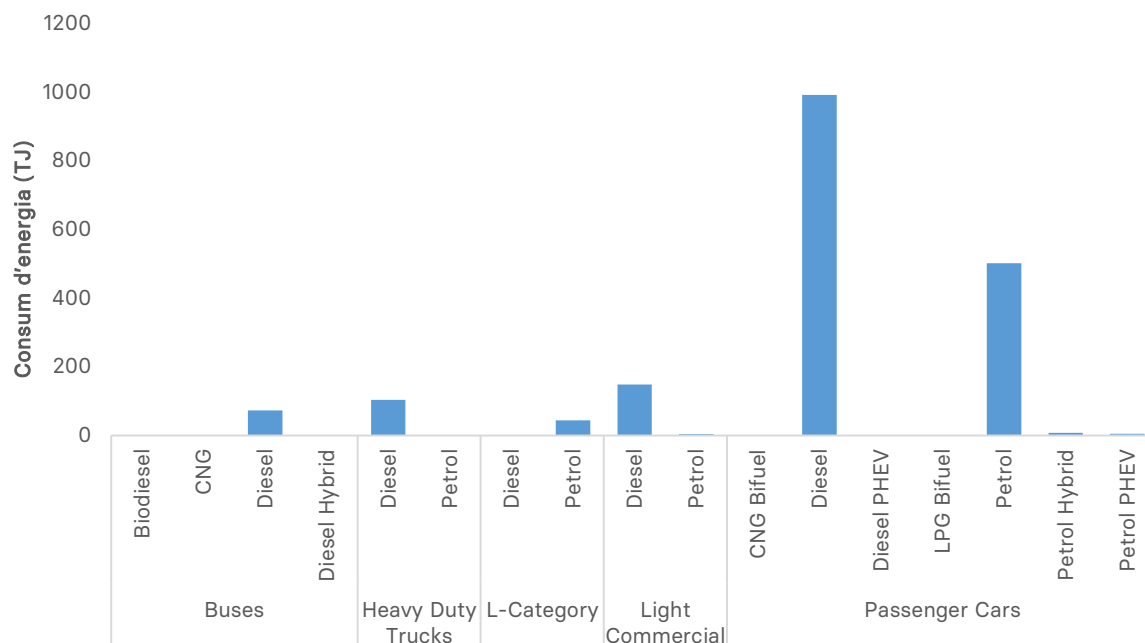


Figura 4. Consum d'energia anual (TJ) dels vehicles registrats a Andorra

Segons el càlcul realitzat amb Copert v5.4, el parc de vehicles registrats a Andorra utilitza 1883 TJ/any (1320 TJ de gasoil i 563 TJ de gasolina). En l'Annex 1 s'inclou el full de càlcul (*resultats_copert_residents_ec.xlsx*) amb els resultats complets obtinguts pel que fa al consum d'energia, així com el fitxer de Copert (*Andorra_fleet_2020_Tier2.cop³*) a partir del qual es poden exportar la resta de resultats (p.ex., emissions contaminants).

Comparant els resultats de consum d'energia obtinguts amb les importacions de carburant a Andorra l'any 2019 (Govern d'Andorra, 2021), s'obté que els vehicles registrats al país són responsables del 41% del combustible utilitzat (36% del gasoil i 56% de la gasolina).

³ Copert es pot descarregar gratuïtament des de <https://www.emisia.com/utilities/copert/download/>

3. ACTIVITAT DELS VEHICLES DINS D'ANDORRA

L'estimació de l'activitat (quilòmetres/any) que els vehicles realitzen dins del territori andorrà es realitza mitjançant l'anàlisi de les dades de telefonia mòbil realitzat en el marc del projecte "Model nacional de mobilitat d'Andorra" coordinat també des d'Andorra Recerca + Innovació. Les dades geo-localitzades provinents de la telefonia mòbil aporten una sèrie d'avantatges en la construcció de models de simulació del trànsit com disposar de mostres més representatives, capturar viatges de menor rellevància sovint omesos en les enquestes i incrementar la resolució espacial i temporal. Cal remarcar que Andorra Telecom disposa del 100% de la quota de mercat a Andorra, fet que aporta una gran qualitat a la mostra en quant a representativitat i biaix. Per l'objectiu específic del present estudi, una avantatja addicional que aporta treballar amb aquest tipus de dades és la possibilitat de discernir entre mòbils de residents i de turistes a través del codi de país

3.1 Zonificació

Com a pas previ imprescindible a la generació de les matrius origen-destí (OD) s'ha realitzat la zonificació del país en àrees de generació i atracció de viatges. Tal com es mostra en la Figura 5, s'han definit 61 zones aglutinant en la major part dels casos zones urbanes però també espais d'afluència de viatgers com estacions d'esquí i les fronteres catalana i occitana. Cada una de les zones del model té un centroid associat i connectat a la xarxa viària. Aquests actuen com a punts generadors i atractors de viatges representant els orígens i destins de les matrius encarregades de quantificar la demanda.

La zonificació s'ha realitzat en base al criteri dels integrants del projecte, coneixedors de la realitat andorrana i tenint en compte les característiques de les dades d'origen. Les dades de telefonia mòbil d'Andorra Telecom són la principal font per generar les matrius origen-destí del model. La precisió de la geo-localització en àrees urbanes d'aquestes dades s'estima en 50 metres mentre que s'incrementa fins als 150 metres en àrees no urbanes⁴. Tenint en compte aquest motiu, i també la densitat de població, s'han definit zones més petites en les àrees urbanes.

⁴ Comunicació personal d'Andorra Telecom

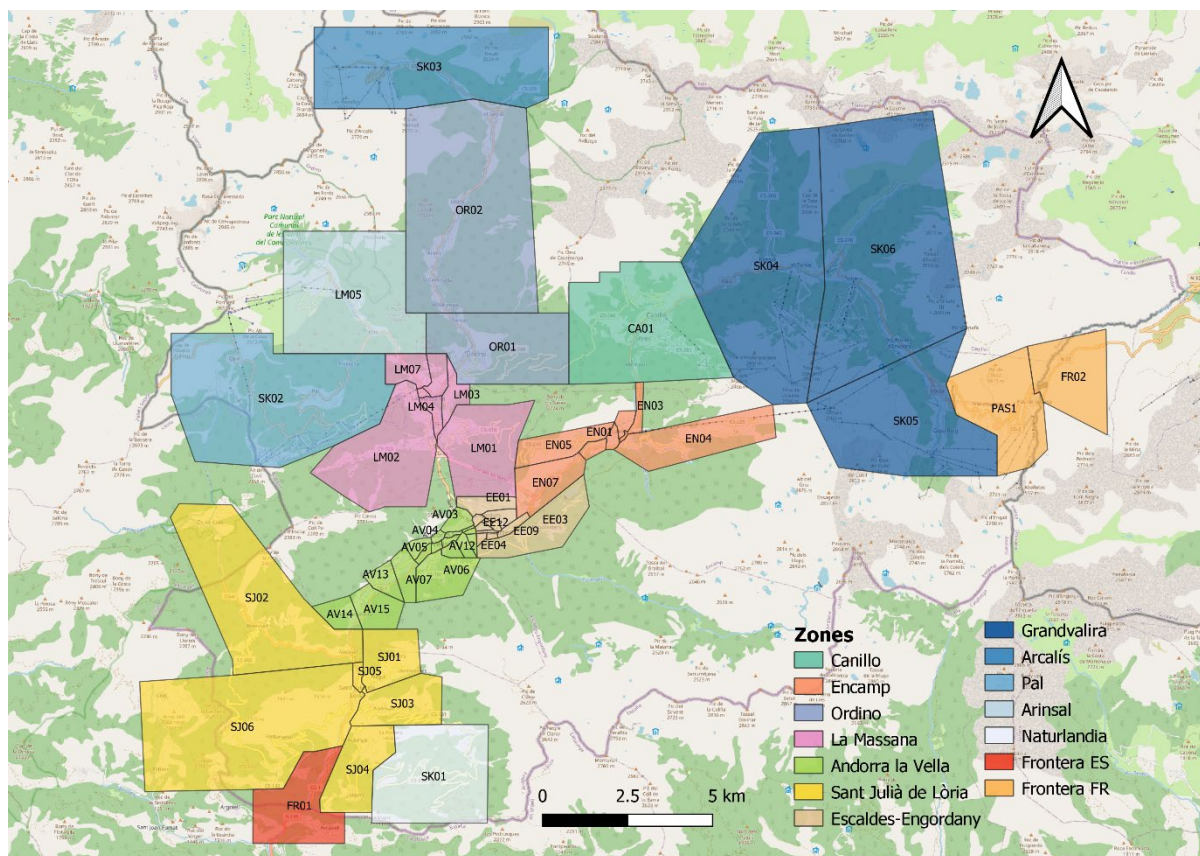


Figura 5. Zonificació del model

Les àrees urbanes més grans com Andorra la Vella o Escaldes-Engordany s'han segregat en múltiples zones permetent així analitzar fluxos a escala de parròquia. La Figura 6 mostra el detall de la zonificació del model a la Vall Central.

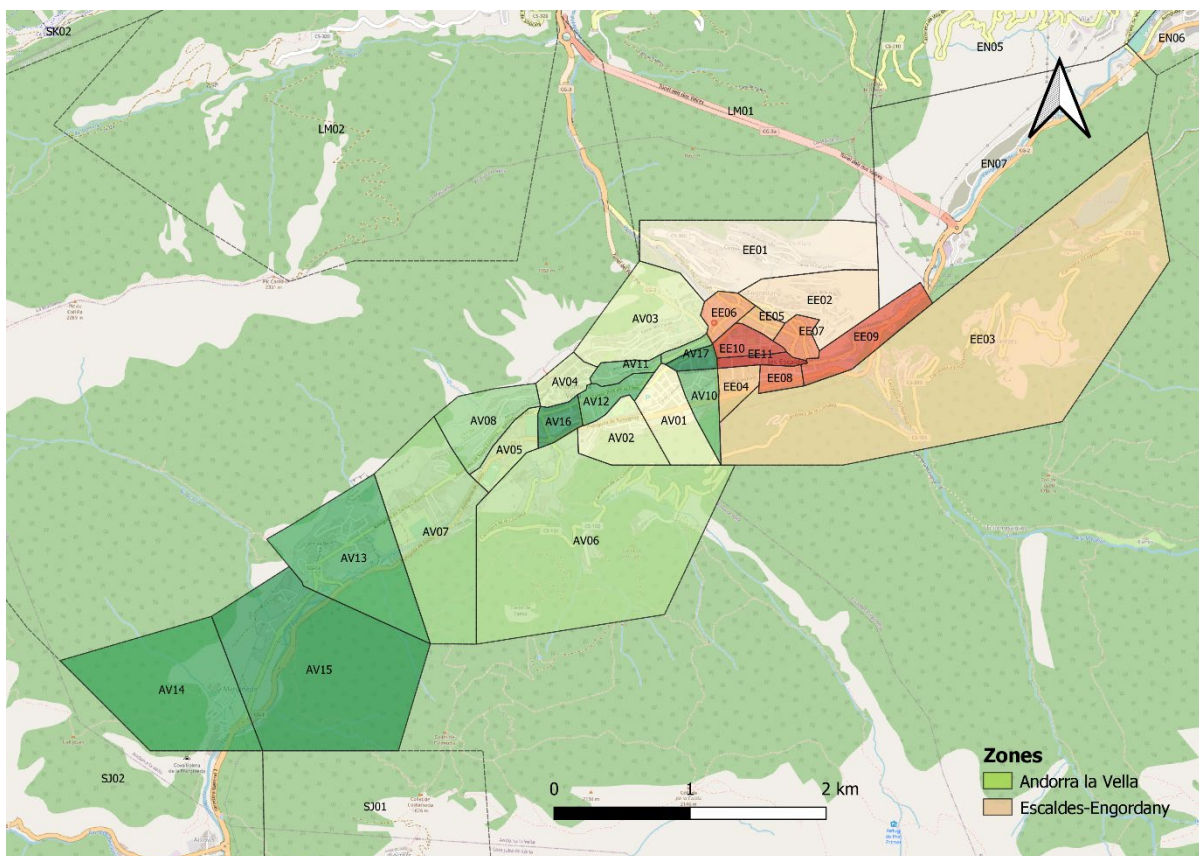


Figura 6. Detall de la zonificació del model a la Vall Central

3.2 Generació i distribució dels viatges

La construcció de les matrius OD es basa en els registres RNC (*Radio Network Controller*) generats per la xarxa d'Andorra Telecom. Els RNCs aglutinen l'activitat que realitzen els usuaris connectats a la xarxa de telefonia mòbil quan aquests estan fent ús d'algun servei (p.ex., trucades, missatges, ús de dades) a més de la informació sobre els canvis de cel·la realitzats. Aquests registres inclouen, entre altres, els següents camps d'informació: IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*), MCC (*Mobile Country Code*), MNC (*Mobile Network Code*), DateTime i ubicació (latitud, longitud). La geo-localització s'obté a través de triangulació (veure Figura 7) a partir de les antenes més properes amb un marge d'error d'uns 50 metres en zones urbanes.

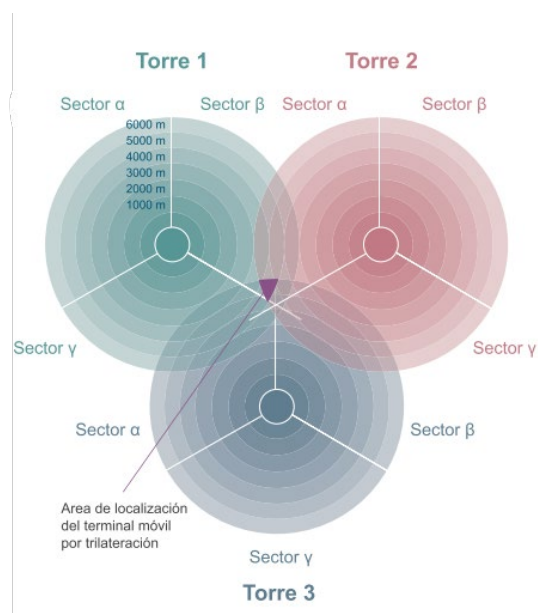


Figura 7. Procés de geolocalització obtingut mitjançant triangulació
(Gutiérrez Puebla et al., 2019)

Els registres RNC son generats per Andorra Telecom i enviats al DataHub Nacional a través del qual es realitza l'explotació de les dades. En aquesta etapa, l'anàlisi de dades realitzat té per objectiu l'obtenció de les matrius OD a utilitzar en el model.

3.2.1 Pre-tractament de les dades

La informació disponible en les dades RNC és molt extensa, fet que fa important acotar els camps d'interès per l'anàlisi. En aquest cas, els camps que s'utilitzen es presenten a la Taula 3.

IMSI	Hash del codi únic d'usuari
MCC	Codi país del telèfon
<i>Timestamp</i>	Data i hora del registre
Lon	Coordenades X de la posició
Lat	Coordenades Y de la posició

Taula 3. Camps utilitzats dels registres RNC

El període de temps inclòs en l'anàlisi s'escull en aquesta fase per tal de treballar amb el mínim volum de dades imprescindible. En aquest anàlisi s'ha treballat amb cinc dies tipus (veure Secció 3.6) per tal de representar la diversitat de situacions que es donen al país pel que fa a mobilitat interna.

La selecció d'usuaris vàlids es realitza a partir del camp IMSI, el qual és un identificador únic de cada usuari a la xarxa. Tot i que en aquesta fase és habitual treballar amb filtres per seleccionar únicament els usuaris amb una alta resolució temporal (p.ex. A

registres / B min.) (Gutiérrez Puebla et al., 2019), s'ha descartat aquesta opció per evitar perdre registres d'usuaris amb poques interaccions a la xarxa com pot ser el cas dels turistes. El pes dels visitants en la mobilitat a Andorra és molt important pel que s'ha considerat necessari realitzar aquesta assumpció.

En aquesta fase, s'aplica un filtre de velocitat per tal d'eliminar possibles salts d'antena. Concretament, quan la velocitat entre registres d'un mateix IMSI és superior a 100 km/h, es descarta l'últim registre.

3.2.2 Identificació d'estàncies i seqüència de viatges

L'algoritme implementat en aquesta etapa s'encarrega d'identificar les estàncies més habituals dels usuaris, l'horari de sortida d'aquestes i la seva destinació. Les estàncies es determinen basant-se en una ubicació prolongada (15 min.) dels usuaris en una mateixa àrea (radi=300 metres). Un cop identificades les estàncies, aquestes s'assignen a una cel·la H3 que a posterior s'associa a les zones i centroides corresponents del model (veure zones definides en la Figura 5). A continuació, es defineixen els viatges entre zones i s'estableix l'hora d'inici de cada viatge utilitzant com a referència l'últim registre observat en aquella estància.

Degut a les particularitats d'Andorra, les zones frontereres (veure FR01 i FR02 en la Figura 5) s'han tractat de forma diferenciada en aquesta fase. El pas de vehicles per FR01 i FR02 provinents de Catalunya i de França representa l'entrada de nous usuaris a la xarxa de telefonia mòbil. Aquest pas es realitza gairebé sempre en intervals de temps molt inferiors als 15 minuts considerats per assignar una estància motiu pel qual obviaríem l'origen d'aquell viatge. Per tal de solucionar aquest aspecte, en les zones FR01 i FR02 l'aparició d'un únic registre és suficient per tal d'assignar una estància.

Per tal d'identificar les estàncies, es treballa amb el sistema d'indexació geo-espacial H3⁵ com a referència espacial. Concretament s'utilitzen cel·les de resolució 10, representades per hexàgons de 66 m de costat⁶. Finalment les cel·les H3 s'associen a la zona i centroides corresponent del model.

D'altra banda, hi ha una incertesa a l'hora de saber quan s'ha generat el viatge. Els viatges es generen entre dos *stay points* d'un mateix usuari. Cada *stay point* té associades les dades:

- Hora inici estada
- Hora quan s'acaba l'estada
- Durada de l'estada

⁵ Més informació a <https://h3geo.org/docs>

⁶ Més informació a <https://h3geo.org/docs/core-library/restable>

- Hash de l'IMSI de l'usuari
- Index H3
- Zona (de les 61 definides)
- MCC (codi país)

Entre l'hora final de l'estada anterior i l'hora d'inici de la següent estada (per un mateix usuari) puntualment hi ha diferències temporals de múltiples hores. Aquest fet és degut a que l'ús del telèfon no sempre és continu, o bé no es generen *stay points* intermitjos (no és compleix el requeriment de que els registres estiguin en un mateix radi de 300 m durant un mínim de 15 min.). Per evitar induir desplaçaments erronis i millorar la resolució temporal en la que es treballa, s'ha afegit un filtre que elimina tots els desplaçaments en els quals l'hora inicial de l'estada posterior és inferior a 2h l'hora final de l'estada anterior.

El resultat final de l'algoritme és una matriu origen-destí de 61x61 (igual al nombre de zones definides) per cada hora del dia tipus escollit.

3.3 Repartiment modal

Les matrius OD obtingudes en la fase de generació i distribució dels viatges representen la totalitat dels desplaçaments inferits a partir de les dades de telefonia mòbil. És necessari, doncs, establir un criteri de repartiment modal per determinar quin percentatge d'entre ells ha estat realitzat en vehicle. La metodologia que proposem té les seves limitacions i està subjecte a múltiples assumpcions però un estudi més en profunditat no s'escau ara considerant la precisió de les dades d'origen.

La definició d'una funció que representi el repartiment modal segons la distància dels desplaçaments és un assumpte complex que podria ser objecte d'un estudi per si sol. Es tracta de definir un model de comportament que representi les decisions de viatge que els usuaris prenen quan estan confrontats a alternatives variades. Aquestes dependran de les implicacions que comporta l'elecció de cada mode: temps de trajecte, temps d'espera, cost, nivell de servei, etc.

Els models que tendeixen a representar el comportament de viatge dels individus quan tenen un rang discret d'alternatives de desplaçament es solen conèixer com a models d'elecció discreta (Ortúzar & Willumsen, 2011). Els models *Logit* són els més usats per al repartiment modal en l'àrea de la mobilitat i el planejament de transport ja que tenen l'habilitat de modelar comportaments de viatge complexos de qualsevol població mitjançant tècniques matemàtiques simples. En base a aquest plantejament, s'assumeix que:

- a) Els desplaçaments es classifiquen entre no motoritzats (majoritàriament a peu) i motoritzats (vehicle privat o transport públic).

- b) La corba de repartiment modal (*modal split*) té forma de "S" (veure Figura 8): la probabilitat p que un trajecte es faci a peu és:

$$p(c) = 1/(1+\exp(-\lambda * c))$$

on λ és un paràmetre que no coneixem;

i c la diferència de cost entre anar a peu o en vehicle

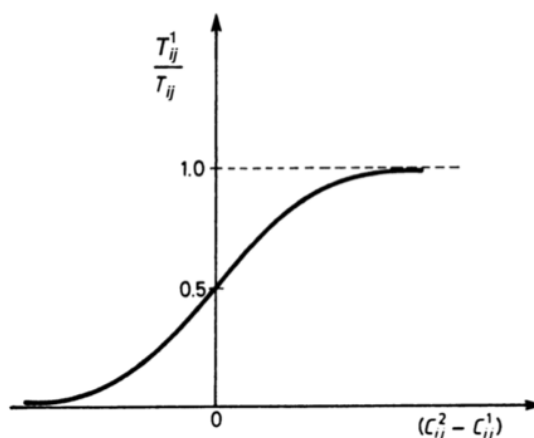


Figura 8. Corba de repartiment modal empírica, on T equival a la proporció de viatges fets per mode (Ortúzar & Willumsen, 2011)

- c) Es pren com a funció de cost simplificada la diferència de temps de trajecte:

$$c(d) = (3+3+d*60/20+3+3) - (d*60/4)$$

on d és la distància entre origen i destinació en km, resultant c en minuts;

i considerant 3 min per anar al vehicle o parada, 3 min per sortir del pàrquing o 6 min per esperar bus, desplaçament a 20 km/h en vehicle i 4 km/h a peu, 3 min per aparcar i 3 min per arribar a destinació des del vehicle o parada.

- d) A mode d'exemple, pels desplaçaments d'1 km (15 min. caminant), la diferència de cost-temps entre anar a peu o usar un mode alternatiu és 0, per la qual cosa la probabilitat que un usuari opti per anar a peu o usar un vehicle és la mateixa i igual a 0,5.
- e) Tal com es pot observar en la Figura 9, la sensibilitat amb la qual la funció de cost c varia en funció de la variable d (distància) ve determinada pel valor de lambda (λ).

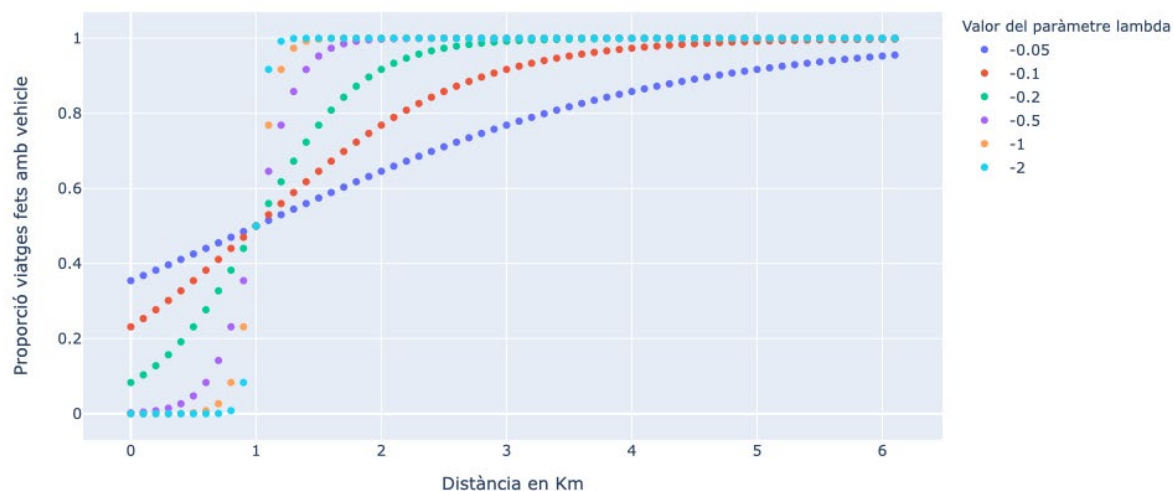


Figura 9. Proporció de viatges realitzats amb vehicle segons la distància i el valor de lambda

Per tal de diferenciar entre els desplaçaments motoritzats i no motoritzats en les matrius OD obtingudes prèviament, i tenint en compte que el Pla de Mobilitat Integral de la Vall Central d'Andorra (Govern d'Andorra, 2018) estima que el 23% dels desplaçaments a la Vall Central són a peu (Capítol 4, pàgina 3), s'ha aplicat el procés següent:

- 1) Inicialment s'ha obtingut la matriu de distància que comprèn les distàncies entre tots els parells OD. La distància entre cada un dels centroides s'ha calculat en base a la ruta més curta segons Open Street Maps (OSM) mitjançant la llibreria *pyrouelib3*⁷.
- 2) Seguidament es calcula el repartiment modal de la matriu OD inicial mitjançant la funció de repartiment modal i segons diferents valors de lambda. La Figura 10 mostra el nombre de viatges entre zones de la Vall Central realitzats amb vehicle respecte el total de viatges segons el valor de lambda.

⁷ <https://pypi.org/project/pyrouelib3/>

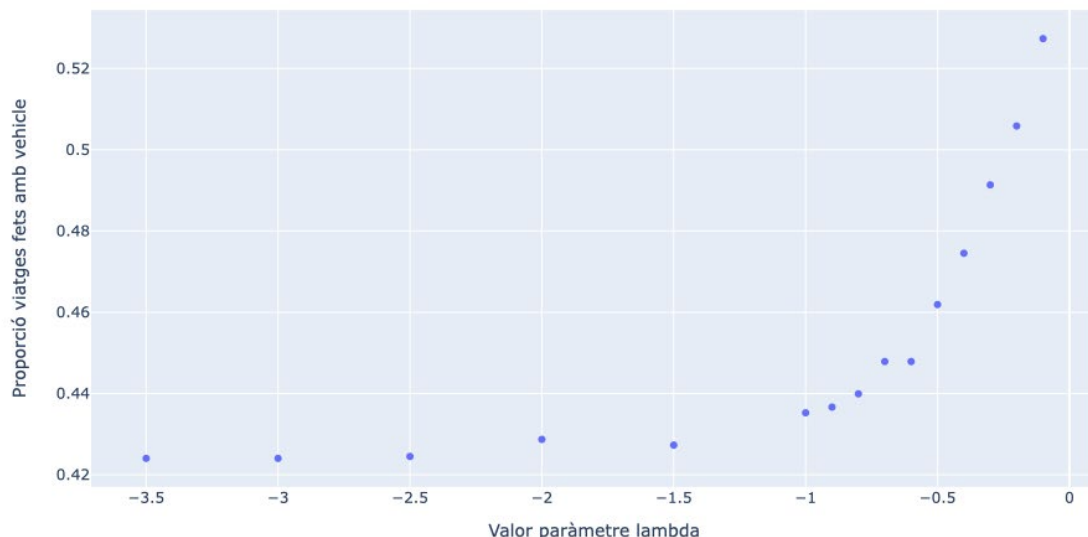


Figura 10. Proporció de viatges realitzats amb vehicle a la Vall Central segons el valor de lambda

Com es pot observar, com més a prop de zero és el valor de lambda més proporció de viatges es fan amb vehicle dins la Vall Central, fins a un límit proper al 53%. Finalment, per tal d'apropar-se al màxim al valor proposat en el pla de mobilitat de la Vall Central, s'ha escollit un valor de lambda de -0.1.

3.4 Escalat de les matrius OD

Un cop obtinguda la matriu OD dels vehicles cal escalar-la per tal d'adequar-la als volums reals observats. Aquest procés es realitza mitjançant les dades dels comptadors no intrusius ja que els comptatges són més precisos⁸ que els realitzats amb espies electromagnètiques. En concret s'utilitzen quatre punts de la xarxa viària pels quals es compleixen els següents criteris:

- Es disposa de comptadors no intrusius.
- Tots els camins entre determinades zones passen per un d'aquests punts.

Finalment s'utilitzen, per ordre de rellevància, els següents punts (en ambdós sentits):

- Bartra: es comptabilitzen tots els desplaçaments de les zones de la Vall d'Orient cap o des de la resta de zones.
- Margineda: es comptabilitzen tots els desplaçaments de les zones de Sant Julià i frontera hispano-andorrana amb la resta.
- Frontera riu Runer: es comptabilitzen tots els desplaçaments des de i cap a Catalunya.

⁸ Comunicació personal de l'Àrea de Mobilitat del Govern d'Andorra

- Envalira: es comptabilitzen tots els desplaçaments cap i des de les zones de Grau-Roig, Pas de la Casa i frontera francesa.

Per tots els desplaçaments entre zones que no estiguin incloses en els casos anteriors s'utilitza la mitjana de l'escalar calculat mitjançant tots els punts de comptatge. En qualsevol cas, com es presenta en la Figura 11 i la Figura 12, s'ha estudiat el comportament d'aquest escalar segons l'hora del dia, el comptador i dies diferents.

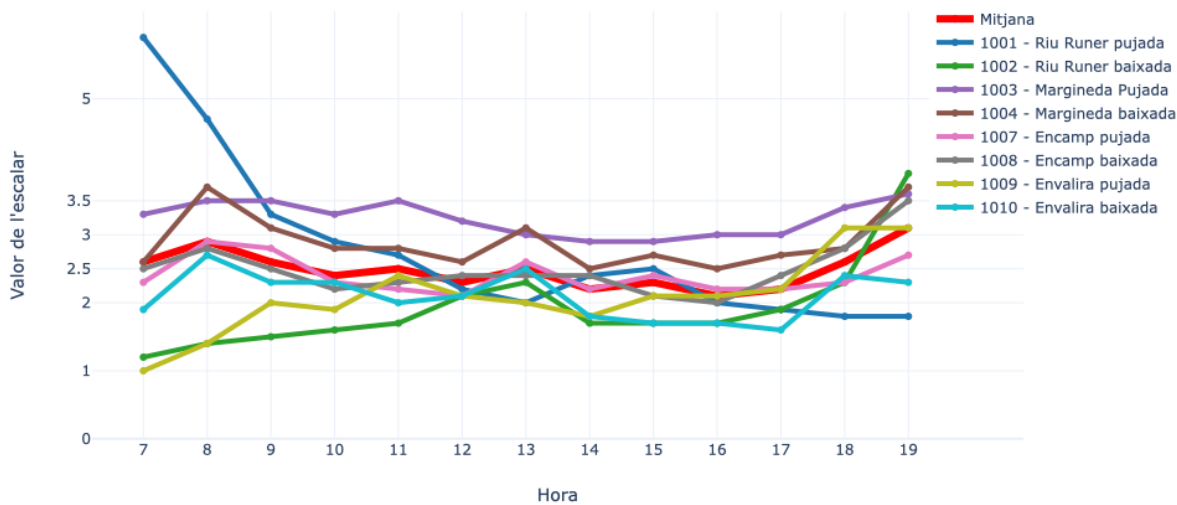


Figura 11. Evolució de l'escalar segons l'hora del dia i comptador

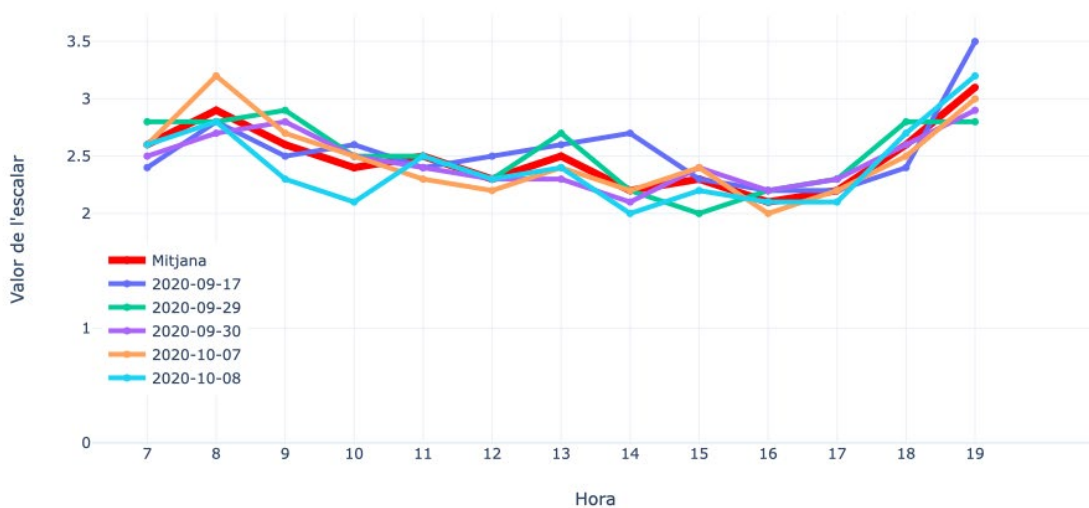


Figura 12. Evolució de l'escalar segons l'hora del dia i dies diferents

3.5 Assignació de rutes

L'últim pas de la metodologia consisteix en determinar la ruta escollida pels vehicles per tal de realitzar els trajectes entre cada parell OD. En aquest cas particular, per tal d'evitar la complexitat i dependència d'un model de simulació del trànsit, s'assumeix sempre la ruta més curta de temps en base a la llibreria *pyrouelib3* d'OSM.

3.6 Dies tipus analitzats

Seguint la metodologia descrita en les seccions anteriors, s'han analitzat cinc dies tipus a escala horària, els quals s'utilitzen a posteriori per obtenir l'activitat anual realitzada tant pels vehicles residents com pels dels turistes.

- 1) Dia feiner.
- 2) Dia feiner d'estiu (juliol i agost).
- 3) Dia festiu d'hivern⁹ (caps de setmana de desembre, gener, febrer i març).
- 4) Dia festiu de primavera/tardor (caps de setmana d'abril, maig, juny, setembre, octubre, novembre).
- 5) Dia festiu d'estiu (caps de setmana de juliol i agost).

La Figura 13 mostra la matriu OD del dia tipus 1. En l'Annex 1 s'inclouen els visors interactius de cada una dels dies tipus analitzats (p.ex., *1_feiner_matriu_od.html*).

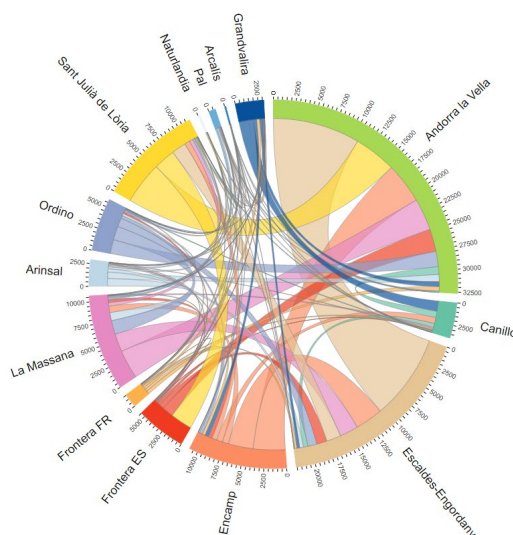


Figura 13. Matriu OD del dia tipus 1 (Dia feiner)

⁹ Els dos últims hiverns atípics viscuts degut a la covid-19 han obligat a utilitzar dades d'un altre període per representar aquest dia tipus. S'han assumit els valors del dia tipus 5.

La disponibilitat de dades representatives per construir cada un dels dies tipus és un dels desafiaments d'aquesta metodologia, especialment en l'època de pandèmia que estem vivint. En base a la metodologia descrita, per tal de poder representar cada dia tipus, cal disposar de les dades de telefonia mòbil així com de les dels comptatges de vehicles. La Taula 4 presenta els principals resultats obtinguts dels diferents dies tipus considerats (activitat diària, pes dels vehicles no-residents i trajecte mig).

Dia tipus	Període de dades	veh-km	Turistes	Trajecte mig
1. Dia feiner	Maig, juny, 2021	861855	10%	4,75
2. Dia feiner d'estiu	Juliol a 15 d'agost, 2021	917300	17%	5,21
3. Dia festiu d'hivern	Juliol a 15 d'agost 2021 ⁹	829801	26%	5,61
4. Dia festiu de primavera/tardor	Maig, juny 2021	682834	20%	5,09
5. Dia festiu d'estiu	Juliol a 15 d'agost 2021	829801	26%	5,61

Taula 4. Resultats obtinguts en els cinc dies tipus analitzats

Extrapolant els veh·km al llarg de l'any en base al nombre de cada dia tipus que conté l'any 2020, s'obté l'activitat total (en veh·km/any) tant pels vehicles dels residents com dels turistes (veure Figura 14).

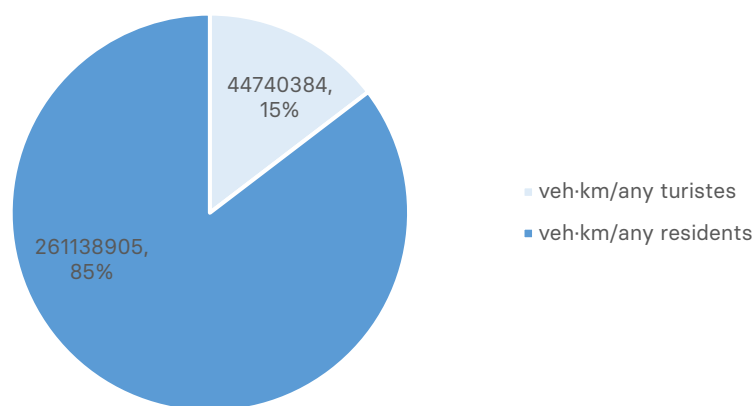


Figura 14. Activitat anual realitzada dins d'Andorra pels vehicles dels residents i dels turistes

4. ESTIMACIÓ DEL *FUEL TOURISM* D'ANDORRA

Gràcies a les seccions anteriors, en aquest punt, es disposa de gairebé tota la informació necessària per realitzar l'estimació del *fuel tourism* d'Andorra: caracterització del parc de vehicles andorrà i activitat total de les diferents tipologies de vehicles existents (Secció 2), i activitat dels vehicles residents i turistes dins d'Andorra (Secció 3). Per realitzar l'estimació final del *fuel tourism* únicament ens falta conèixer el tipus de vehicles amb el que ens visiten els turistes (vehicles no registrats a Andorra).

4.1 Parc de vehicles dels turistes

La caracterització dels vehicles amb els que ens visiten els turistes s'ha realitzat en base a les enquestes realitzades pel Departament d'Estadística als visitants durant l'any 2019. Aquestes inclouen els resultats obtinguts sobre el total de visitants enquestats al Minigasopas, Minienquestes i Hotels. La Figura 15 mostra la distribució dels vehicles enquestats segons les tipologies utilitzades pel Departament d'Estadística. El turisme de dièsel és clarament el vehicle majoritari (68% dels enquestats o 72% si hi afegim la categoria Furgoneta turisme), seguit del turisme de gasolina amb un pes del 26%. El full de càlcul *resum_enquestes_estadistica.xlsx* inclòs com annex presenta el detall dels resultats i les dades brutes de les enquestes.

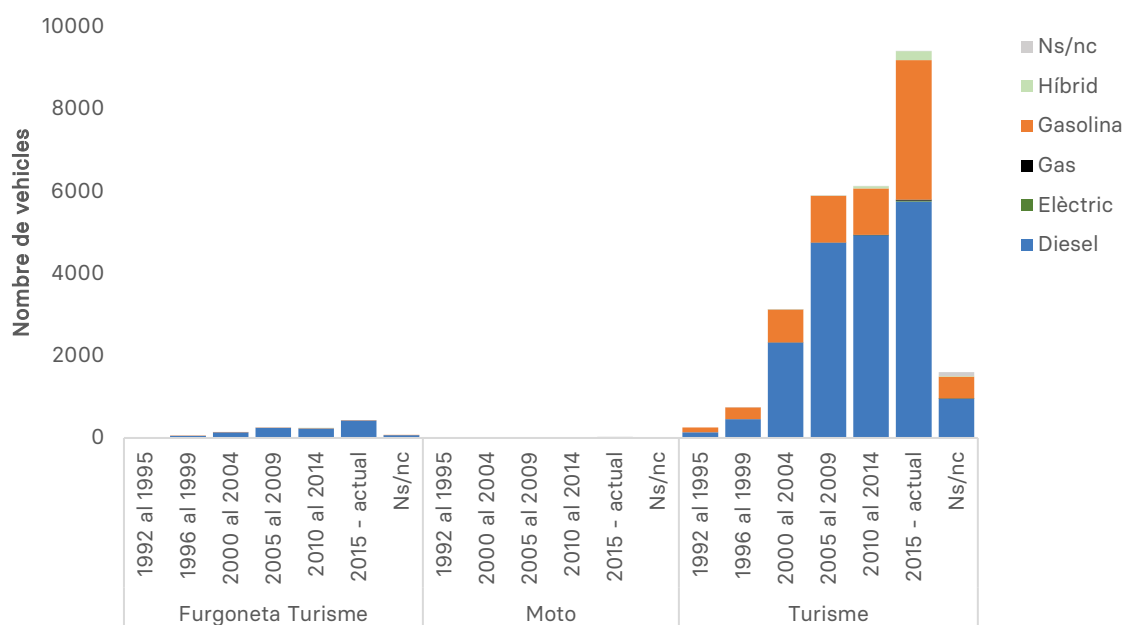


Figura 15. Distribució dels vehicles enquestats. Font: Departament d'Estadística

Per tal de poder realitzar els càlculs de consum i emissions mitjançant Copert, ha estat necessari associar tipologies de vehicles utilitzades en les enquestes a les categories NFR utilitzades per Copert. El detall aportat per les enquestes ha permès classificar els vehicles segons categoria, combustible i Euro estàndard. El segment únicament s'ha diferenciat en el cas dels turismes (*Large-SUV-Executive* per la tipologia "Furgoneta Turisme" i *Medium* per la tipologia "Turisme"). La Figura 16 mostra la distribució dels vehicles enquestats segons les categories NFR utilitzades en el càlcul amb Copert. La categoria *blank* inclou els 26 vehicles elèctrics enquestats i que Copert no té en compte en el càlcul de consum i emissions.

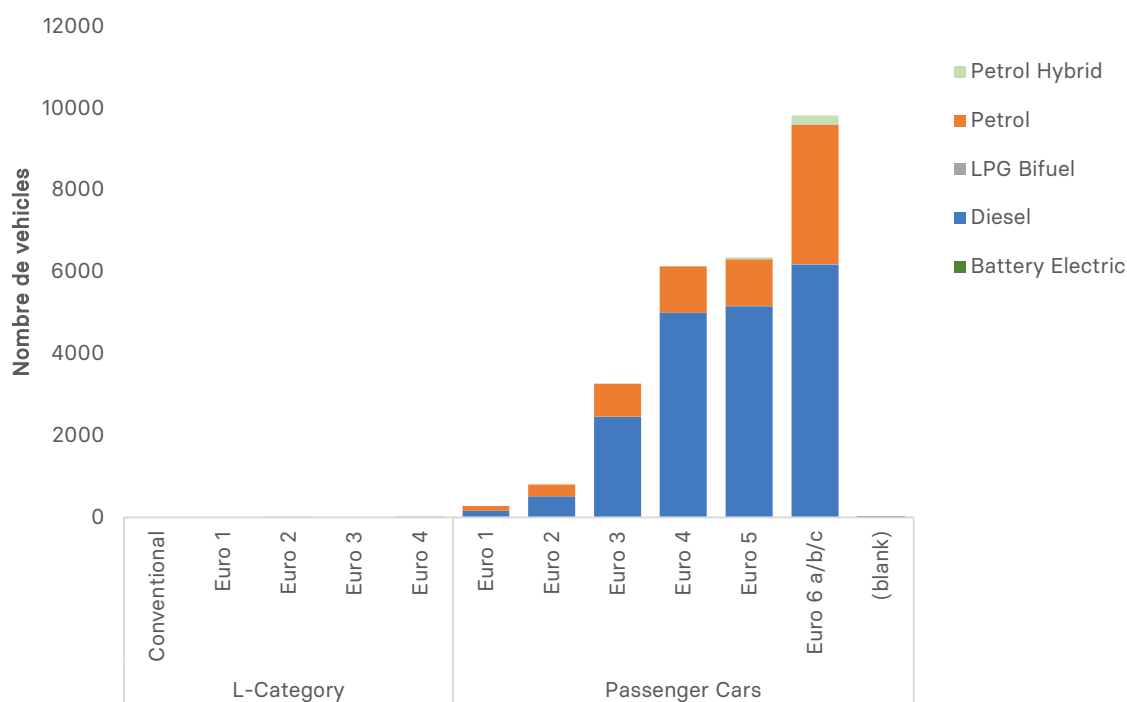


Figura 16. Distribució dels vehicles enquestats segons les categories NFR

S'ha considerat que totes les categories de vehicles fan, de mitjana, el mateix nombre de quilòmetres a l'any. Degut a que l'estoc real es desconeix, en l'entrada de Copert es treballa amb el valor d'enquestats mostrat en la Figura 16. De totes maneres, el valor rellevant en el càlcul de consum i emissions és el de veh·km (estoc · activitat mitjana) pel que el valor del càlcul està ponderat pel pes de cada categoria dels vehicles que visiten Andorra.

4.2 Consum energètic de la mobilitat dins d'Andorra

El consum energètic dels vehicles que circulen per dins d'Andorra s'ha calculat en dos projectes diferenciats de Copert per tal d'incloure l'associat als residents i als turistes (*Andorra_2020_Tier2_residents.cop* i *Andorra_2020_Tier2_turistes.cop* en l'Annex 1). La metodologia de càlcul és equivalent a la descrita en la Secció 2.2 adaptant les dades d'entrada pel que fa a estoc i activitat mitjana de cada categoria. La Figura 17 presenta el consum d'energia anual dels vehicles que circulen dins d'Andorra segregant turistes i residents.

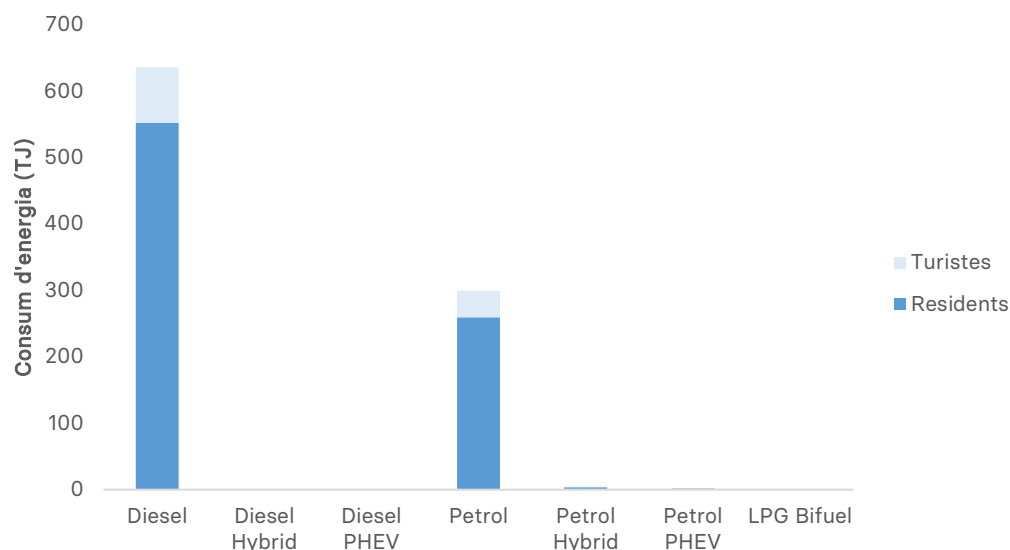


Figura 17. Consum d'energia anual dels vehicles que circulen dins d'Andorra

Segons el càlcul realitzat amb Copert v5.4, tal com es mostra en la Figura 18, els vehicles que circulen per dins d'Andorra utilitzen 942,3 TJ/any (593,6 TJ de gasoil i 348,7 TJ de gasolina). En l'Annex 1 s'inclouen els fulls de càlcul (*resultats_copert_residents_ec.xlsx* i *resultats_copert_turistes_ec.xlsx*) amb els resultats complets obtinguts pel que fa al consum d'energia i els fitxers de Copert (*Andorra_2020_Tier2_residents.cop*¹⁰ i *Andorra_2020_Tier2_turistes.cop*¹⁰), a través dels quals es poden exportar la resta de resultats (p.ex., emissions contaminants).

¹⁰ Copert es pot descarregar gratuïtament des de <https://www.emisia.com/utilities/copert/download/>

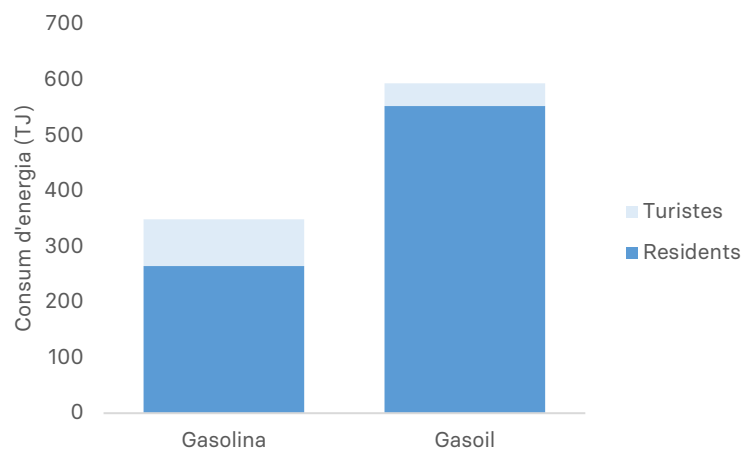


Figura 18. Consum d'energia associat a la mobilitat interna

4.3 *Fuel tourism* d'Andorra

Comparant els resultats de consum d'energia obtinguts amb les importacions de carburant a Andorra l'any 2019 (Govern d'Andorra, 2021), s'obté que el *fuel tourism* representa el 79,6% (84% i 65% de gasoil i gasolina, respectivament) del combustible venut a Andorra (veure Figura 19).

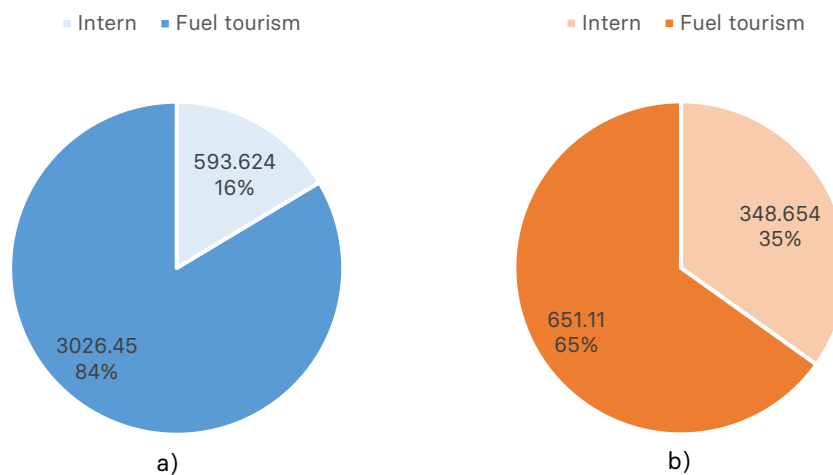


Figura 19. Distribució del combustible venut a Andorra. a) Gasoil (TJ, %), b) Gasolina (TJ, %)

La Figura 20 presenta el combustible venut a Andorra i el segrega en funció del lloc d'utilització i si ha estat adquirit per residents o turistes.

Com s'ha presentat anteriorment, el *fuel tourism* representa el 79,6% del combustible venut al país i d'aquest, el 71% es ven a turistes. La resta és combustible que els vehicles registrats a Andorra utilitzen fora del país.

El 20,4% del combustible venut a Andorra s'utilitza dins del país, majoritàriament pels residents o vehicles registrats al país (87% del combustible intern).

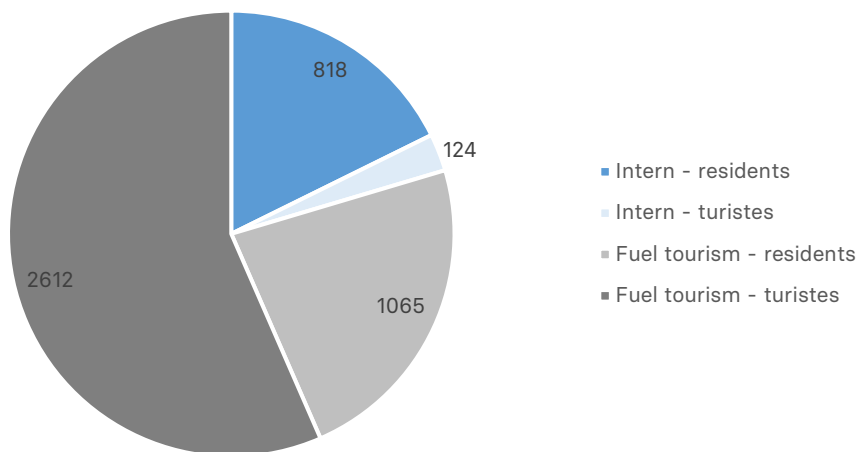


Figura 20. Distribució del combustible venut a Andorra (TJ) segons residents i turistes, i lloc d'utilització

5. PROPOSTA D'ACTUALITZACIÓ DE L'ESTIMACIÓ DEL *FUEL TOURISM*

Tal com s'ha pogut observar en les seccions anteriors d'aquest informe, el càlcul de l'estimació del *fuel tourism* comporta una metodologia força intensiva en l'ús de diferents fonts de dades. Tot i que els càlculs realitzats no són complexos, l'obtenció i el tractament de les dades per realitzar-los requereixen d'un temps considerable.

En vista de l'interès de treballar en actualitzacions anuals de l'estimació realitzada, en aquesta secció es resumeixen les principals variables i fonts de dades utilitzades i es proposa un període d'actualització per cada una d'elles, tenint en compte el seu pes en els resultats finals així com l'interès pel país en el seguiment d'aquestes.

5.1 Estoc i activitat dels vehicles registrats a Andorra

Conèixer els vehicles registrats al país i la seva activitat anual és cabdal en diferents àmbits de planificació (p.ex., mobilitat, assoliment d'objectius climàtics, qualitat de l'aire, etc.). Per aquest motiu, es considera que l'actualització d'aquesta informació caldria fer-la anualment. L'automatització realitzada en aquesta fase (veure Secció 2) facilitarà enormement aquesta tasca.

5.2 Activitat dels vehicles dins d'Andorra

L'activitat anual dels vehicles dins del territori andorrà s'estima en base a l'anàlisi de les dades de telefonia mòbil. Els resultats de l'estimació del *fuel tourism* són molt sensibles a canvis en els valors d'activitat estudiats. Per aquest motiu es considera important poder disposar d'aquesta informació anualment. A més, cal tenir en compte que la primera estimació s'ha realitzat en un període de pandèmia on algun dels dies tipus construïts no són del tot representatius.

5.3 Parc de vehicles dels turistes

Els vehicles amb els que ens visiten els turistes tenen una influència relativament petita sobre el valor final estimat de *fuel tourism*. Per aquest motiu es considera que no és imprescindible actualitzar aquesta informació anualment i es proposa fer-ho de forma bianual. Per a fer-ho caldrà assegurar poder disposar de la informació recollida pel Departament d'Estadística en les diferents enquestes adreçades als visitants.

6. CONCLUSIONS I IDENTIFICACIÓ DE MILLORES FUTURES

L'estimació realitzada en aquest estudi conclou que el *fuel tourism* representa el 79,6% del combustible venut al Principat d'Andorra (84% i 65% del gasoil i la gasolina, respectivament). És important remarcar que, en aquest estudi, el *fuel tourism* inclou tot el combustible venut al país i utilitzat fora de les fronteres d'Andorra, tant pels turistes (71% del *fuel tourism*) com pels residents (29% del *fuel tourism*).

Bona part de la metodologia desenvolupada per l'estimació del *fuel tourism* d'Andorra ha estat automatitzada en aquest estudi¹¹, fet que facilita replicar la metodologia periòdicament. En la Secció 5 d'aquest informe es fa una proposta d'actualització de cada una de les principals variables involucrades en el càlcul.

El context de crisi sanitària en el que s'ha realitzat aquesta estimació ha obligat a introduir algunes assumpcions en la metodologia que en un context normalitzat no haguessin estat necessàries. L'àmbit més afectat per aquest fet és l'estimació de l'activitat anual dels vehicles, tant dels vehicles registrats al país (a través de les ITV's) com de l'activitat interna que inclou residents i turistes (a través de dades de telefonia mòbil). Aquest fet provoca que la comparativa amb els resultats obtinguts en la propera actualització caldrà analitzar-la amb cautela.

A continuació s'han identificat potencials millores en la metodologia i en la recollida de dades a incorporar a futur per tal d'afinar l'estimació de *fuel tourism* realitzada:

- Assimilar les categories de vehicles utilitzades pel Departament d'Estadística a les categories NFR o a les d'algun altre estàndard internacional facilitaria el càlcul del consum i emissions del parc de vehicles i permetria fer també una comparativa més acurada amb la resta de països del nostre entorn. Aquest fet obligaria a adaptar la recollida de dades en el registre de vehicles, incorporant nova informació com l'Euro estàndard i el segment. En la mateixa línia, també seria positiu que les enquestes que es realitzen als visitants incorporin en la mesura del possible l'estructura principal de les categories NFR per tal de recollir la informació sobre els vehicles dels turistes.
- La metodologia proposada en aquest informe per estimar la mobilitat interna utilitza dades de telefonia mòbil i la zonificació del "Model nacional de mobilitat d'Andorra"¹². Per evitar afegir major complexitat a la metodologia d'estimació del *fuel tourism*, en aquesta fase, s'ha decidit prescindir del model de simulació del trànsit i assumir sempre la ruta més curta de temps en la fase d'assignació

¹¹ Veure <https://github.com/actuatech/fuel-tourism>

¹² Projecte en curs d'Andorra Recerca + Innovació

de rutes. Aquest fet pot provocar una petita subestimació de la distància dels trajectes i obliga també a assumir la velocitat mitja d'aquests en el càlcul del consum d'energia. En un futur, quan es disposi d'un model de simulació del trànsit més robust, serà interessant tornar a valorar la idoneïtat d'incorporar-lo en la metodologia de càlcul proposada.

REFERÈNCIES

- Banfi, S., Filippini, M., & Hunt, L. C. (2005). Fuel tourism in border regions: The case of Switzerland. *Energy Economics*, 27(5), 689–707. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2005.04.006>
- Banfi, S., & Hunt, L. C. (2003). *Fuel tourism in border regions*. (23).
- Daly, H., & Ó Gallachóir, B. P. (2011). Modelling private car energy demand using a technological car stock model. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(2), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2010.08.009>
- DOYMO. (2014). *Anàlisi de l'evolució i composició del trànsit a Andorra (1990-1995-2000-2005-2020-2012)*.
- EEA. (2020). *Methodology for the calculation of exhaust emissions – SNAPs 070100-070500, NFRs 1A3bi-iv*.
- Govern d'Andorra. (2012). *Llibre Blanc de l'Energia d'Andorra*. Retrieved from https://www.mediambient.ad/images/stories/energia/documents/LlibreBlanc_2012.pdf
- Govern d'Andorra. (2018). *Pla de Mobilitat Integral de la Vall Central d'Andorra*. Andorra la Vella.
- Govern d'Andorra. (2021). Importacions de carburants (Litres). Retrieved July 7, 2021, from <https://www.estadistica.ad/serveiestudis/web/index.asp>
- Gutiérrez Puebla, J., Benítez, C., Leaño, J. M., García Palomares, J. C., Condeço Melhorado, A., Mojica, C., ... Romanillos Arroyo, G. (2019). *Cómo aplicar big data en la planificación del transporte urbano: El uso de datos de telefonía móvil en el análisis de la movilidad*. 124. <https://doi.org/10.18235/0002009>
- Hickman, J., Hassel, D., Joumard, R., Samaras, Z., & Sorenson, S. (1999). Methodology for calculating transport emissions and energy consumption. *Transportation Research Board*.
- Jansen, D. J., & Jonker, N. (2018). Fuel tourism in Dutch border regions: Are only salient price differentials relevant? *Energy Economics*, 74(June 2015), 143–153. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.05.036>
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Modelling*.
- Romero-Jordán, D., García-Inés, M. J., & García, S. Á. (2013). The impact of fuel tourism on retailers' diesel price in Spanish neighbouring regions. *Applied Economics*, 45(4), 407–413. <https://doi.org/10.1080/00036846.2011.605757>
- Travesset-Baro, O. (2017). *Prospectiva energètica al Principat d'Andorra*. Model

integrat d'avaluació de la seguretat energètica per a la transició cap a un escenari sostenibilista (Universitat Politècnica de Catalunya). Retrieved from <http://www.tdx.cat/handle/10803/460913>