



WAS Water, Air & Soil

Client SIRUSA

**EINA DE CÀLCUL DE LA PETJADA DE
CARBONI DE LA PLANTA DE
VALORITZACIÓ ENERGÈTICA DE SIRUSA
DE TARRAGONA**

INFORME FINAL DE PROJECTE





Informe redactado por Carmen Torres i Francesc Castells

Títol:	Informe final de projecte - Eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE de SIRUSA
Informe n.:	2022-SIRUSA-0001
Oferta n.:	2022-024635
Responsable tècnic	Carmen Torres Costa carmen.torres@eurecat.org
Responsable comercial	Jesús Boschmonart Rives jesus.boschmonart@eurecat.org
Data:	30-11-2022
Client:	SERVEI D'INCINERACIO DELS RESIDUS URBANS SA
Receptor:	Armengol Grau Franquet Director Gerent agrau@sirusa.cat (+34) 666 43 49 94
Direcció:	Polígon Industrial Riu Clar, Carrer del Coure, 8 43006 Tarragona www.sirusa.es
Pàgines	38



Índex

1	RESUM EXECUTIU	4
2	INTRODUCCIÓ	5
2.1	OBJECTIUS	5
2.2	PROPOSTA I ABAST.....	5
2.3	METODOLOGIA BASE.....	6
3	BLOC 1: INSTAL·LACIONS PVE	7
3.1	METODOLOGIA EMPRADA	7
3.2	EMISSIONS INDIRECTES	7
3.3	CARACTERITZACIÓ DEL RESIDU.....	10
3.4	EMISSIONS DIRECTES	13
3.5	PETJADA DE CARBONI TOTAL I ANÀLISIS DE SENSIBILITAT	14
3.6	CRÈDITS DEL SISTEMA	15
3.7	ESCENARI FUTUR	15
4	BLOC 2: CIRCUIT DE RECOLLIDA	17
4.1	METODOLOGIA EMPRADA	17
4.2	ESTIMACIÓ DE CONSUMS DE COMBUSTIBLE.....	17
4.3	CÀLCUL DE LES EMISSIONS DE GEH	20
4.3.1	<i>Càlcul en funció de consum de combustible</i>	20
4.3.2	<i>Càlcul per utilització de factors d'emissió de base de dades</i>	21
4.4	COMPARACIÓ DE RESULTATS AMB ALTRES FONTS	22
5	DESCRIPCIÓ DE LES EINES DE CàLCUL	23
5.1	EINA DE CàLCUL DE PETJADA DE CARBONI DE LA PVE.....	23
5.1.1	<i>Dades d'entrada</i>	23
5.1.2	<i>Paràmetres de càlcul opcionals</i>	25
5.1.3	<i>Resultats</i>	29
5.2	EINA DE CàLCUL DE PETJADA DE CARBONI DE LA RECOLLIDA DE RSU	31
6	CONCLUSIONS	34
7	SIGNATURES	35
8	BIBLIOGRAFIA	36
1.	ANNEX I.....	37
	CONTROL DE CANVIS	38

1 Resum executiu.

En el present informe es detallen les metodologies emprades i es descriuen les eines de càlcul dissenyades per a l'estimació de la petjada de carboni en dos sub-sistemes de la Planta de Valorització Energètica (PVE) de residus sòlids urbans (RSU) de SIRUSA (Servei d'Incineració de Residus Sòlids Urbans de Tarragona, S.A.): 1) les activitats dins de les instal·lacions de la PVE, i 2) el circuit de recollida i transport dels RSU des dels diferents punts de procedència. Aquestes eines a més permeten plantejar escenaris diferenciats, per exemple, per a modelitzar actuacions futures i les seves conseqüències en la petjada de carboni (secció 2.2).

En ambdós bloc de treball, el càlcul de la petjada de carboni es realitza seguint la tècnica de Avaluació de Cicle de Vida (ACV), mitjançant la qual s'avaluen els efectes ambientals derivats d'un producte, procés o activitat, tenint en compte tot el seu cicle de vida, des dels seus orígens com a matèria primera fins al seu final com a residu (secció 2.3).

En el Bloc 1, càlcul de la petjada de carboni de les activitats dins de la PVE, s'han considerat les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) directes i indirectes. Les directes consideren les produïdes principalment durant la pròpia incineració del residu i també per a la combustió de combustible com suport energètic (secció 3.4). Les emissions indirectes son les associades als fluxos materials i energètics que es bescanvien entre el sistema PVE i l'entorn (secció 3.2). De la suma de les emissions directes i indirectes s'obté un valor de petjada de carboni total de 0,604 kg CO₂eq/kg RSU o 89061 t CO₂eq/any 2019 o 1,794 t CO₂eq/MWh generat. D'elles més d'un 97% es deriven de les emissions directes, i d'aquestes el percentatge de fracció plàstic, és el paràmetre amb contribució més important. De l'anàlisi de sensibilitat fet es deriva que la fiabilitat dels resultats depèn de la representativitat de la caracterització del residu (secció 3.5).

En el bloc 2, es plantegen dos mètodes de càlcul de la petjada de carboni de la recollida i transport de residus: 1) mètode basat en el consum de combustible dels vehicles, i 2) mètode basat en el factor d'emissió de la base de dades de ACV. Finalment, ambdós mètodes arriben a petjades de carboni per tona mètrica de residu similars, a prop de 6,2 kg de CO₂ eq./t de RSU. Aquest valor es baix comparat amb els presentats per altres estudis (secció 4.4). Es per això que s'insisteix en la possibilitat d'obtenir per part dels operadors valors més realistes de consum de combustible.

Per últim, es descriuen les eines de càlcul en format de full d'Excel dissenyades per a cada bloc (secció 5.1 i 5.2). Aquestes eines permeten analitzar els resultats de petjada de carboni desagregats en les diferents entrades d'inventari. Addicionalment serveixen per a plantejar escenaris futurs mitjançant la modificació de les dades d'entrada i l'automatització del càlcul. Finalment, s'indiquen també els paràmetres a actualitzar per millorar la qualitat del càlcul.

2 Introducció.

2.1 Objectius.

Avaluació de la petjada de carboni mitjançant la metodologia ACV de la Planta de Valorització Energètica (PVE) de residus sòlids urbans (RSU) de SIRUSA (Servei d'Incineració de Residus Sòlids Urbans de Tarragona, S.A.).

- Anàlisi de la petjada de carboni de la situació actual
- Anàlisi de la petjada de carboni després de la implementació de mesures en la línia de reduir l'impacte ambiental i les millors tècniques disponibles.
- Estudi específic de dos abasts: instal·lacions de la PVE i xarxa de recollida (veure descripció dels blocs de treball més endavant).

2.2 Proposta i abast.

L'estudi permet establir la petjada de carboni del funcionament actual de la PVE que serveixi com a base per fer un seguiment de la seva evolució després de noves inversions.

Com a entregable resultant del projecte, SIRUSA compta amb l'ús exclusiu d'una eina de càlcul de petjada de carboni, en format Excel, que permeti fer l'anàlisi dels escenaris esmentats i alhora, permeti a l'empresa, determinar aquesta variable modificant diferents paràmetres associats amb dades d'entrada.

La eina es dissenya en col·laboració amb SIRUSA seguint els interessos del client en quant format, simplificacions i paràmetres de interès.

El model de càlcul comprendrà dos blocs:

- Bloc 1: Els límits del ACV comprenen la petjada de carboni associada als consums (materials i energètics), emissions directes i instal·lacions de la PVE. Queden fora de l'abast els impactes associats al flux dels residus previ a l'entrada en la PVE (recollida de residus); així com els processos aigües avall de la PVE, és a dir, els impactes associats als fluxos de materials i energia que surten de la PVE. La situació actual es compararà amb la situació futura basada en els canvis derivats de les actuacions planejades en les instal·lacions. Per tant, s'avaluaran dos escenaris:
 - Escenari base: tractament de 125.000 tones anuals, amb ús eventual de gasoil com a combustible auxiliar. Aquest escenari correspon al funcionament actual de la planta.
 - Escenari objectiu: tractament de 160.000 tones anuals, amb ús eventual de gas natural com a combustible auxiliar. Aquest escenari correspon al funcionament de la planta en el futur, després de les oportunes inversions i millores de la planta.
- Bloc 2: El càlcul de la petjada de carboni s'ampliarà per a incloure el flux dels residus abans de la seva entrada en la PVE. El model se centrarà en el circuit de recollida de residus que arriben a la PVE. Com que SIRUSA dona servei a diverses comarques, amb aquesta informació addicional, es podran monitorar les actuacions previstes en l'optimització de les rutes de recollida.

2.3 Metodologia base

El càlcul de la petjada de carboni es realitza seguint la tècnica de Avaluació de Cicle de Vida (ACV), mitjançant la qual s'avaluen els efectes ambientals derivats d'un producte, procés o activitat, tenint en compte tot el seu cicle de vida, des dels seus orígens com a matèria primera fins al seu final com a residu. El marc metodològic general serà les fases de càlcul establertes en la norma ISO 14040:2006. Aquestes fases són: i) establiment de l' objectiu i abast de l' ACV; ii) elaboració de l'inventari de càrregues ambientals en el cicle de vida (cadena de valor en el cas d'una organització); iii) anàlisi d' impacte mitjançant càlcul d' indicadors en categories d' impacte seleccionades; i iv) interpretació dels resultats en funció de l'objectiu i abastos plantejats.

Per tant, la ISO 14040:2006 descriu els principis i el marc, mentre que la ISO 14044:2006 [1] proporciona un esquema dels requisits i directrius per dur a terme un ACV. Específicament, pel que fa la petjada de carboni, la ISO 14067:2018 [2] especifica els principis, requisits i directrius per a la quantificació i la notificació de la petjada de carboni d'un producte, d'una manera coherent amb els estàndards internacionals d'avaluació del cicle de vida ja esmentats.

A continuació es presenten les metodologies considerades per al càlcul dels dos blocs de treball. En cada bloc ha sigut necessari establir una base càlcul, una sèrie de supòsits i unes fonts de dades de referència, els quals es detallen a continuació juntament amb els resultats obtingut en cada bloc i la discussió dels mateixos.

3 Bloc 1: instal·lacions PVE.

En aquest apartat s'ha inclòs la descripció dels càlculs per a la determinació de la petjada de carboni associada a les activitats de la planta de valorització energètica (PVE). Per tant, els límits del sistema seran el corresponents a les instal·lacions de la PVE.

3.1 Metodologia emprada

Per al càlcul de la petjada de carboni de la PVE s'han considerat les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) degudes a les activitats que es duen a terme dins de les instal·lacions de la PEV. Es distingeixen les emissions directes de GEH a la pròpia PVE, i les emissions indirectes associades als fluxos materials i energètics que es bescanvien entre el sistema PVE i l'entorn. Com emissions directes es contaràn els GEH produïts principalment durant la pròpia incineració del residu i també per la combustió de combustible com suport energètic. Per altra banda, les emissions indirectes seran els GEH que, encara que no es produeixin dins dels límits físics de la PVE, son conseqüència de la seva activitat, ja sigui la producció i distribució de materials i recursos que es fan servir a la planta o el transport i tractament de subproductes i residus que surten de la PVE.

El càlcul de les emissions de GEH indirectes (en detall a la secció 3.2) té com base el balanç de matèria i energia de la PEV. Sobre aquest balanç s'identifiquen els fluxos de materials d'entrada i sortida que corresponen amb la quantitat anual de residus tractats. Aquests fluxos es converteixen en petjada de carboni mitjançant factors d'impacte de bases de dades ACV reconegudes, com ara Ecoinvent [3].

Pel que fa a les emissions directes que es deriven de la combustió del combustible de suport ja es comptabilitzen en el propi factor d'impacte escollit que inclou les emissions durant la combustió del combustible a més de les indirectes per la producció del mateix. De totes maneres, com es comprovarà amb els resultats, la gran majoria de les emissions directes son producte de la incineració dels residus. El càlcul de les emissions GEH per part de la incineració es basa en la caracterització del residu sòlid urbà incinerat, es a dir, la seva composició. En aquest cas s'ha optat per establir la composició en funció de les diferents fraccions del residu. El procediment per establir les fraccions considerades de cada tipus de residu es detalla a l'apartat 3.3 mentre que la metodologia de càlcul adoptada es descriu a l'apartat 3.4.

3.2 Emissions indirectes

Per el càlcul del escenari base (la situació actual) es pren com representatiu el balanç de 2019 proporcionat per SIRUSA a l'informe d'explotació per a 2019 (arxiu anomenat *HRA-2019.xls*). A la Taula 3-1 es detalla l'inventari de dades primàries per l'any 2019 emprades en el càlcul i que son variables de entrada al model. En aquest inventari també s'inclou la producció anual de electricitat a la planta i les tones totals de residus que es processen que permeten expressar la petjada de carboni en base a tona de residu o kWh produït.

Taula 3-1. Dades primàries de la PVE de SIRUSA, entrades i sortides de materials i energia per al any 2019.

Residu	Valor	Unitats
<i>RSU Inc Teòric</i>	140775	t/any
<i>RSU Entrada</i>	147564	t/any
<i>Energia generada</i>		
<i>Vapor generat</i>	335911	t/any
<i>EAP (Produïda)</i>	49648	MWh/any
<i>EAE (Exportada)</i>	41756	MWh/any
<i>EAE (Importada)</i>	905	MWh/any
Consum materials	Valor	Unitats
<i>Gasoil</i>	64167	L/any
<i>CaO</i>	867	t/any
<i>Carbó actiu</i>	30,5	t/any
<i>NH₃</i>	167480	kg/any
<i>H₂SO₄</i>	4902	kg/any
<i>Oli usat</i>	501	kg/any
<i>Aigua</i>	54765	m ³ /any
<i>Aigua desmineralitzada</i>	22044	m ³ /any
Sortides materials	Valor	Unitats
<i>Llots de tractament d'efluents</i>	50	t/any
<i>Abocament de aigua</i>	1106	m ³ /any
<i>Escòria</i>	27628	t/any
<i>Residu de fons del reactor</i>	21	t/any
<i>Cendres</i>	4061	t/any
<i>Ferralla</i>	2623	t/any
<i>Minerals</i>	14,04	t/any

Aquestes quantitats es converteixen en petjada de carboni mitjançant la multiplicació amb factors d'impacte de la base de dades Ecoinvent [3] versió 3.1 corresponents al GWP 100a (*Global Warming Potential* a 100 anys de horitzó temporal) tenint en compte el potencials d'escalfament dels GEH donats per l'IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*). Els factors d'impacte d'un flux material o d'energia consideren les emissions acumulades en el cicle de vida del flux, i tenen unitats de kg CO₂eq / unitat de flux. Per exemple, el factor d'impacte de la matèria primera calç viva (CaO) considera les emissions de GEH acumulades des de la extracció dels recursos naturals i energètics, els materials auxiliars, la pròpia producció i fins i tot la distribució mitjana segons l'origen.

A la Taula 3-2 es presenta la llista de datasets escollits de la base de dades Ecoinvent dels quals s'han extret els factors d'impacte per al càlcul de la petjada de carboni. Els factors de la versió actualitzada d'Ecoinvent en el moment de l'elaboració de l'informe es poden consultar a l'eina de càlcul, tal i com es descriu més endavant a la secció 5.

Taula 3-2. Sèries de dades usades en el càlcul del indicador GWP100a per als fluxos d'entrades i sortides del sistema, amb les seves unitats de referència.

Material Entrada	Sèrie de dades Ecoinvent	Unitats
<i>Gasoil</i>	heat production, light fuel oil, at industrial furnace 1MW, EU w/o CH	MJ
<i>CaO</i>	market for quicklime, milled, packed, RER	kg
<i>Carbó actiu</i>	market for activated carbon, granular, GLO	kg
<i>NH₃</i>	market for ammonia, anhydrous, liquid - RER	kg
<i>H₂SO₄</i>	market for sulfuric acid - RER	kg
<i>Oil usat</i>	treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration, with energy recovery - Europe without Switzerland	MJ
<i>Aigua</i>	market for tap water - Europe without Switzerland	kg
<i>Aigua desmineralitzada</i>	water production, deionised - Europe without Switzerland	kg
<i>Gas Natural</i>	heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW, Europe without Switzerland	MJ
<i>Electricitat</i>	market for electricity, low voltage, ES	MWh
Material salida	Sèrie de datos Ecoinvent empleada	Unitats
<i>Llots de tractament d'efluents</i>	market for sewage sludge - CH	m ³
<i>Abocament de aigua</i>	market for wastewater, average - Europe without Switzerland	m ³
<i>Escòria</i>	gravel production, crushed, RoW	kg
<i>Residu de fons del reactor</i>	process-specific burdens, residual material landfill, Europe without Switzerland	kg
<i>Cendres</i>	process-specific burdens, residual material landfill, Europe without Switzerland	kg
<i>Ferralla</i>	market for aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting - GLO	kg
<i>Minerals</i>	process-specific burdens, residual material landfill, Europe without Switzerland	kg

Per tant, els factors d'impacte es multipliquen pels fluxos tenint en compte la coherència de les unitats de referència emprades, de manera que es calcula la petjada de carboni deguda a cada material implicat en el sistema. Els resultats de petjada de carboni es mostren a la Taula 3-3 per **tona** de residu (segona columna) i per a l'any 2019 (tercera columna). Es pot observar que la major part de les emissions indirectes son conseqüència de les petjades de carboni dels materials que entren al sistema (95,95%), de les quals un 46,55% provenen de l'òxid de calci consumit a la planta, seguit per l'amoníac (21,31%). Cal esmentar que en la petjada de carboni del gasoil (aproximadament 1,4 kg de CO₂.eq/t RSU) ja s'inclouen les emissions durant la combustió a més de les pròpies de la producció del gasoil. En total la petjada de carboni deguda a les emissions indirectes per l'ús de productes s'acosta a **14,5 kgCO₂.eq/t RSU**.

Taula 3-3. Resultats de la petjada de carboni deguda als fluxos de productes d'entrada i sortida.

	<i>kgCO₂.eq/t RSU</i>	<i>t CO₂.eq/any</i>	<i>%</i>
CONSUMS MATERIALS	13,949	2058,34	99,31
<i>Gasoil</i>	1,387	204,64	9,87
<i>CaO</i>	6,768	998,70	48,19
<i>Carbó actiu</i>	0,637	93,94	4,53
<i>NH₃</i>	3,098	457,22	22,06
<i>H₂SO₄</i>	0,004	0,52	0,03
<i>Aceite usado</i>	0,002	0,35	0,02
<i>Aigua</i>	0,123	18,18	0,88
<i>Aigua desmineralitzada</i>	0,043	6,41	0,31
<i>Electricitat importada</i>	1,886	278,37	13,43
SORTIDES MATERIALS	0,096	14,21	0,69
<i>Llots de tractament d'efluents</i>	0,001	0,19	0,01
<i>Abocat de aigua</i>	0,004	0,54	0,03
<i>Residu de fons del reactor</i>	0,001	0,07	0,00
<i>Cendres</i>	0,091	13,36	0,64
<i>Minerales</i>	0,001	0,05	0,00
TOTAL	14,045	2072,54	100

3.3 Caracterització del residu

Com s'ha mencionat abans, el càlcul de les emissions GEH per part de la incineració es basa en la caracterització del residu sòlid urbà incinerat, es a dir, en la seva composició. La metodologia de càlcul establerta consisteix en l'adaptació del procediment especificat a la guia del IPCC per la realització dels inventaris de gasos d'efecte hivernacle desenvolupada en 2006 i refinada en 2019 [4] i en concret el capítol 2 del volum 5 (*Waste Generation, Composition and Management Data*) i el capítol 5 (*Incineration and Open Burning of Waste*).

En el procediment general recollit a l'esmentat document es fa una classificació de las fraccions dels residus que serà l'adoptada en aquest treball. Això, facilitarà l'ús de factors d'emissions i percentatges de composició per defecte. Addicionalment, la caracterització feta a SIRUSA dels RSU es fàcilment convertida a la proposada, es a dir, hi ha una correspondència senzilla entre la divisió de les fraccions que consta a SIRUSA i la proposta en la metodologia de referència.

El percentatge de fraccions dels residus que entren a SIRUSA es basa en els informes de caracterització mensuals aportats per a recollides de Tarragona i Reus durant l'any 2019. S'ha

realitzat un tractament de dades de manera que de la totalitat de tipologies de residus caracteritzats per la empresa que fa les anàlisis es deriven unes fraccions generals que anomenarem com Grans Fraccions a SIRUSA. La correspondència seria la mostrada en la Figura 3-1 a l'esquerra. A continuació, aquesta caracterització de grans fraccions a SIRUSA es transforma seguint la classificació proposada per l'IPCC que anomenarem Grans Fraccions IPCC (Figura 3-1, dreta).

El procediment de càlcul de las fraccions s'inclou de manera detallada a l'eina de càlcul, a l'arxiu Excel "*ModelIPC_PVE_SIRUSA.xls*" a la pestanya "*Caracterització RSU 2019*" que acompanya el present informe. La caracterització resultant del residu de 2019 per al qual es calcula la petjada de carboni es mostra a la Taula 3-4 (segona columna). S'han considerat una sèrie de suposicions com són assimilar les cel·luloses a bolquers si bé s'entén que hi inclouria altres productes d'higiene. Es deixa en blanc l'apartat de cautxú i cuir, i s'engloben en la categoria "altres" la resta de fraccions. Per altra banda, es considera un percentatge de residu amb composició diferenciada provinent de SECOMSA. Aquest percentatge se aplica al resultat de l'anàlisi de RSU per obtenir les Grans Fraccions globals de residu.

El càlcul de les emissions de gasos d'efecte hivernacle, particularment del CO₂, depèn directament de la caracterització dels RSU perquè és necessari establir la fracció de carboni fòssil present i que serà responsable de la petjada de carboni de la incineració. A la pràctica es tracta de la relació establerta per l'estequiometria de la reacció de combustió a partir del carboni i per tant per arribar a la fracció de carboni fòssil es necessari identificar les fraccions de matèria seca, carboni total, i carboni fòssil que corresponen a cada tipologia de RSU. A la Taula 3-4 (tercera, quarta i quinta columnes) es mostren el valors que es fan servir en el càlcul actual, prenent els valors per defecte extrets de la esmentada guia IPCC que corresponen a estudis de plantes incineradores de residus sòlids urbans (Taula 2.4 de la guia IPCC Vol.5 Ch. 2 [4]).

Es important esmentar que com es veurà a l'anàlisi de sensibilitat, les emissions directes suposen el gruix de la petjada de carboni, perquè la seva contribució es de més del 97%. Per tant, el càlcul serà tant més precís com més representativa sigui la caracterització dels residus, incloent la fracció seca, el contingut de carboni i la fracció de carboni fòssil establerts per cada tipus de residu.

Taula 3-4. Fraccions grans calculades a partir de la caracterització dels RSU i valors per defecte de contingut sec, fracció de carboni i fracció de carboni fòssil.

Grans fraccions IPCC	Fracció RSU (%)	Fracció seca (%)	Fracció carboni (%)	Fracció carboni fòssil (%)
Food	16,17	40	38	0
Garden&park waste	4,65	40	49	1
Paper&cardboard	10,65	90	46	0
Wood	2,33	85	50	0
Textile	20,69	80	50	20
Nappies	8,64	40	70	10
Rubber and leather	0,00	84	67	20
Plastics	18,60	100	75	100
Metal	3,59	100	0	0
Glass (and pottery)	6,47	100	0	0
Other (ash, dust, soil, electronic waste)	8,20	90	3	100

3.4 Emissions directes

El càlcul de la petjada de carboni derivada de les emissions durant incineració es compon de emissions de CO₂, CH₄ i N₂O d'acord al mètode especificat en la guia. Dels gasos esmentats la contribució del CO₂ serà majoritària. El procediment d'estimació de les quantitats de GEH directes es mostra en la eina de càlcul, a l'arxiu Excel "*ModelPC_PVE_SIRUSA.xls*" en la pestanya "*Emissions directes*".

Com ja s'ha comentat abans, el càlcul de les emissions de CO₂ es basen en la estequiomètrica de la reacció de combustió. La equació aplicada es la mostrada a continuació, Equació 1.

$$Emissions\ CO_2 = RSU \cdot \sum_j (FR_j \cdot FS_j \cdot FC_j \cdot FCF_j \cdot FO_j) \cdot \frac{44}{12} \quad [Equació\ 1]$$

On, RSU es la massa de residus sòlids urbans incinerats. Si, per exemple, la quantitat anual de residus estigués expressada en t RSU/any, les emissions calculades vindrien en t CO₂ /any. L'índex *j* correspondria a cada una de les grans fraccions IPCC de la Taula 3-4 (files), *FR_j* es la fracció de RSU de tipus *j* (segona columna), *FS_j* es la fracció seca en el tipus *j* (tercera columna), *FC_j* es la fracció de carboni en el RSU de tipus *j* (quarta columna), *FCF_j* es la fracció de carboni fòssil en el RSU de tipus *j* (quinta columna). *FO_j* es la fracció de oxidació per al tipus de RSU *j*, per aquest factor s'ha establert un valor conservador de 100% com s'indica per defecte en la Guia IPCC.

Aplicant la Equació 1 el resultat de petjada de carboni de les emissions directes seria de **0,59 kg CO₂/kg RSU** (86986 t CO₂/any 2019), dels quals, prop d'un 86% de les emissions es deriven de la combustió del plàstic i un 10% del tèxtil, degut al seus percentatges com a grans fraccions, i a la quantitat de carboni fòssil que es suposa finalment. Aquest valor calculat es desvia poc del valor de petjada de carboni que es troba per a la incineració de RSU amb dades del territori espanyol a la base de dades Ecoinvent v3.1, el qual es de de 0,52 kg CO₂/kg RSU.

A aquestes emissions de CO₂ cal sumar les emissions d'altres GEH segons la Guia IPCC, CH₄ i N₂O, encara que siguin poc significatives. En el cas del CH₄ es descriuen com més dependents de la continuïtat del procés d'incineració, la tecnologia d'incineració i les pràctiques de gestió. A la Taula

5.3 de la Guia IPCC es recullen factors de emissió per distints tipus de incineració i tecnologia. Donat el cas de SIRUSA s’ha seleccionat el corresponent a incineració continua i “Stoker” davant “fluidised bed”. Per aquest tipus el factor es de 0,2 g CH₄/t RSU (pes humit). Per a les emissions de N₂O s’estableix de la mateixa forma un factor d’emissió segons el tipus de tecnologia, específicament 47 g N₂O/t RSU (pes humit, Taula 5.4 de la Guia IPCC). Es fa evident que amb aquests factors tan petits, les emissions de CO₂ es poden suposar com la totalitat del GEH.

3.5 Petjada de carboni total i anàlisi de sensibilitat

Finalment, de la suma de les emissions directes i indirectes s’obté un valor de petjada de carboni total de **0,604 kg CO₂eq/kg RSU o 89061 t CO₂eq/any 2019 o 1,794 t CO₂eq/MWh generat**. D’elles més d’un 97% es deriven de les emissions directes. Atès que les emissions directes tenen un pes molt gran i que el seu càlcul depèn de la caracterització del residu considerada, s’ha fet un estudi de sensibilitat per tal d’establir l’efecte de la variabilitat dels percentatges de les grans fraccions de residus en el resultat final.

Bàsicament, l’estudi consisteix en propagar la variabilitat dels percentatges de les fraccions de residu a través del càlcul fins que s’estableix la variabilitat del resultat final. Concretament, prenent com base les anàlisis dels residus durant l’any 2019 s’ha calculat una variància de la fracció de cada tipus de residu, que dona uns rangs de variabilitat. A continuació, amb el mètode Monte Carlo es fa el càlcul un nombre de vegades elevat, prenen en cada simulació valors aleatoris dins del rang de variabilitat establert per cada fracció de residu, així s’obtenen un nombre elevat de petjades de carboni de les quals es pot estimar una variància resultant. Específicament, s’ha simulat el càlcul variant els paràmetres de la caracterització 5000 vegades.

A la Figura 3-2 es mostra el histograma de la petjada de carboni de les 5000 simulacions, resultant en els indicadors de variabilitat que es mostren a la Taula 3-5. La conclusió es que el resultat de la petjada de carboni pot variar aproximadament a prop de un 18% dependent de la caracterització del residu, i en concret, del percentatge de fracció plàstic definida, atès que es tracta del paràmetre amb contribució més important.

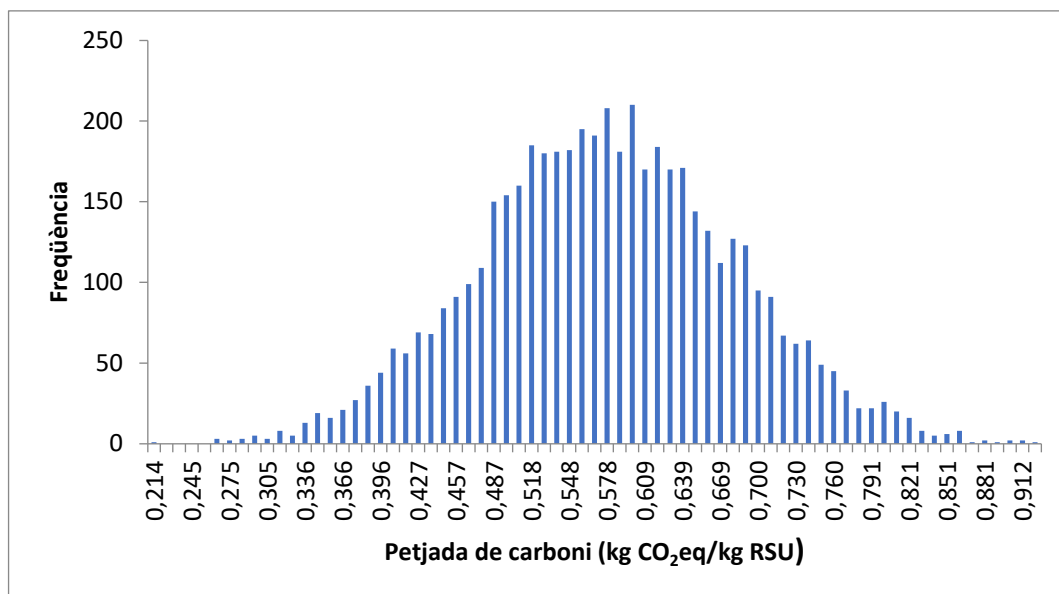


Figura 3-2. Histograma de les simulacions Monte Carlo per a la petjada de carboni directa de la PVE de SIRUSA en base a la caracterització del residu.

Taula 3-5. Paràmetres calculats de la variabilitat de la petjada de carboni de les emissions directes de PVE de SIRUSA en base a la caracterització del RSU.

Mitjana (kg CO ₂ eq/kg RSU)	0,603
Desviació estàndard	0,1023
Màxim (kg CO ₂ eq/kg RSU)	0,922
Mínim (kg CO ₂ eq/kg RSU)	0,214
95% límit inferior (kg CO ₂ eq/kg RSU)	0,368
95% límit superior (kg CO ₂ eq/kg RSU)	0,778
Coefficient de variació (%)	17,85

3.6 Crèdits del sistema

El model de càlcul inclou la possibilitat de considerar els crèdits del sistema, és a dir, considerar la reducció de la petjada de carboni degut a activitats evitades. És el cas d'existir al sistema més d'una funció. En efecte, la PVE té com a funció la gestió del residu però alhora produeix energia, i una sèrie de subproductes que tenen continuació a la cadena de valor (ferralla i escòries). Alhora, també es pot considerar la petjada de carboni evitada corresponent a una disposició alternativa del residu.

Per representar les emissions evitades per generació d'energia elèctrica es fa servir la petjada de carboni del mix elèctric espanyol com a referència del 2018. En el cas de la ferralla i l'escòria, s'han escollit datasets de la base de dades Ecoinvent dels productes als que substituirien al mercat com a equivalents, ferralla d'alumini i grava respectivament. Com a tractament evitat del residu es considera el dataset de tractament de residu sòlid urbà representatiu per a Espanya, que considera ràtios mitjans per a tipus diferents de gestió de residu, incloent abocador i incineració. Veure secció 5.1.3 per el detall de l'aplicació dels crèdits.

3.7 Escenari futur

SIRUSA té previst inversions i millores de la planta en la línia de reduir l'impacte ambiental i implementar les millors tècniques disponibles. Dins d'aquestes actuacions es preveu un augment de la capacitat de la PVE pel tractament de 160.000 tones anuals, amb l'ús eventual de gas natural davant de gasoil com a combustible auxiliar. Suposant que el consum energètic de suport serà similar, es a dir, aproximadament 15,4 MJ/t RSU, i atès que aquest consum solament representa al voltant d'un 0,20% de la petjada de carboni total, realment aquest canvi no seria significatiu.

Per altra banda, si es considera que amb el canvi es produirà un augment de la electricitat produïda a 64.417MW (a prop d'un 30% més) i un increment del 24% dels consums de materials, la petjada de carboni per MWh produït disminuiria fins a un 13,7% mentre que la petjada de carboni per residu tractat solament augmentaria un 3,3%. A la Taula 3-6 es mostren el resultats obtinguts amb els canvis proposats davant dels valors obtinguts a l'escenari actual.

També es projecta partir d'un tractament del RSU previ a la incineració per un millor aprofitament material i energètic del residu. Con que actualment no es pot contar amb dades sobre la

caracterització del residu una vegada es posin en funcionament les noves mesures, no es possible estimar l'efecte que aquest canvi podria comportar. Malgrat això, està clar que la composició del residu és clau en la determinació de la petjada de carboni, per la qual cosa és de esperar que aquest canvi sigui rellevant en el resultat i més si afecta la producció neta de energia per massa de RSU.

Taula 3-6. Comparació escenari futur i actual.

<i>Referència</i>	<i>Unitats</i>	<i>Escenari Futur</i>	<i>2019</i>	<i>% diferència</i>
<i>Per any</i>	t CO ₂ eq / any	99735,9	89061,3	12,0
<i>RSU Inc Teòric</i>	t CO ₂ eq / t RSU	0,653	0,633	3,3
<i>RSU Entrada</i>	t CO ₂ eq / t RSU	0,623	0,604	3,3
<i>Vapor generat</i>	t CO ₂ eq / t vapor	0,239	0,265	-9,7
<i>EAP (Produïda)</i>	t CO ₂ eq / MWh	1,548	1,794	-13,7
<i>EAE (Exportada)</i>	t CO ₂ eq / MWh	1,841	2,133	-13,7

4 Bloc 2: circuit de recollida.

En aquest apartat s'ha inclòs la descripció dels càlculs per a la determinació de la petjada de carboni del transport dels RSU des dels punts de recollida fins a l'entrada a la Planta de Valorització Energètica, PVE.

4.1 Metodologia emprada

El càlcul de la petjada de carboni del transport ha de considerar les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH) degudes al transport dels RSU des dels punts de recollida fins a la PVE. Atès que el transport es realitza actualment amb camions que utilitzen majoritàriament Diesel com a combustible, podem deduir que les emissions principals vindran del diòxid de carboni derivat de la seva combustió als motors. És per això que caldrà avaluar de la manera més acurada possible el consum de Diesel de tots els vehicles.

Les emissions dels tubs d'escapament dels camions són les anomenades, emissions directes. No obstant pel càlcul de la petjada de carboni, cal considerar també les emissions indirectes, o aquelles que s'emeten al llarg del cicle de vida del procés de transport. Per un costat per a produir el Diesel i per a transportar-lo fins a la gasolinera, s'ha necessitat energia i s'han produït unes emissions. Per altra, els camions han emès GEH durant la seva fabricació i el manteniment i desgast de pneumàtics també en generen. Encara que petita, una part de les emissions degudes a la construcció i manteniment de la carretera, també són imputables als vehicles. Per calcular aquestes emissions indirectes ens ajudem de bases de dades que ens ho faciliten.

En el nostre cas, d'acord amb els resultats de la base de dades Ecoinvent [3], pel tipus de camions que s'utilitzen, les emissions directes de GEH representen aproximadament un 70% de les totals. Per això per a tenir una estimació de les emissions totals de GEH, cal afegir les emissions indirectes que representen el 30% restant. Els detalls del càlcul es presenten a l'arxiu Excel "*ModelPC_transport_SIRUSA.xls*".

En resum, una bona estimació de la Petjada de Carboni deguda al transport de RSU, seria demanar als operadors que traslladen la fracció resta, que comuniquessin el consum de combustible imputable al seu transport fins a la planta de SIRUSA, calcular en conseqüència les emissions directes per combustió del gasoil i complementar aquest valor amb les emissions indirectes.

No ha estat possible obtenir aquesta informació directa i ha calgut fer una estimació general dels consums imputables al transport de RSU en funció de la quantitat de residu i la distància recorreguda.

4.2 Estimació de consums de combustible

A falta de dades dels operadors de transport ha calgut buscar un sistema per avaluar la quantitat de combustible gastat en funció de les dades d'entrada de camions que entren a la bàscula de la planta PVE de SIRUSA.

La planta de SIRUSA s'alimenta de la fracció resta provinent de diferents municipis i entitats, el transport de les quals està gestionada per diferents empreses. Per a valorar les quantitats transportades i les distàncies recorregudes, s'han considerat els registres de la bàscula d'entrada a SIRUSA, corresponents al mes de gener de 2019 i s'han considerat aquests valors com constants, la resta de mesos de l'any. El detall d'aquest llistat es troba a l'arxiu Excel "*ModelPC_transport_SIRUSA.xls*". Un resum d'aquesta informació es presenta a la Taula 4-1.

PROCEDÈNCIA	OPERADOR	PRODUCTE	Nombre Tiquets	% Tiquets	Pes kg gen-19	% Pes kg
TARRAGONA	FCC	FRACCIÓ RESTA	1119	43,88	3658580	29,16
REUS	FCC	FRACCIÓ RESTA	625	24,51	2708710	21,59
CONSELL C. TARRAGONÉS	FCC	FRACCIÓ RESTA	260	10,20	864410	6,89
VALLS	CESPA	FRACCIÓ RESTA	97	3,80	642800	5,12
SALOU	UTE SALOU NET	FRACCIÓ RESTA	95	3,73	653000	5,21
VILA-SECA	URBASER	FRACCIÓ RESTA	91	3,57	486180	3,88
AJ. RODA DE BARÁ	AJ. RODA DE BARÁ	FRACCIÓ RESTA	63	2,47	268040	2,14
CONSTANTI	URBASER	FRACCIÓ RESTA	30	1,18	177240	1,41
CREIXELL	AJ. CREIXELL	FRACCIÓ RESTA	20	0,78	158540	1,26
CAMBRILS	SAICA NATUR NORESTE, S.L.	FRACCIÓ RESTA	3	0,12	14280	0,11
SECOMSA GESTIÓ S.L.	COFRAN 95	RECHAZO DE PLANTA	130	5,10	2870480	22,88
AUTORITAT PORTUARIA	FCC	RESIDUS NETEJA VIARIA	8	0,31	13500	0,11
MERCAT DEL CAMP	ECOTRANS	FRACCIÓ RESTA	3	0,12	22380	0,18
CAMPINGS	CAMPING SANGULI	FRACCIÓ RESTA	6	0,24	6460	0,05
			2550	100	12544600	100
			Total tiquets		Total kg gener	

Taula 4-1. Resum de Procedència de RSU que arriben a planta PVE de SIRUSA.

A la Taula 4-1 es presenta un resum de les quantitats de RSU que arriben a SIRUSA, classificades per procedència amb la terminologia del llistat facilitat per l'empresa. El concepte tiquet correspon al registre que correspon a cada camió a la bàscula d'entrada. Cada tiquet correspon a un viatge d'un camió determinat. De la taula se'n dedueix:

- Una diversitat molt gran de procedència (14 llocs diferents)
- Que els camions procedents de Tarragona i Reus representen el 66% dels viatges i el 51% del pes de RSU transportat.
- Per aquest ordre, els segueixen Consell Comarcal del Tarragonès, Valls, Salou i Vila-seca, amb el 23% dels viatges i el 21% del pes de RSU
- El rebuig de planta que porta l'empresa Secomsa és el més intensiu en transport ja que amb un 5,5 % del total dels viatges transporta un 23% del pes total.

Amb aquests valors tan diversos és complicat establir una metodologia general de càlcul. És per això que es van considerar analitzar en particular l'estructura del transport dels RSU de cada procedència. Si es podien obtenir dades de consum de gasoil dels camions més freqüents, podríem suposar que els camions similars consumirien aproximadament el mateix. A tall d'exemple es presenta a la Taula 4-2, el detall dels transports de RSU procedents de Reus.

A la Taula 4-2, s'han agrupat els viatges realitzats per a cada camió indicant en cada cas el pes de RSU total transportats durant el mes de gener de 2019, i el valor mitjà per a cada camió. S'han afegit també la desviació tipus (columna sigma) i el percentatge que representa aquest valor respecte el valor mitjà. Observant la taula, es pot concloure:

- Tot i tractar-se d'un mateix operador, la diversitat de vehicles és molt gran. Pocs d'ells fan molts viatges.
- La major part dels camions són grans, però el pes que transporten és molt variable, com ho demostra l'elevada dispersió dels valors de càrrega.

- Pocs camions realitzen molts viatges.

OPERADOR	MATRICULA	PROCEDENCIA	PRODUCTE	Num Tiquets	Mitjana kg	sigma	% sigma	Total kg
FCC	9692-GZC	REUS	FRACCIÓ RESTA	106	6657,74	1572,36	23,62	705720
FCC	3544-GGX	REUS	FRACCIÓ RESTA	82	7717,07	1856,83	24,06	632800
FCC	2594-FMM	REUS	FRACCIÓ RESTA	39	6835,90	2075,66	30,36	266600
FCC	1836-HCF	REUS	FRACCIÓ RESTA	92	2678,91	1069,25	39,91	246460
FCC	1106-BTH	REUS	FRACCIÓ RESTA	32	6937,81	1905,17	27,46	222010
FCC	2586-FMM	REUS	FRACCIÓ RESTA	17	7365,88	2087,84	28,34	125220
FCC	6071-DGK	REUS	FRACCIÓ RESTA	13	7516,92	3680,00	48,96	97720
FCC	4794-DDM	REUS	FRACCIÓ RESTA	28	3313,57	1593,30	48,08	92780
FCC	2776-GYK	DEIXALLERIA REUS	FRACCIÓ RESTA	50	1748,40	496,45	28,39	87420
FCC	9332-FRS	REUS	FRACCIÓ RESTA	25	3187,20	552,63	17,34	79680
FCC	6071-DGK	DEIXALLERIA REUS	FRACCIÓ RESTA	27	1685,19	337,03	20,00	45500
FCC	2244-GBB	DEIXALLERIA REUS	FRACCIÓ RESTA	12	1671,67	357,41	21,38	20060
FCC	6842-DTF	REUS	FRACCIÓ RESTA	2	8390,00	2022,33	24,10	16780
FCC	2776-GYK	REUS	FRACCIÓ RESTA	7	2180,00	3423,37	157,04	15260
FCC	2219-FXS	REUS	FRACCIÓ RESTA	30	503,33	180,66	35,89	15100
FCC	7418-BMG	AMERSAN (MERC. REUS)	FRACCIÓ RESTA	24	555,83	172,15	30,97	13340
FCC	4098-FTY	REUS	FRACCIÓ RESTA	9	991,11	346,43	34,95	8920
FCC	3462-GZJ	REUS	FRACCIÓ RESTA	17	520,00	156,84	30,16	8840
FCC	4294-DBF	REUS	FRACCIÓ RESTA	1	3760,00	0,00	0,00	3760
FCC	2244-GBB	REUS	FRACCIÓ RESTA	10	320,00	117,00	36,56	3200
FCC	4183-DPD	AMERSAN (MERC. REUS)	FRACCIÓ RESTA	2	770,00	268,70	34,90	1540
			Total tiquets	625			Total kg	2708710

Taula 4-2. Detall de transport de RSU procedents de Reus (Gener de 2019).

S'ha ressaltat en grog els camions grans que han fet mes viatges i tenen una dispersió relativament més petita. Si l'empresa operadora pogués facilitar el consum d'aquets vehicles, podrien servir de guia. En taronja s'ha fet el mateix pels camions petits.

S'ha fet el mateix per a la resta de procedències amb conclusions similars. La única excepció és el transport dels RSU provinents de Secomsa amb camions sempre plens. Els resultats es poden trobar a l'arxiu Excel "ModelPC_transport_SIRUSA.xls" adjuntat.

Davant la falta de dades directes de consum de gasoil, s'ha optat per estimar el consum dels camions en funció de la distància recorreguda. Per a cada procedència, s'ha considerat el transport en camions grans i s'han assignat distàncies aproximades d'anada i tornada per a cadascuna. Per a estimar el consum dels camions s'han utilitzat dades de la bibliografia:

Tipus de vehicle	Potencia	Càrrega util	Consum mitjà	% Reducció	L Diesel/t
	CV	t	L Diesel/100km	en buit	
Carga General- Tren de carretera 12n	385	23,5	38,23	12,5	1,63
Carga General- Vehículo articulado 12n	420	25	35,9	12,5	1,44
Carga General- Vehículo 2 ejes 6n	250	9,5	25,81	12,5	2,72
Carga General- Vehículo 3 ejes 8n	325	16	28,5	12,5	1,78
Cisternas de merc. pelig. para gases - Vehíc. Artic. 12n	400	25	37,21	12,5	1,49
Cisternas de merc. pelig. para prod.quim. - Vehíc. Artic. 12n	400	25	38,57	12,5	1,54
Cisternas para productos lácteos - Vehículo Articulado 12n	420	25	35,9	12,5	1,44
Cisternas para productos lácteos - Vehículo 2 ejes 6n	250	9,5	25,89	12,5	2,73
Frigorífico - Vehículo Articulado 12n	420	24	37,86	12,5	1,58
Frigorífico - Vehículo 2 ejes 12n	250	9	26,17	12,5	2,91
Furgoneta 4n	145	1,5	12,67	12,5	8,45
Graneles-Vehículo articulado 12n	420	24	37,16	12,5	1,55
Obra-Vehículo articulado 14n	420	23	39,27	12,5	1,71
Portacontenedores - Vehículo Articulado	420	25	37,58	12,5	1,50
Portavehículo- Tren de carretera 14n	385	23,5	40	12,5	1,70
Portavehículos Vehículo de 2 ejes 6n	250	9,5	28	12,5	2,95
Portavehículos Vehículo de 4 ejes	385	23,5	40	12,5	1,70

Taula 4-3. Consums de Diesel segons observatori del transport de Xunta de Galicia [5].

D'acord amb la Taula 4-3, es podria deduir que un consum mitjà dels camions en recorregut mixt urbà-carretera, es de l'ordre de 30L/100km. Si tenim en compte que en els processos de buidatge de

contenidors els camions estan parats però gasten igualment combustible, podem suposar un valor de **40L/100km** com consum aproximat.

Considerant per a tot els camions aquest consum aproximat, s'ha estimat el consum global de combustible pel transport de RSU durant el mes de gener. Els resultats es mostren a la Taula 4-4.

PROCEDÈNCIA	Nombre Tiquets	Distància km	Distància total km	L DIESEL	Emissions kg CO2 eq.	Pes RSU t	Emissions kgCO2 eq./t
TARRAGONA	1119	10	11190	4476,00	16483,81	3658,58	4,51
REUS	625	30	18750	7500,00	27620,33	2708,71	10,20
CONSELL COMARCAL TARRAGONÉS	260	25	6500	2600,00	9575,05	864,41	11,08
VALLS	97	40	3880	1552,00	5715,57	642,8	8,89
SALOU	95	30	2850	1140,00	4198,29	653	6,43
VILA-SECA	91	24	2184	873,60	3217,22	486,18	6,62
AJ. RODA DE BARÁ	63	45	2835	1134,00	4176,19	268,04	15,58
CONSTANTI	30	8	240	96,00	353,54	177,24	1,99
CREIXELL	20	40	800	320,00	1178,47	158,54	7,43
CAMBRILS	3	40	120	48,00	176,77	14,28	12,38
SECOMSA GESTIÓ S.L.	130	50	6500	2600,00	9575,05	2870,48	3,34
AUTORITAT PORTUARIA	8	10	80	32,00	117,85	13,5	8,73
MERCAT DEL CAMP	3	14	42	16,80	61,87	22,38	2,76
CAMPINGS	6	30	180	72,00	265,16	6,46	41,05
Totals	2550		56151	22460,4	82715,14	12544,60	6,59
							Mitjana

Taula 4-4. Càlcul d'emissions de GEH degudes al transport de RSU basades en consum de combustible (Gener 2019).

En base a les distàncies mitjanes realitzades pels camions en viatge d'anada i tornada, considerant un consum de **40L/100km**, s'ha calculat **el consum global de 22460 L de gasoil** durant el mes de gener. El detall dels càlculs es pot trobar a la pestanya Resum Gener de l'arxiu Excel "ModelPC_transport_SIRUSA.xls" adjuntat.

La incertesa que suposa tant el càlcul de les distàncies, com la consideració d'un consum aproximat únic pels camions, fa palesa l'evidència que un càlcul precís del consum de combustible només és pot fer amb la participació dels operadors del transport que facilitin les dades detallades de consum de combustible dels seus vehicles.

4.3 Càlcul de les emissions de GEH

4.3.1 Càlcul en funció de consum de combustible

D'acord amb la metodologia descrita a l'apartat 3.2.1, les emissions de GEH, es determinen les emissions globals de GEH degudes al transport per suma de les emissions directes per la combustió del Diesel més les indirectes que s'emeten al llarg del cicle de vida del procés de transport.

Suposant un Diesel amb fórmula $C_{12}H_{26}$, les emissions directes per combustió tenen un valor de 3,106 kgCO₂/kg Diesel. Si s'afegeixen les emissions indirectes en la forma descrita anteriorment obtindrem un factor d'emissió de 3,683 kgCO₂/L Diesel, i el resultat per al mes de Gener de **82715,14 kg de CO₂ eq.** (Taula 4-4). Si referim aquest resultat a 1 kg de RSU transportat trobem un valor mitjà de **6,59 kg de CO₂ eq./t de RSU**. Si s'observa la darrera columna de la Taula 4-4, es veu com aquest valor varia molt en funció de la procedència. Com és d'esperar la diversitat de vehicles, distància recorreguda i grau d'ompliment dels camions, fa que aquest paràmetre presenti una gran variació.

4.3.2 Càlcul per utilització de factors d'emissió de base de dades

Com a procediment alternatiu, les emissions de GEH, degudes al transport es poden calcular també en base a models de vehicles de transport considerats com referència en bases de càlcul de solvència reconeguda. A la base de dades Ecoinvent [3] versió 3, trobem el model de camió: “*market for transport, freight, lorry 7.5-16 metric ton, EURO6, RER*”, referit a un camió de càrrega en el marge 7,5 -16 t, que opera a Europa, d’acord amb la directiva Euro6. Per aquest tipus de transport, les emissions de GEH s’avaluen a partir del factor d'emissió 0,2118 kgCO₂ eq. /tkm. El concepte tkm correspon a 1t de pes transportat al llarg de 1km. En aquesta càlcul es determina per a cada procedència, la quantitat de tkm realitzats i es multipliquen pel factor esmentat. Els resultats es presenten a la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Taula 4-5. Càlcul d'emissions de GEH degudes al transport de RSU segons factor de base de dades (Gener 2019).

PROCEDÈNCIA	Pes RSU t	Distància km	tkm	Emissions kg CO2 eq.	Emissions kgCO2 eq./t
TARRAGONA	3658,58	10	36585,80	7748,87	2,12
REUS	2708,71	30	81261,30	17211,14	6,35
CONSELL COMARCAL TARRAGONÉS	864,41	25	21610,25	4577,05	5,30
VALLS	642,80	40	25712,00	5445,80	8,47
SALOU	653,00	30	19590,00	4149,16	6,35
VILA-SECA	486,18	24	11668,32	2471,35	5,08
AJ. RODA DE BARÁ	268,04	45	12061,80	2554,69	9,53
CONSTANTI	177,24	8	1417,92	300,32	1,69
CREIXELL	158,54	40	6341,60	1343,15	8,47
CAMBRILS	14,28	40	571,20	120,98	8,47
SECOMSA GESTIÓ S.L.	2870,48	50	143524,00	30398,38	10,59
AUTORITAT PORTUARIA	13,50	10	135,00	28,59	2,12
MERCAT DEL CAMP	22,38	14	313,32	66,36	2,97
CAMPINGS	6,46	30	193,80	41,05	6,35
Totals	12544,60		360986,31	76456,90	6,09
					Mitjana

S’observa a la Taula 3-5, per a les emissions de GEH, un resultat corresponen al mes de Gener de **76456,90 kg de CO₂ eq.** i si es refereix aquest resultat a 1 kg de RSU transportat es troba un valor mitjà de **6,09 kg de CO₂ eq./t de RSU**. Aquests valors són propers als trobats en el procediment a partir del consum estimat de Gasoil (6,59 kg de CO₂ eq./t de RSU). A la pestanya Resum Gener de l’arxiu Excel “*ModelIPC_transport_SIRUSA.xls*” adjuntat es poden trobar els detalls del càlcul.

En aquest càlcul s’observa que les fonts d’incertesa són el mateix factor i els valors de tkm per a cada procedència. El pes de cada procedència és ben conegut perquè s’obté per pesada, per tant la incertesa vindrà per part de la distància recorreguda pels camions.

Els càlculs referits als apartats anteriors, s’han realitzat fent l’aproximació de que tots els camions eren iguals. Per la secció 4.3.1 (Basat en consum de combustible), s’ha considerat que consumien el mateix, 40 L/100 km de Diesel i per l’apartat 4.3.2 (En funció de factors d'emissió de base de dades), s’ha considerat per a tots el model de camió de 7,5 – 16 t, Euro 6, europeu, amb un mateix factor d'emissió de 0,212 kg CO₂ eq./tkm.

Per a valorar la validesa d’aquesta aproximació, s’han realitzat els càlculs considerant dos tipus de camions, els que transporten més de 1500 kg i els que en transporten igual o menys. Emprant el

mètode en funció de factors d'emissió, s'ha considerat per camionetes de 3,5 – 7,5 t, Euro 6, europees, un factor de 0,507 kg CO₂ eq./tkm. En aquest cas les emissions dels camions petits suposaven un total de 2106,7 kg CO₂ eq., i el total d'emissions 77683,6 kg CO₂ eq., un 1,6 % superior al calculat a la Taula 4-5. Aquesta petita diferència no justifica incrementar la complexitat del càlcul i s'ha mantingut la suposició de considerar tots els camions iguals. El detall dels càlculs es pot trobar a la part dreta de la pestanya Resum Gener de l'arxiu Excel "ModelPC_transport_SIRUSA.xls" adjuntat.

4.4 Comparació de resultats amb altres fonts

Utilitzant com a valor de referència les emissions de GEH en kg de CO₂ equivalent per kg de RSU, Pérez et al. [6] presenta una comparació dels seus resultats per la ciutat de Madrid per 2013, que avalua en 29,7 kg de CO₂ eq./t, i els compara amb altres indrets com:

- Asturies (2013) 48,1 a 51,4 kg de CO₂ eq./t
- Arees Urbanes Espanya (2009) 4,3 a 23,2 kg de CO₂ eq./t
- Umbria (Itàlia) (2015) 9,6 a 11,3 kg de CO₂ eq./t
- Helsinki (2012) 20 kg de CO₂ eq./t

En tots el casos el combustible dels camions era Diesel. Els valors son molt diversos pel fet de que el valor de les emissions per tona de residu transportat depenen de la distància recorreguda i del consum de combustible amb el camió parat a les fases de recollida i buidatge de contenidors.

És també interessant la publicació de Larsen et al. [7] que mesuren el consum de Diesel dels vehicles de recollida de RSU als municipis de Aarhus (DK) de 300.000 habitants i de Herning de 60.000 habitants amb diferents zones ben detallades, establint una forquilla de consums de Diesel entre 1,4 i 10,1 L/t de RSU, des d'edificis d'apartaments propers a la planta de tractament a àrees rurals més llunyanes, corresponents a una forquilla d'emissions de GEH de 5,2 a 37,2 kg de CO₂ eq./t de RSU.

El valor que es presenta en aquest informe de **6,59 kg de CO₂ eq./t de RSU**, és un valor baix comparat amb els presentats anteriorment perquè per un costat les distàncies dels centres de la ciutat a la planta de PVE de SIRUSA són relativament curtes i principalment perquè els consums dels camions en operació són bastant més grans que els consums per carretera. Es per això que s'insisteix en la possibilitat d'obtenir per part dels operadors de valors reals de consum de combustible.

5 Descripció de les eines de càlcul.

5.1 Eina de Càlcul de Petjada de Carboni de la PVE

L'eina de càlcul inclou a la primera pestanya una breu descripció del arxiu Excel. Com característica general cal esmentar que les dades d'entrada al model i els paràmetres de càlcul a priori susceptibles de modificació es presenten en cel·les marcades amb fons blanc. Es recomana solament modificar les cel·les amb fons blanc. En tot cas, la integritat i representativitat dels resultats obtinguts dependrà de la qualitat de les dades d'entrada, sobretot referents a caracterització del residu. Per evitar modificacions inintencionades, certs càlculs intermedis es recullen en cel·les ocultes (es poden mostrar anant a mostrar columnes ocultes, per exemple, columnes M:V de la pestanya *Dades d'entrada*, marcar les columnes i amb el botó dret seleccionar *Mostrar*).

L'eina està plantejada per a que es calculi de manera automàtica els valors de petjada de carboni a partir de les dades introduïdes a la pestanya "Dades d'entrada" i es mostren el resultats a la pestanya "Resultats". Hi ha pestanyes en color taronja que inclouen càlculs intermedis per als quals es poden modificar i actualitzar certs paràmetres si es necessari.

5.1.1 Dades d'entrada

A les cel·les en fons blanc cal modificar els valors de consums i sortides de materials anuals indicats a les unitats corresponents de referència. Es pren com a base l'arxiu de dades d'exploració amb el que comptaria SIRUSA per al funcionament de la planta en un any de referència (Figura 5-1).

Figura 5-1. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de la petjada de carboni de la PVE: dades d'entrada de consums i sortides de materials i energia.

Dades d'entrada

SISTEMA DE REFERENCIA

Any	2019
Unidad funcional	
RSU Inc Teòric	140775 t
RSU Entrada	147564 t
Vapor generado	335911 t
EAP (Producida)	49648 MWh
EAE (Exportada)	41756 MWh
EAE (Importada)	905 MWh

CONSUMS MATERIALS

Gasoil	64167 L	<input type="text" value="No"/> Emprar equivalents en GN
Gas natural	0 m3	
CaO	867 t	
Carbó actiu	30,5 t	
NH3	167480 kg	
H2SO4	4902 kg	
Aceite usado	501 kg	
Aigua	54765 m3	
Aigua desmineralitzada	22044 m3	

SORTIDES MATERIALS

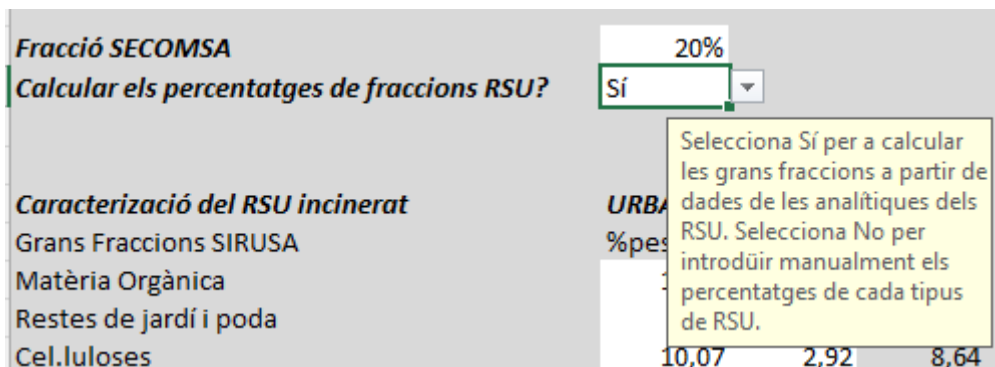
Llots de tractament d'efluents	50 t
Abocat de aigua	1106 m3
Escoria	27628 t
Residu de fons del reactor	21 t
Cendres	4061 t
Ferralla	2623 t
Minerales	14,04 t

L'eina permet seleccionar el combustible auxiliar emprat, gasoil o gas natural, i en aquest últim cas si es vol comptar els equivalents del consum actual de gasoil o s'introdueix el consum específic. També permet escollir entre consum de òxid de calci o bicarbonat de sodi com alternativa.

A continuació pot ser necessari actualitzar els percentatges de les grans fraccions de residus. En aquest punt, cal comprovar el percentatge de residu SECOMSA i triar l'opció de entrada de dades de fraccions, si es vol calcular a partir de les anàlisis de caracterització de residus o si es vol introduir directament els percentatges.

Si es tria la Opció "Sí" (Figura 5-2) per a calcular els percentatges de les fraccions de RSU a partir de la caracterització del residu cal anar a la pestanya "Caracterització RSU" per comprovar/modificar els valors de les anàlisis.

Figura 5-2. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: opció càlcul de les dades d'entrada de caracterització del residu.



Si es tria la opció “No”(Figura 5-3), es poden modificar manualment els valors en la taula a sota per a cada tipus de residu. Les fraccions de residu que apareixen per defecte son per al 2019.

Figura 5-3. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: opció d'entrada manual dels dades de caracterització del residu.

Fracció SECOMSA	20%		
Calcular els percentatges de fraccions RSU?	No		
Caracterització del RSU incinerat	URBÀ	SECOMSA Global	
	%pes	%pes	%pes
Grans Fraccions SIRUSA			
Matèria Orgànica	16,09	16,52	16,17
Restes de jardí i poda	5,01	3,2	4,65
Cel.luloses	10,07	2,92	8,64
Tèxtils	20,87	19,98	20,69
Plàstics	18,05	20,80	18,60
Paper/Cartró	10,22	12,38	10,65
Vidre	5,11	9,51	5,99
Fusta	2,51	1,63	2,33
Alumini	0,82	1,19	0,89
Acer	2,89	1,94	2,70
RAE	1,41	0,00	1,13
Ceràmica	0,52	0,35	0,49
Restes d'obres	1,44	1,57	1,47
Altres	5,01	8,00	5,61
Cauchu i cuir	0	0	0

5.1.2 Paràmetres de càlcul opcionals

A les pestanyes de color taronja, s'inclouen els càlculs intermedis. La modificació de la informació d'aquestes pestanyes seria opcional. En cas de voler actualitzar certs paràmetres de càlcul, aquestes pestanyes inclouen en fons blanc els factors que serien susceptibles de modificació.

A la pestanya “Emissions directes” es podrien revisar els factors per al càlcul de la fracció de carboni fòssil en cada tipus de residu (Figura 5-4), per exemple si es comptessin amb valors experimentals propis de la planta SIRUSA. A la dreta de la pestanya (Figura 5-5) es poden revisar els factors d'emissió del metà i de l'òxid nitrós durant la incineració de RSU, per exemple, en cas de considerar una



tecnologia més adient. També es poden actualitzar els potencials d'escalfament del metà i l'òxid nítrós, en cas de que, per exemple, l'IPCC els actualitzés.

Figura 5-4. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: paràmetres per al càlcul de les fraccions de carboni fòssil als RSU.

MSW	147,564	Municipal solid waste (Gg/yr)				
	Waste fract	Dry fraction	Carbon fraction	Fossile carbon	Oxidation fraction	
j	WF	dm	CF	FCF	OF	
Food	16,17	40	38	0	100	0
Garden&park waste	4,65	40	49	1	100	9,106E-05
Paper&cardboard	10,65	90	46	0	100	0
Wood	2,33	85	50	0	100	0
Textile	20,69	80	50	20	100	0,0165544
Nappies	8,64	40	70	10	100	0,0024195
Rubber and leather	0,00	84	67	20	100	0
Plastics	18,60	100	75	100	100	0,1394883
Metal	3,59	100	0	0	100	0
Glass (and pottery)	6,47	100	0	0	100	0
Other (ash, dust, soil, electronic waste)	8,20	90	3	100	100	0,0022138
	100,00					0,16

La pestanya “*BD indirectes*” mostra els factors de emissió de la base de dades Ecoinvent que es fan servir per incloure les petjades de carboni dels diferents consums i sortides de materials i energia que estan involucrats en l’activitat de la PVE (Figura 5-6). Pot ser que passat un temps aquests factors es vulguin actualitzar tenint en compte versions més noves de la base de dades.

Si es va triar l’opció de calcular les fraccions grans de residu a partir de les caracteritzacions fetes durant l’anàlisi de RSU, cal anar a la pestanya “*Caracterització RSU*” i revisar el valor de les anàlisis (Figura 5-7). Per defecte es van prendre les anàlisis de 2019 com a referència. El mateix s’aplica a la pestanya “*Caracterització SECOMSA*” (Figura 5-8) que es pot fer servir per modificar les fraccions de residus d’aquesta procedència, o si es vol plantejar altre escenari de residus, de manera que es podria jugar amb la composició del residu SECOMSA i el percentatge del mateix al total (Figura 5-8).

El format d’entrada de dades de les pestanyes “*Caracterització RSU*” i “*Caracterització Rebuig SECOMSA*”, es correspon amb el de les fitxes de caracterització que realitza Ecoembes i que Sirusa ha facilitat. En conseqüència, qualsevol canvi d’aquest format requeriria una modificació d’aquesta pestanya o l’adaptació de les noves dades.

Figura 5-5. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: revisió del factors d'emissió i potencials d'escalfament del metà i de l'òxid nitrós.

Petjada de carboni directes incineració	86,9887 Gg CO2eq/yr	0,5894983 kg CO2eq/kg RSU
Factor de emissió CO₂ incineració	0,5894793 kgCO2/kgRSU	
Emissions de CO2	86,9859 Gg/yr	0,5894793 kg CO2eq/kg RSU
EMISSIONS DE CH4		
Factor de emissió de CH4 incineració	0,2 kgCO2/kgRSU	
Emissions de CH4	29,5128 kg/yr	
Potencial d'escalfament CH4	25,0 kgCO2/kg CH4	
Petjada de carboni CH4	0,0007 Gg CO2eq/yr	0,0000050 kg CO2eq/kg RSU
EMISSIONS DE N2O		
Factor de emissió de N2O incineració	47,0 kgCO2/kgRSU	
Emissions de N2O	6,9355 kg/yr	
Potencial d'escalfament N2O	298,0 kgCO2/kg N2O	
Petjada de carboni N2O	0,0021 Gg CO2eq/yr	0,0000140 kg CO2eq/kg RSU

Figura 5-6. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: revisió dels factors d'emissió de la base de dades Ecoinvent per a les emissions indirectes.

Emissions indirectes

Materials d'entrada	Dataset	/kg RSU entrada	IPCC 2013	Factors d'Emission	Units
Gasoil	heat production, light fuel oil, at industrial furnace 1MW, EU w/o CH	0,015347359 MJ	GWP 100a	0,09036	kg CO2-Eq
Gas Natural	heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW, Europe without Switzerland	0 MJ	GWP 100a	0,066984	kg CO2-Eq
CaO	market for quicklime, milled, packed, RER	0,005875417 kg	GWP 100a	1,1519	kg CO2-Eq
NaHCO3	market for sodium bicarbonate, GLO	0,005875417 kg	GWP 100a	1,1686	kg CO2-Eq
Carbó actiu	market for activated carbon, granular, GLO	0,00020669 kg	GWP 100a	3,08	kg CO2-Eq
NH3	market for ammonia, anhydrous, liquid - RER	0,001134965 kg	GWP 100a	2,73	kg CO2-Eq
H2SO4	market for sulfuric acid - RER	3,32195E-05 kg	GWP 100a	0,107	kg CO2-Eq
Aceïte usado	treatment of waste mineral oil, hazardous waste incineration, with energy recovery - Eu	8,76624E-05 MJ	GWP 100a	0,027	kg CO2-Eq
Aigua	market for tap water - Europe without Switzerland	0,371127104 kg	GWP 100a	0,000332	kg CO2-Eq
Aigua desmineralitzada	water production, deionised - Europe without Switzerland	0,149386029 kg	GWP 100a	0,000291	kg CO2-Eq
Electricitat	market for electricity, low voltage, ES	0,006132932 kWh	GWP 100a	0,30759	kg CO2-Eq
RSU a abocador	treatment of municipal solid waste, sanitary landfill, ROW	1 kg	GWP 100a	0,117	kg CO2-Eq
Materials de sortida					
Llots de tractament d'efluents	market for sewage sludge - CH	3,38836E-07 m3	GWP 100a	3,71	kg CO2-Eq
Abocament de aigua	market for wastewater, average - Europe without Switzerland	7,49505E-06 m3	GWP 100a	0,49	kg CO2-Eq
Escoria	gravel production, crushed, RoW	0,0078794 kg	GWP 100a	0,00263	kg CO2-Eq
Residu de fons del reactor	process-specific burdens, residual material landfill, Europe without Switzerland	0,000142311 kg	GWP 100a	0,0032908	kg CO2-Eq
Cendres	process-specific burdens, residual material landfill, Europe without Switzerland	0,027520262 kg	GWP 100a	0,0032908	kg CO2-Eq
Ferralla	market for aluminium scrap, post-consumer, prepared for melting - GLO	0,017775338 kg	GWP 100a	-0,538	kg CO2-Eq
Minerales	process-specific burdens, residual material landfill, Europe without Switzerland	9,51452E-05 kg	GWP 100a	0,0032908	kg CO2-Eq

Figura 5-7. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: revisió de la caracterització dels RSU.

Caracterització RSU							
FITXA DE CARACTERITZACIÓ DE RSU EN PLANTES INCINERADORES SIRUSA 2019							
Data	28/01/2019	29/01/2019	18/02/2019	19/02/2019			
Procedència	Tarragona	Reus	Tarragona	Tarragona			
Resultat de la Caracterització							
Material	Quantitat		Quantitat		Quantitat		Quantitat
	(kg)(*)		(kg)(*)		(kg)(*)		(kg)(*)
Envas domèstic	29,27		36,08		38,6		29,66
PET	3,75	1,49	4,19	1,66	7,86	3,18	6,43
PEAD	2,02	0,80	3,41	1,35	2,52	1,02	2,31
PVC		0,00		0,00		0,00	0,00
Film (Excepte bossa bossa i bossa d	6,49	2,57	7,35	2,92	11,15	4,51	6,36
Film bossa d'un sol ús	3,61	1,43	3,98	1,58	2,03	0,82	1,85
Resta de plàstics	2,84	1,13	4,02	1,60	7,64	3,09	4,49
Acer	4,27	1,69	5,83	2,31	3,47	1,40	5,31
Alumini	2,35	0,93	2,9	1,15	1,98	0,80	1,24
Cartró per a begudes (brick)	3,9	1,55	4,13	1,64	1,69	0,68	1,67
Fusta	0,04	0,02	0,27	0,11	0,26	0,11	
Envas no domèstic	15,76		15,72		16,8		17,36
PET		0,00		0,00	3,48	1,41	
PEAD	0,86	0,34		0,00		0,00	2,65
PVC		0,00		0,00		0,00	
Film		0,00		0,00		0,00	
Resta de plàstics	0,62	0,25		0,00		0,00	
Acer		0,00		0,00	1,55	0,63	
Alumini		0,00		0,00		0,00	
Cartró per a begudes (brick)		0,00		0,00		0,00	
Fusta	0,7	0,28		0,00	0,6	0,24	

Figura 5-8. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: revisió de la caracterització del residu provinent de SECOMSA.

Caracterització SECOMSA			
FITXA DE CARACTERITZACIÓ DE REBUIG DE PLANTA SECOMSA A SIRUSA Juny 2021			
Data	28/06/2021		
Procedència	Botarell		
Resultat de la Caracterització			
Material	Quantitat SUMA		%
	(kg)(*)		
Envas domèstic	33,74		33,74
PET	6,9	6,9	2,72
PEAD	1,89	1,89	0,75
PVC	0,01	0,01	0,00
Film (Excepte bossa bossa i bossa d	9,94	9,94	3,92
Film bossa d'un sol ús	3,1	3,1	1,22
Resta de plàstics	4,52	4,52	1,78
Acer	3,1	3,1	1,22
Alumini	3,02	3,02	1,19
Cartró per a begudes (brick)	1,26	1,26	0,50
Fusta		0	0,00
Envas no domèstic	219,68		219,68
PET		0	0,00
PEAD		0	0,00
PVC		0	0,00
Film		0	0,00
Resta de plàstics		0	0,00
Acer		0	0,00
Alumini		0	0,00
Cartró per a begudes (brick)		0	0,00
Fusta		0	0,00

5.1.3 Resultats

A la pestanya blava de resultats es mostra el valor de la petjada de carboni obtingut segons les dades d'entrada anteriors. Es pot veure el valor de la petjada de carboni referit a diferents unitats (t de RSU, any, kWh, t de vapor) (Figura 5-9). El resultat es mostra desagregat en els diferents ítems del inventari d'emissions, i classificat en emissions directes (Figura 5-10) i indirectes (Figura 5-11).

Figura 5-9. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: resultats globals expressats en base a diferents unitats.

Resultats		
ESCENARI BASE		
Any	2019	
Unidat funcional		
RSU Entrada	147564 t	
Petjada de carboni total		
Referència	Valor	Unitats
2019	89061,269	t CO ₂ eq / any
RSU Inc Teòric	0,633	t CO ₂ eq / t RSU
RSU Entrada	0,604	t CO ₂ eq / t RSU
Vapor generado	0,265	t CO ₂ eq / t vapor
EAP (Producida)	1,794	t CO ₂ eq / MWh
EAE (Exportada)	2,133	t CO ₂ eq / MWh
Petjada de carboni directes	0,589	t CO ₂ eq / t RSU
Petjada de carboni indirectes	1,40E-02	t CO ₂ eq / t RSU
Petjada de carboni total	0,604	t CO ₂ eq / t RSU

Figura 5-10. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: resultats de les emissions directes.

Petjada de carboni directes			
	kgCO ₂ eq/ kg RSU	t CO ₂ eq/ yr	%
Emissions de CO2	0,589479282	86985,92079	99,9967759
Food	0	0	0
Garden&park waste	0,000333886	49,26948165	0,05663893
Paper&cardboard	0	0	0
Wood	0	0	0
Textile	0,060699407	8957,04734	10,2967911
Nappies	0,008871386	1309,097154	1,5049044
Rubber and leather	0	0	0
Plastics	0,511457154	75472,66345	86,7614316
Metal	0	0	0
Glass (and pottery)	0	0	0
Other (ash, dust, soil, electronic v	0,00811745	1197,843368	1,37700991
Petjada de carboni CH4	0,000005	0,73782	0,00084818
Petjada de carboni N2O	0,000014006	2,066781384	0,00237592
Total Directes	0,589498288	86.988,73	

Figura 5-11. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: resultats de les emissions indirectes.

<i>Petjada de carboni indirectes</i>			
	kg CO ₂ eq/ kg RSU	t CO ₂ eq/ yr	%
CONSUMS MATERIALS	1,39E-02	2,06E+03	
Combustible auxiliar	1,39E-03	2,05E+02	9,87%
CaO	6,77E-03	9,99E+02	48,19%
Carbó actiu	6,37E-04	9,39E+01	4,53%
NH ₃	3,10E-03	4,57E+02	22,06%
H ₂ SO ₄	3,55E-06	5,25E-01	0,03%
Aceite usado	2,37E-06	3,49E-01	0,02%
Aigua	1,23E-04	1,82E+01	0,88%
Aigua desmineralitzada	4,35E-05	6,41E+00	0,31%
Electricitat importada	1,89E-03	2,78E+02	13,43%
SORTIDES MATERIALS	9,63E-05	1,42E+01	
Llots de tractament d'efluents	1,26E-06	1,86E-01	0,01%
Abocat de aigua	3,67E-06	5,42E-01	0,03%
Residu de fons del reactor	4,68E-07	6,91E-02	0,00%
Cendres	9,06E-05	1,34E+01	0,64%
Minerales	3,13E-07	4,62E-02	0,00%
Total indirectes	0,014	2.072,544	100,00%

També es pot veure el resultat de la petjada de carboni si es consideren els crèdits del sistema, que l'eina permet seleccionar. Aquest crèdits son emissions evitades per a la producció de materials o energia que es pot fer servir a altres sistemes. Es el cas de la ferralla i l'escòria, que es podrien reciclar, i especialment de l'energia elèctrica neta produïda (Figura 5-12). El crèdit de l'electricitat exportada s'ha calculat en base a un mix elèctric mitjà per Espanya per 2018 avaluat en 0,3076 kg de CO₂ eq./kWh, però aquest valor està baixant per l'augment progressiu de la fracció d'electricitat procedent de fonts renovables. També es pot seleccionar restar la petjada de carboni evitada per un tractament alternatiu del residu.

Figura 5-12. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de petjada de carboni de la PVE: resultats considerant crèdits del sistema.

<i>Crèdits del sistema</i>	<i>Aplicar?</i>	<i>t CO2eq/t RSU</i>
Ferralla	Sí	-0,009563132
Electricitat	Sí	-0,087038357
Escories	Sí	-2,07228E-05
RSU a abocador	Sí	-0,117
<i>Referencia</i>	<i>Valor</i>	<i>Unitats</i>
2019	57538,321 t CO2eq / any	
<i>RSU Inc Teòric</i>	0,409 t CO2eq / t RSU	
<i>RSU Entrada</i>	0,390 t CO2eq / t RSU	
<i>Vapor generado</i>	0,171 t CO2eq / t vapor	
<i>EAP (Producida)</i>	1,159 t CO2eq / MWh	
<i>EAE (Exportada)</i>	1,378 t CO2eq / MWh	

5.2 Eina de Càlcul de Petjada de Carboni de la recollida de RSU

El llibre Excel "*ModelPC_transport_SIRUSA.xls*" ha estat dissenyat per proporcionar als gestors de SIRUSA una eina d'anàlisi de la PC del transport del residus des de les diferents procedències fins a la Planta de Valorització Energètica (PVE). L'eina permet:

- Introduir de manera senzilla i ordenada les dades necessàries per al càlcul utilitzant el mateix format i nomenclatura que fa servir SIRUSA.
- Calcular la petjada de carboni considerant els recorreguts establerts, i analitzar les contribucions dels diferents orígens.
- Facilitar l'estudi d'escenaris alternatius o futurs mitjançant la modificació de distàncies i/o els paràmetres de càlcul (factors d'impacte, factors d'emissió i paràmetres per defecte).

Pel càlcul d'escenaris futurs o estudis de sensibilitat es recomana fer servir la pestanya "*Model*". Les dades d'entrada al model i els paràmetres de càlcul a priori susceptibles de modificació es presenten en cel·les marcades amb fons blanc.

El procediment complet basat a les dades de Gener es pot consultar a la pestanya "*RESUM GENER*". La descripció detallada de la metodologia de càlcul es recull en aquesta memòria de projecte a la secció 4.

Per tant a continuació solament es descriu l'ús de la pestanya "*Model*". Segons l'indicat a la secció 4, es pot calcular la petjada de carboni per kg de RSU recollit i transportat de dues maneres: 1) càlcul basat en el consum mitjà de dièsel dels camions; i, 2) càlcul basat en la càrrega de residus transportada fent servir el factor d'emissió d'Ecoinvent referit al nombre de tkm (tones.kilòmetre) equivalents.

En ambdós mètodes les dades d'entrada principals han de comptabilitzar la distància recorreguda i la quantitat de residus transportats. Per això es proposa introduir les dades com es mostra a la Figura 5-13 on es pot modificar:

- les distàncies mitjanes considerades per cada circuit de recollida a les principals procedències dels residus (columna B);

- ii) el nombre de tiquets, es a dir, el nombre de registres d'entrada de camions a la PVE de cada procedència, que representaria el nombre de recorreguts fets des de cada punt de procedència (columna C);
- iii) la quantitat de residus transportats en total de cada punt de procedència (columna E).

Per defecte, es mostren els valors corresponents al mes de Gener de 2019. El procediment per obtenir aquest valors s'explica a l'apartat 4 d'aquesta memòria i es detalla en la resta de pestanyes de la full Excel.

Figura 5-13. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de la petjada de carboni de la recollida i transport de RSU a SIRUSA: dades d'entrada al model.

A	B	C	D	E
Dades de transport				
	Distància	Nombre	Distancia	
PROCEDENCIA	km	Tickets	recorreguda	Càrrega
		-	km	t
TARRAGONA	10	1119	11190	3658,58
REUS	30	625	18750	2708,71
CONSELL COMARCAL TARRAGONÉS	25	260	6500	864,41
VALLS	40	97	3880	642,80
SALOU	30	95	2850	653,00
VILA-SECA	24	91	2184	486,18
AJ. RODA DE BARÁ	45	63	2835	268,04
CONSTANTI	8	30	240	177,24
CREIXELL	40	20	800	158,54
CAMBRILS	40	3	120	14,28
SECOMSA GESTIÓ S.L.	50	130	6500	2870,48
AUTORITAT PORTUARIA	10	8	80	13,50
MERCAT DEL CAMP	14	3	42	22,38
CAMPINGS	30	6	180	6,46
TOTAL		2550	56151	12544,60

Per al càlcul basat en un consum mitjà de dièsel, els paràmetres que es poden ajustar serien (Figura 5-14):

- i) El consum de dièsel per 100 km. Per defecte s'ha establert 40 L/100 km tal i com es justifica a la secció 4 d'aquest informe;
- ii) El factor de correcció expressat com el percentatge que correspondria a les emissions directes (per combustió del dièsel) respecte a la petjada de carboni total pel consum de combustible, i que inclouria les emissions per producció de dièsel, manteniment, infraestructura del vehicle, etc. Per defecte, aquesta ratio es fixa en 70%.

Per al càlcul basat en el factor d'emissió seleccionat de la base de dades Ecoinvent [3], es pot modificar/actualitzar el factor escollit (Figura 5-15).

Figura 5-14. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de la petjada de carboni de la recollida i transport de RSU a SIRUSA: càlcul basat en el consum de dièsel.

Càlcul basat en el consum de diesel

Consum diesel	40 L/100 km		
Factor correcció ratio emissions directes/tota	0,7		
Factor d'emissió per estequiometria (directes)	3,11 kg CO2/kg diese	2,58 kgCO2/L diesel	
Factor d'emissió corregit	4,44 kg CO2/kg diese	3,68 kgCO2/L diesel	

PROCEDENCIA	Consum diese L	Emissió kg CO2	Petjada de Carboni kgCO2/t RSU
TARRAGONA	4476,00	16483,81	4,51
REUS	7500,00	27620,33	10,20
CONSELL COMARCAL TARRAGONÉS	2600,00	9575,05	11,08
VALLS	1552,00	5715,57	8,89
SALOU	1140,00	4198,29	6,43
VILA-SECA	873,60	3217,22	6,62
AJ. RODA DE BARÁ	1134,00	4176,19	15,58
CONSTANTI	96,00	353,54	1,99
CREIXELL	320,00	1178,47	7,43
CAMBRILS	48,00	176,77	12,38
SECOMSA GESTIÓ S.L.	2600,00	9575,05	3,34
AUTORITAT PORTUARIA	32,00	117,85	8,73
MERCAT DEL CAMP	16,80	61,87	2,76
CAMPINGS	72,00	265,16	41,05
TOTAL	22460,40	82715,14	6,59

Mitjana

Figura 5-15. Captura de pantalla de l'eina de càlcul de la petjada de carboni de la recollida i transport de RSU a SIRUSA: càlcul basat en el factor d'emissió d'Ecoinvent.

Càlcul basat en el factor d'emission de Ecoinvent

market for transport, freight,EURO6, RER,
 lorry 7,5-16 metric ton 0,2118 kgCO2/tkm

Tria capacitat

PROCEDENCIA	tkm	Emissió kg CO2	Petjada de Carboni kgCO2/Tn RSU
TARRAGONA	36585,80	7748,87	2,12
REUS	81261,30	17211,14	6,35
CONSELL COMARCAL TARRAGONÉS	21610,25	4577,05	5,30
VALLS	25712,00	5445,80	8,47
SALOU	19590,00	4149,16	6,35
VILA-SECA	11668,32	2471,35	5,08
AJ. RODA DE BARÁ	12061,80	2554,69	9,53
CONSTANTI	1417,92	300,32	1,69
CREIXELL	6341,60	1343,15	8,47
CAMBRILS	571,20	120,98	8,47
SECOMSA GESTIÓ S.L.	143524,00	30398,38	10,59
AUTORITAT PORTUARIA	135,00	28,59	2,12
MERCAT DEL CAMP	313,32	66,36	2,97
CAMPINGS	193,80	41,05	6,35
TOTAL		76456,90	6,09

Promig




6 Conclusions.

La conclusió pel que fa al bloc 1, es que el resultat de la petjada de carboni es compon en un 97% de les emissions directes per la incineració del residu. I que aquestes emissions directes es deriven de la caracterització del mateix. L'anàlisi de sensibilitat mostra que el resultat pot variar aproximadament un 18% considerant la variabilitat dels percentatges de les grans fraccions de RSU, i en concret, del percentatge de la fracció plàstic definida, atès que es tracta del paràmetre amb contribució més important. Per tant, es molt important establir de manera adient la caracterització dels residus que arriben a la PVE.

Com a conclusió del bloc 2, es dona en aquest informe una aproximació raonable de la petjada de carboni del transport de RSU des dels contenidors de Fracció Resta fins a la Planta PVE de SIRUSA, basada en una avaluació aproximada del consum de gasoil dels camions. Aquest consum s'ha estimat en base a distàncies recorregudes pels camions. Caldria afegir al resultat el consum de combustible dels vehicles a les operacions de buidatge de contenidors, que podria representar un consum molt més gran que per falta de dades no hem pogut estimar. Com s'ha esmentat anteriorment un càlcul més acurat, només es pot fer a partir de les dades reals dels consums de combustible.

7 Signatures

Realitzat per:



Carmen Torres
Investigador WAS

carmen.torres@eurecat.org



Francesc Castells
Assessor i revisor

francesc.castells@urv.cat

8 Bibliografia

- [1] UNE EN ISO 14044:2006 (2006). Environmental management — Life Cycle Assessment — Requirements and guidelines.
- [2] UNE EN ISO 14067:2018 (2018). Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification.
- [3] Ecoinvent Database. <https://ecoinvent.org/the-ecoinvent-database/>
- [4] IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.
- (2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/12/19R_V0_01_Overview.pdf)
- [5] Observatorio de Transporte, Xunta de Galicia. Simulador para el cálculo de costes de transporte. [En línea] 10 de Agost de 2022. <https://observatoriotransporte.xunta.gal/otrame/>.
- [6] Javier Pérez, Julio Lumbreras, Encarnación Rodríguez, Michel Vedrenne. A methodology for estimating the carbon footprint of waste collection vehicles under different scenarios: Application to Madrid. Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2017 (52): 156-171. DOI: 10.1016/j.trd.2017.03.007
- [7] Larsen AW, Vrgoc M, Christensen TH, Lieberknecht P. Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance. Waste Management & Research. 2009;27(7):652-659. DOI:10.1177/0734242X08097636

1. Annex I

1. Condicions específiques de l'elaboració, lliurament i ús dels informes de resultats.
2. Els informes s'emetraran amb les dades i descripcions de les mostres indicades en la present oferta. Serà responsabilitat del Client comprovar la veracitat d'aquesta informació, la qual quedarà confirmada amb l'acceptació de l'oferta.
3. El Client no té dret a reclamar a Eurecat per la insuficiència dels serveis rebuts, quan la mateixa sigui conseqüència de la falta d'informació necessària que el client hagi de proporcionar.
4. El present informe no pot ser reproduït total o parcialment sense l'autorització prèvia i per escrit d'Eurecat.
5. El Client no té dret a atribuir a Eurecat conclusions tècniques que no constin explícitament en la documentació lliurada, ni a reproduir parcialment aquesta documentació, de manera que es puguin deduir conclusions no coincidents amb les del text complet.
6. Els materials o mostres sobre els quals es realitzin els assajos es conservaran a les instal·lacions d'Eurecat durant els tres mesos posteriors a l'emissió de l'informe, procedint-se posteriorment a la seva destrucció. Les mostres de gran envergadura hauran de ser recollides pel Client. En cas de no poder recollir-les, Eurecat facturarà al Client el cost de la gestió del residu pertinent. Qualsevol petició relacionada amb els materials objecte de l'informe s'haurà de realitzar en el termini indicat.
7. Davant possibles discrepàncies de l'informe emès per Eurecat respecte d'eventuals informes emesos per tercers, es procedirà a una comprovació diriment per part d'Eurecat.
8. El Client haurà de notificar a Eurecat qualsevol reclamació que rebi, que porti causa en l'informe emès per Eurecat.
9. Eurecat podrà incloure en els seus informes anàlisis, resultats, o qualsevol altra valoració que jutgi necessària o convenient, tot i que no haguessin estat expressament sol·licitats.
10. Els informes d'assaig o anàlisi, al no estar elaborats amb caràcter de dictamen pericial, no podran utilitzar-se amb aquest objectiu davant cap òrgan jurisdiccional.
11. Les parts acorden que, excepte concurrència de dol, l'import econòmic de la responsabilitat en la qual pugui incórrer Eurecat o els seus empleats com a conseqüència dels serveis prestats, en cap cas podrà superar l'import dels serveis abonats pel Client.
12. Quan el Client precisi la utilització judicial dels informes emesos, haurà de comunicar-ho a Eurecat perquè siguin pressupostats, si escau, els costos que es generin sobre aquest tema.

Control de canvis

Versió	Data	Apartat modificat	Descripció breu de la modificació
0	20/09/2022	-	Informe provisional
1	26/09/2022	Varis	Revisió interna informe provisional
2	29/09/2022	1	Errata unitats
3	30/11/2022	Varis	Informe final