

Simulació numèrica mesoscalar de l'ozó troposfèric a Catalunya

Sara Ortega Jiménez

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

3. MODEL D'EMISSIONS

3.1. Introducció

Nombrosos estudis de sensibilitat (Hanna et al., 1998; 2001; Baertsch-Ritter et al., 2003) han demostrat la gran influència de les emissions en els resultats dels models de qualitat de l'aire. Tot i saber que són una entrada fonamental, continuen essent els grans propagadors d'incertesa, en part per la dificultat de conèixer per cada moment i lloc les emissions reals. L'error associat a les emissions pot arribar a ser per algunes àrees superior al 100 % (Russell and Dennis, 2000). Per aquest motiu, en aquest capítol es fa una descripció acurada del model d'emissions dissenyat, desenvolupat i utilitzat en aquesta tesi.

En un model d'emissions es realitzen aproximacions en el càlcul de les emissions i cal informació d'origen molt divers, sovint pertanyent a departaments i organismes públics i/o privats diferents, la qual cosa dificulta encara més la tasca inicial de recopilació de la informació existent. Un altre punt a tenir en compte, és la variabilitat en el temps de les fonts emissores, les fàbriques tanquen, els cotxes es renoven i la producció elèctrica augmenta. La informació utilitzada ha d'estar referida al període pel qual es volen estimar les emissions (si és anual, del mateix any, si és mensual, del mateix mes).

En funció del tipus d'informació base que utilitzi el model es poden classificar en: bottom-up o top-down, darrerament diversos models utilitzen una combinació de les dues metodologies (Brulfert et al., 2005) (Carnevale et al., 2006). Els bottom-up: a partir d'informació molt localitzada es sumen emissions per obtenir les d'una àrea concreta, aquests models requereixen un fort tractament de dades i són costosos en temps i esforç, per la qual cosa acostumen a comprendre àrees més reduïdes que els següents; i els top-down: es parteix d'emissions per àrees extenses, o bé d'informació molt general a partir de la qual es calculen les emissions, normalment inclouen àrees extenses amb resolució temporal anual, per això se'ls hi ha d'aplicar algun tipus d'informació local per fer-ne la disgregació temporal i espacial, per exemple a partir del valor de les emissions anuals d'un país s'acaben donant les emissions horàries d'una regió.

Respecte la validació d'un model d'emissions, no és una tasca trivial. Es pot mesurar la concentració de contaminants, però mesurar l'emissió del contaminant esdevé una tasca impossible a causa de l'evolució temporal i espacial de les emissions. Si bé, l'administració fa un control en continu de les fonts amb major volum emissor, és a dir, que en coneix les emissions en tot moment i queden enregistrades, és inviable fer aquest seguiment per totes les fonts emissores a causa de la seva diversitat. Si es pensa en el trànsit, en la inhomogeneïtat dels vehicles i en la variabilitat temporal i espacial que hi pot haver en cada carrer, es pot entendre la dificultat en la validació d'un model d'emissions. Se'n fa una avaluació mitjançant la comparació amb altres models d'emissions existents per la mateixa zona (Tuia et al., 2007). O bé, es compara el resultat d'aplicar el model d'emissions en una simulació de contaminants i es valora la bondat del model d'emissions en base a la concordança dels resultats de contaminants amb les mesures (Brulfert, 2005).

Donat que les emissions atmosfèriques són una de les entrades ineludibles dels models fotoquímics, s'ha desenvolupat un model d'emissions anomenat Model d'Emissions per a la Qualitat de l'aire, MNEQA, adaptat als dominis en els quals es vol aplicar el model fotoquímic.

3.1.1. Inventari d'emissions vers model d'emissions

Es pot definir inventari d'emissions com la recopilació en una base de dades de quantitats de substàncies injectades a l'atmosfera, així com les característiques, el moment i la localització d'aquesta injecció. Poden ser dades mesurades en instants concrets o bé en continu, en el temps.

La majoria d'inventaris d'emissions s'esmenten acompanyats d'un altre mot que ens defineix l'àmbit de l'inventari. Per exemple, parlem d'inventari d'emissions industrials, per referir-nos a totes les emissions produïdes en l'àmbit o en la realització d'un procés industrial. Per obtenir-les es mesura a la sortida dels focus emissors, periòdicament.

L'ideal és tenir mesures en continu, això permet obtenir l'emissió per cada interval de temps desitjat. Les mesures en moments puntuals pot ser que no siguin representatives de la font, tot i que de vegades és la informació de que es disposa. Donat que es fa referència a mesures, l'inventari d'emissions serà per un temps passat; si es vol conèixer les emissions de l'endemà cal utilitzar un model. Aquest pot ser tan senzill com aplicar les emissions d'un dia que es consideri similar o representatiu del que es vol simular, o bé pot calcular una estimació en base a altres dades disponibles.

Un model d'emissions es refereix a la metodologia emprada amb l'objectiu d'obtenir valors el més pròxims a la realitat de les quantitats i substàncies injectades a l'atmosfera. Naturalment, un model d'emissions pot emprar els inventaris d'emissions existents, però, en general, hi haurà emissions de les quals no existirà inventari i que s'hauran de modelitzar. Per exemple, les emissions biogèniques, en cobrir una extensió gran és impossible mesurar-ne tota l'emissió. Però es pot disposar d'estudis d'emissió de les fulles per diferents condicions atmosfèriques i per diferents espècies de plantes. Llavors s'estima una densitat foliar per cada zona. En fer això, s'està utilitzant una emissió mitjana, primera aproximació, i una densitat mitjana, segona aproximació. També es busca una relació amb la dependència en les condicions atmosfèriques; en definitiva, s'estan modelitzant les emissions biogèniques.

Els models fan suposicions i aproximacions, i això és el que els diferencia entre sí. Per això, es poden trobar diferències importants entre resultats de models per la mateixa zona. Sovint els models no pretenen donar una emissió punt a punt, coordinada a coordinada, sinó que donen l'emissió per extensions delimitades, a les que anomenem cel·les i que determinen la resolució del model. Si la resolució del model d'emissions és major a la resolució en la qual es necessiten conèixer les emissions, només cal sumar-ne les quantitats fins a cobrir l'extensió desitjada. Si és a l'inrevés, és a dir, el model d'emissions dona les emissions per àrees majors a la desitjada cal aplicar algun criteri per disgregar-ne els valors fins a la resolució requerida.

3.1.2. Necessitat d'un model d'emissions per Catalunya: MNEQA.

Amb l'objectiu de fer un estudi acurat dels episodis d'ozó a Catalunya es va plantejar la necessitat de tenir les emissions per cada punt de la graella a la qual s'aplicaria el model fotoquímic amb resolució temporal horària. Per la zona de Catalunya s'han desenvolupat alguns models a nivell de Barcelona (Costa and Baldasano, 1996), on es calculen les emissions per un dia concret a l'àrea metropolitana de Barcelona. Així com un model preparat per fer les emissions horàries i amb alta resolució espacial per tota Catalunya per l'any 2000 (Parra et al., 2006). Donat que no existia cap model públic amb la resolució espacial i temporal desitjada, es va elaborar un de propi, utilitzant la metodologia desenvolupada a EMEP/CORINAIR (2004) i amb les dades facilitades per la Generalitat de Catalunya i les dades públiques disponibles.

S'ha obtingut benefici de l'inventari d'emissions per òxids de nitrogen i partícules en suspensió que es va realitzar al DMAH, per a 40 municipis declarats zones de protecció especial i que es troba al Pla d'actuació associat al Decret 226/2006 de 23 de Maig. Queda palès que la modelització i inventariat d'emissions està en ple desenvolupament i que s'ha de seguir avançant i investigant per tal de que deixi de ser un factor d'incertesa tan gran en la modelització de contaminació atmosfèrica.

S'exposarà la metodologia emprada per iniciar un model d'emissions adaptat a les àrees en les que posteriorment s'aplicarà un model fotoquímic. S'ha establert una estructura computacional formada per programes que calculen les diferents contribucions dels sectors emissors més rellevants, ensamblats per un script i utilitzant dades proporcionades a través de fitxers senzills, adaptables a nous escenaris d'emissions o a modificacions dels factors d'emissió emprats, així com els perfils d'especiació i temporals aplicats. És a dir, que permet actualitzar-ne totes les dades. Alhora que permet afegir nous mòduls d'emissions si es creu oportú.

S'ha utilitzat un sistema d'informació geogràfica (SIG) com és Miramon, per tal de relacionar la localització dels llocs on hi ha emissors, com poden ser els boscos, les carreteres o les indústries i poder-los referir a la graella espacial i temporal de cadascun dels dominis. Aquest SIG es combina amb programes que calculen les emissions en les espècies requerides pel mecanisme químic Carbon Bond Mechanism IV, CBM-IV, (Gery et al., 1989) i en el format adequat al model fotoquímic emprat, és a dir, format NetCDF (<http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf>).

Es fixa la mateixa resolució espacial que en la simulació meteorològica i la resolució temporal en una hora. Els dominis de la simulació meteorològica s'han fixat en 4, un domini de 27 km de resolució espacial abastant la meitat sud d'Europa i una petita part d'Àfrica, seguit d'un domini de 9 km de resolució centrat en Catalunya, zona d'interès per la modelització fotoquímica. Finalment, dos dominis interiors amb resolució 3 km incloent zones d'interès a Catalunya.

Es pren pel domini amb resolució major l'adaptació de les emissions del model EMEP (Vestreng et al., 2006) (<http://www.emep.int>). Mentre que per la resta de dominis es realitzen càlculs en base a les informacions disponibles i que es troben exposats en els següents apartats.

3.2. MNEQA (Model Numèric d'Emissions per a la Qualitat de l'Aire)

MNEQA és un model d'emissions per a la qualitat de l'aire, o més ben dit, un model d'emissions per fer simulacions fotoquímiques i de partícules i que s'ha aplicat a Catalunya. L'estructura de MNEQA és modular per facilitar l'operativitat i l'actualització, es pot veure a la Figura 3.1. En els models de qualitat de l'aire es treballa amb dominis anuats, que cobreixen extensions diverses i poden tenir resolucions també diferents. Això fa que el model d'emissions requereixi una adaptabilitat per diferents resolucions. En el nostre cas, s'ha aplicat una metodologia top-down per obtenir les emissions d'una forma aproximada en el domini més exterior de l'estudi de qualitat de l'aire que es vol fer. La tria d'aquesta metodologia facilita la tasca d'aconseguir les emissions per extensions grans, ja que es parteix d'un inventari existent, però la qualitat de les emissions finals son altament dependents de la qualitat de les dades base.

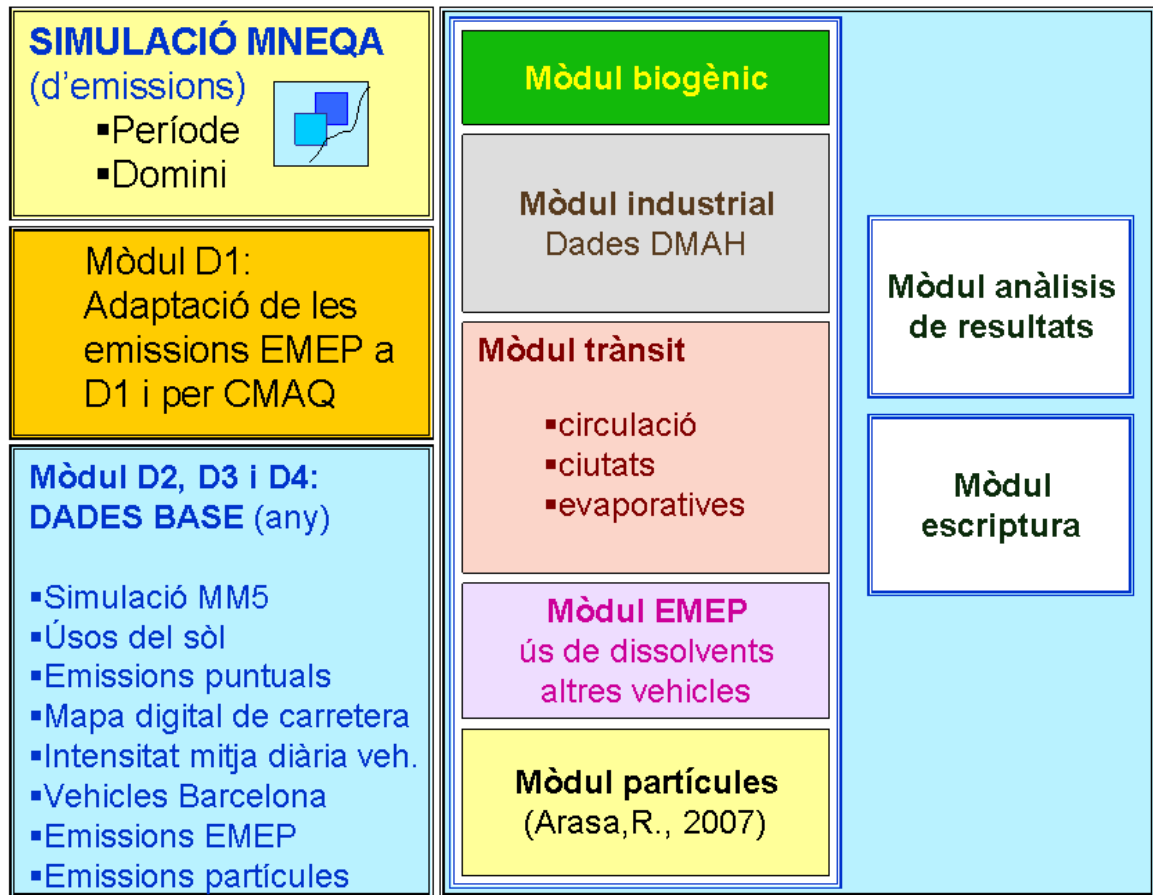


Figura 3.1. Estructura del model d'emissions MNEQA

Una simulació del model MNEQA proporcionarà les emissions pel domini D1 (Figura 2.3.) (sud d'Europa a 27 km de resolució) pel període desitjat amb resolució horària, en base a les emissions de EMEP. També proporcionarà l'emissió pel domini que abarca Catalunya, domini D2 (9km de resolució). I amb la mateixa metodologia pels dominis D3 i D4 amb 3 km de resolució.

Per Catalunya s'han utilitzat dades d'usos del sòl, d'emissions puntuals d'indústries i generació d'energia, un mapa digital de carreteres amb informació sobre la intensitat mitjana diària de vehicles, informació de ciutats, com els vehicles circulant a Barcelona i el número de trajectes per ciutat. Els sectors dels quals no es disposava d'informació s'han extret de EMEP. Les partícules és un mòdul apart que no es comenta en aquesta tesi per ser part d'una altra.

Les sortides del model són els fitxers generats pels mòduls anàlisis de resultats i escriptura. Aquestes sortides estan pensades per ser visualitzades gràficament amb programes com PAVE o VERDI. La informació que proporcionen és el valor en mols de l'emissió per cada espècie i cada hora, que és el que necessita com a fitxer d'entrada al model de qualitat de l'aire. A més s'obté el tant per cent de cada tipus d'emissió respecte el total, focalitzant l'anàlisi en els NO_x i els VOCs per ser d'especial interès en el cicle de l'ozó.

3.3. Adaptació de les emissions EMEP al domini exterior

Donat que el domini exterior comprèn part d'Europa i una petita part d'Àfrica. Les emissions de EMEP (Vestreng et al., 2006) (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, UNECE, United Nations Economic Commission for Europe) amb 50 km de resolució espacial i amb resolució temporal anual es poden adaptar a aquest domini exterior (27 km de resolució). El domini de EMEP es mostra a la Figura 3.3. Es pot apreciar com el domini exterior utilitzat en la simulació MM5 (Figura 3.2.) està inclòs en el domini EMEP (Figura 3.3).

La metodologia seguida per adaptar les emissions de la malla EMEP, amb resolució 50km, a la malla MM5 amb resolució (27 km) ha estat la següent:

1. Identificar centres de les cel·les pels dos dominis amb les latituds i longituds corresponents.
2. Assignar a cada punt del domini MM5 les emissions d'un punt proper del domini EMEP amb emissió. Entenent per punt proper aquell que dins d'un radi de 0.5° és el més proper.
3. Definim factor de proporcionalitat de l'espècie i , P_i , com:

$$P_i = \frac{N_{EMEP}^i}{N_{MM5}} \quad (1)$$

On:

N_{EMEP} són el número de punts EMEP dins del domini MM5 amb emissió
 N_{MM5} són el número de punts MM5, les cel·les del domini.

Per NH_3 , amoníac, a causa de la no emissió en el mar d'aquest compost, s'ha aplicat:

$$P_{NH_3} = \frac{N_{EMEP}^{NH_3}}{N_{MM5} - N_{NOPP}} \quad (2)$$

On:

N_{EMEP} són els punts EMEP dins del domini MM5 amb emissions d' NH_3
 N_{NOPP} són els punts MM5 que no han trobat punt proper i per tant tenen valor nul en les emissions d' NH_3

4. Multipliquem cada emissió del domini MM5 per P , factor de proporcionalitat, de l'espècie i .

$$EC_{i,k} = E_{i,k} * P_i \quad (3)$$

On:

$EC_{i,k}$ és l'emissió corregida per l'espècie i , a la cel·la k
 $E_{i,k}$ és l'emissió assignada al punt k de la xarxa MM5 per l'espècie k
 P_i és el factor de proporcionalitat del contaminant i

5. L'emissió assignada al centre de la cel·la MM5, a partir de la contribució EMEP corregida amb el factor de proporcionalitat, és l'emissió de la cel·la.
6. Finalment s'ha comprovat que la suma de totes les emissions de les cel·les del domini MM5, no diferissin significativament de la suma de les cel·les de la secció corresponent en el domini EMEP.

Taula 3.1. Suma de les emissions (Tones/any) sobre l'àrea del domini MM5, segons EMEP i segons la distribució realitzada sobre el domini MM5. % d'error de la interpolació.

Contaminant	MM5	EMEP	%
CO	7535866	7142354	+5.5%
NH3	1086617	968692	+12.2%
VOC	2792116	2799812	-0.3%
NO _x	3294837	3271856	+0.7%
SO _x	2917918	2706989	+7.8%

S'observa que pels NO_x i els VOC la metodologia dona un error inferior al 1 % . Això és així perquè aquests dos contaminants apareixen amb una major cobertura espacial, com que són els que més interesen, juntament amb el CO, per la química de l'ozó, es considera el mètode suficientment acurat.

7. Aplicar perfils per transformar les emissions anuals en emissions diàries, i finalment en emissions horàries. S'han generat fitxers amb les emissions horàries per cada dia de la setmana i per cada mes (Parra, 2004).

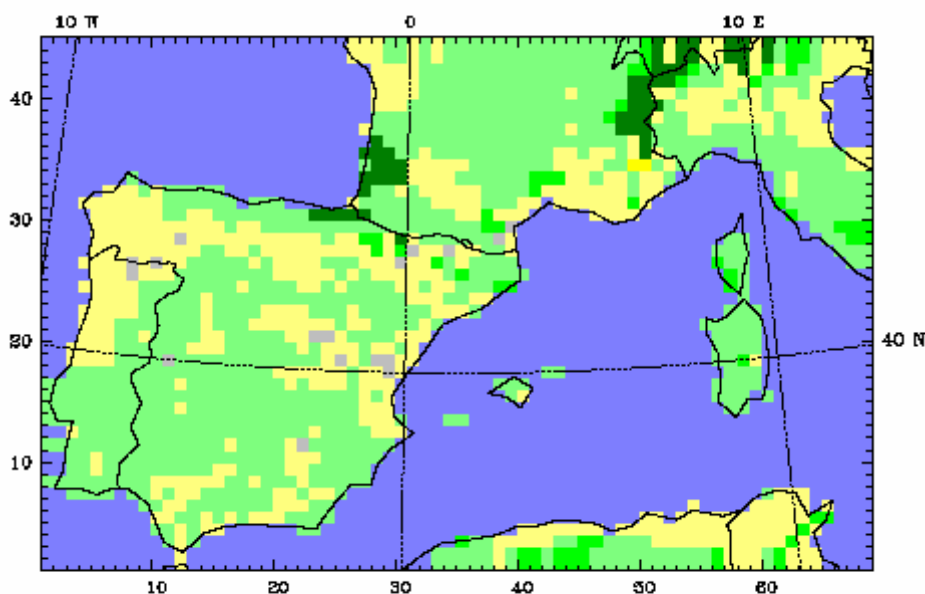


Figura 3.2. Domini exterior (D1) de la simulació MM5, 68 x 44 cel·les amb resolució de cel·la 27x27 km².

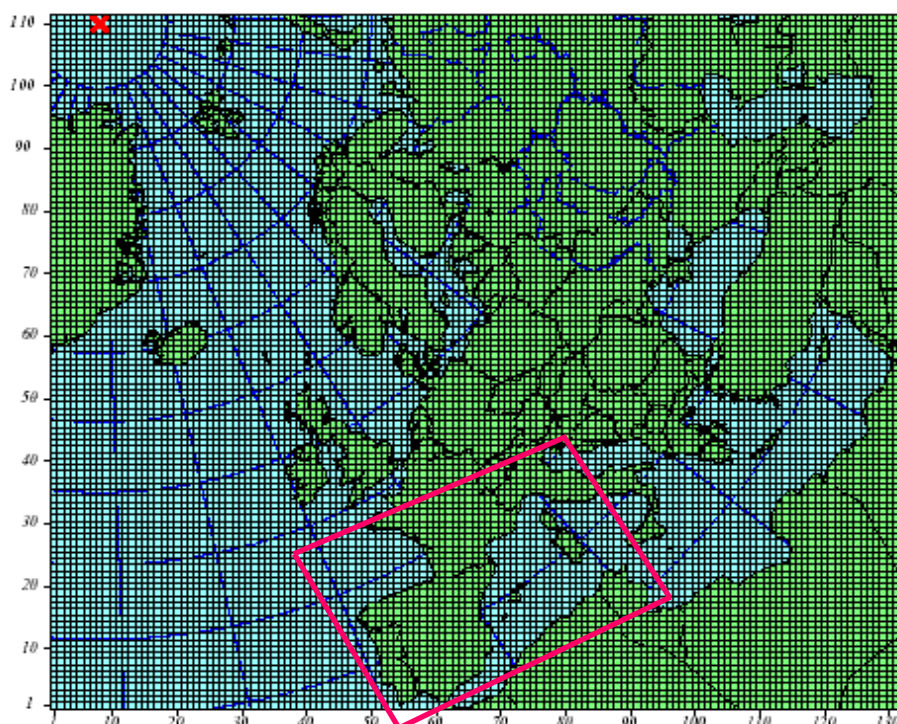


Figura 3.3. Domini EMEP, els números als eixos indiquen els índexs de cada cel.la, (Modificació de figura de: <http://www.emep.int/grid/grid50.pdf>), i domini exterior MM5 (requadre vermell).

3.4. MNEQA en els dominis Catalans

En els dominis interiors (D2, D3 i D4) s'ha fet una estimació de les emissions prioritant la metodologia bottom-up, és a dir utilitzant les dades locals disponibles i els factors d'emissió més apropiats a cada cas.

Donat que hi ha factors d'emissió depenents de la temperatura o la radiació, la simulació meteorològica pel període que es vol simular és un requisit del model d'emissions. A més, com l'objectiu final d'aplicació és la simulació de les concentracions de contaminants utilitzant un model de qualitat de l'aire igualment s'haurà d'executar el model meteorològic, no és en va el temps de càlcul que s'afegeix en l'operativitat del model d'emissions. Aquest temps corresponent a l'execució del model meteorològic, igualment el necessita el model de qualitat de l'aire. Hi ha altres models que utilitzen dades climatològiques i eviten aquest temps afegit, però s'ha estimat convenient fer-ho d'aquesta forma per utilitzar dades més ajustades a cada dia simulat i reduir-ne la incertesa que es derivaria.

En aquests dominis es tracten les emissions biogèniques i les antropogèniques. Dins de les darreres es consideren les emissions industrials i de la producció energètica, les provinents del trànsit, incloent les emissions evaporatives i les del trànsit urbà. També es consideren l'ús de disolvents i les d'altres fonts mòbils i maquinària.

3.5. Emissions biogèniques

Les emissions biogèniques són rellevants en relació a la contaminació fotoquímica per la seva producció d'hidrocarburs en el procés de la fotosíntesis. També s'ha de considerar l'emissió de monòxid de nitrogen provinent dels processos biològics en el sòl.

En el càlcul de les emissions biogèniques s'empra la metodologia descrita per Guenther et al. (1994) per les emissions dels hidrocarburs. A partir d'uns factors d'emissió en condicions estàndards es troba l'emissió de la zona desitjada. Els factors d'emissió estàndard venen donats per una temperatura de les fulles (T_s) i una radiació activa fotosintètica (PAR) donades, és per això que cal fer-ne la correcció de T i PAR del lloc i el moment en el qual es pretén calcular les emissions.

Els factors d'emissions biogènics són per les espècies: isoprens, monoterpens, altres VOC i monòxid de nitrogen. Els monoterpens i altres VOC s'han de disgregar en les espècies del mecanisme químic.

Pels factors d'emissió d'isoprens i pels factors d'emissió d'alguns monoterpens les correccions que cal aplicar segueixen la forma:

$$FE_{iso} = fI_s \times CT \times CL \quad (4)$$

$$CT = \frac{\exp[c_{T1}(T - T_s) / RT_s T]}{1 + \exp[c_{T2}(T - T_m) / RT_s T]} \quad (5)$$

$$CL = \frac{\alpha c_{L1} PAR}{\sqrt{1 + \alpha^2 PAR^2}} \quad (6)$$

La resta d'hidrocarburs i el monòxid de nitrogen segueixen:

$$FE_j = fE_{s,j} \times \exp[0.09(T - T_s)] \quad (7)$$

On:

FE_{iso} i FE_j són el factor d'emissió per isoprens i per l'hidrocarbur j
 fI_s i fE_s es refereixen a les emissions estàndard, corresponent a l'emissió per temperatura de les fulles a 293K i PAR de 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

T_s temperatura estàndard 303K

R constant del gas ideal 8.314 $\text{K}^{-1} \text{mol}^{-1}$

T és la temperatura de les fulles

PAR és la radiació activa fotosintètica

S'ha aproximat la temperatura de les fulles a la temperatura ambient i s'ha calculat la PAR com el 0,47 de la radiació neta (Mc Cree, 1972).

I els paràmetres utilitzats són els trobats empíricament per Guenther et al. (1994)

$$c_{T1} = 95\,000 \text{ J mol}^{-1}$$

$$c_{T2} = 230\,000 \text{ J mol}^{-1}$$

$$T_m = 314\text{K}$$

$$\alpha = 0.0027$$

$$c_{L1} = 1.066$$

3.5.1. Factors d'emissió estàndard

Per determinar el factor d'emissió estàndard corresponent a cada àrea de tipus de sòl determinat, s'ha aplicat:

$$fE_{s,j,k} = fe_j(sòl_k) * Df_k \quad (8)$$

On:

j es refereix al tipus d'hidrocarbur, espècie química de la qual volem saber l'emissió

k es refereix a la parcel·la de terreny considerada

$fE_{s,j,k}$ és el factor d'emissió en condicions estàndards de l'hidrocarbur j per la parcel·la k

$sòl_k$ és el tipus de sòl, la categoria (veure taula 3.2. i 3.3.)

Df_k és la densitat folial a la parcel·la k

Taula 3.2. Usos del sòl per a Catalunya.

1	fora de Catalunya
2	aigua continental
3	aigua marina
4	congestes de neu
5	Infraestructuras viàries
6	urbanitzacions
7	nuclis urbans
8	zones industrials i comercials
9	conreus herbacis de secà
10	conreus herbacis de regadiu
11	fruiters de secà
12	fruiters de regadiu
13	Vinya
14	prats supraforestals
15	Bosquines i Prats
16	bosc d'escleròfil·les
17	bosc de caducifolis
18	bosc d'aciculifolis
19	vegetació de zones humides
20	sòl amb vegetació escassa o nul·la
21	zones cremades
22	sorrals i platges

S'ha utilitzat la informació d'usos del sòl disponible per Catalunya en resolució 30m, de l'any 2002 disponible a la web de la Generalitat. (veure Figura 3.4.). Aquest mapa d'usos del sòl ens ha permès saber a quina categoria d'entre 22 (veure taula 3.2.) correspon cada sector de 30x30 m2. Aquest mapa s'ha realitzat a partir de fotografies,

amb la posterior digitalització del terreny, per tant és força precís, si bé en els darrers anys s'ha pogut modificar l'ús d'algunes àrees, bé, per crema de boscos, o per canvi en els cultius, o per urbanització de zones rurals, etc. El motiu de no haver utilitzat l'última versió 2004 és la no disponibilitat de tot el territori, ja que només es trobava accessible l'àrea metropolitana de Barcelona en el moment de la realització d'aquest model d'emissions.

En les zones exteriors a Catalunya, s'ha utilitzat la informació d'usos del sòl de U.S. Geological Survey (USGS), utilitzada en el model meteorològic i que està en la mateixa resolució que la desitjada per les emissions. Donat que les caselles fora de Catalunya són poques. S'ha identificat en funció de l'ús del sòl que s'utilitza amb MM5 el valor d'emissió d'una casella propera que estigués compresa dins del territori català amb un valor d'ús del sòl del MM5 igual.

Cal associar a cada categoria d'ús del sòl un factor d'emissió. En el cas de Catalunya s'han utilitzat els factors d'emissió recopilats a Parra (2004), per incloure les característiques mediterrànies de la vegetació i les informacions d'estudis realitzats a Catalunya. Els factors d'emissió per boscos, depenen de la densitat foliar i del tipus de bosc: d'esclerofil·les, de caducifolis, o de coníferes. Utilitzem la informació de densitat foliar mitjana per tipus de bosc i per comarques obtinguda del Sistema d'Informació dels Boscos de Catalunya (SiBosc <http://www.creaf.uab.es/sibosc>) creat en el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions forestals (CREAF) i finançat pel DMAH (veure Figures 3.5, 3.6, 3.7). La resta de factors s'han calculat segons la informació obtinguda de Parra (2004) i que es mostra a la taula 3.3.

Taula 3.3. Usos del sòl i factors d'emissió per Catalunya. Els valors per boscos són els màxims que pren a Catalunya, ja que depèn de la densitat foliar que es coneix per cada comarca.

Categoria vegetació	Factor d'emissió ($\mu\text{g h}^{-1} \text{m}^{-2}$)				
	isoprens	monoterpens		OCOV	
Nuclis urbans	333	29.25		9.6	
Conreus herbacis de secà	0	6.32		178.94	
Conreus herbacis de regadiu	1.98	9.92		182.47	
Fruiters de secà	2	6		266	
Fruiters de regadiu	45	147		411	
Vinya	5	3		72	
Bosquines i prats	438	388 ⁽¹⁾	206 ⁽²⁾	374 ⁽¹⁾	200 ⁽²⁾
		206 ^(*1)	196 ^(*2)		
Bosc d'escleròfil·les	216.75	210.97		1364.08 ⁽¹⁾	1424.77 ⁽²⁾
		2580.77 ^(*1)	1713.77 ^(*2)		
Bosc de caducifolis	803.25	879.75		677.25 ⁽¹⁾	704.25 ⁽²⁾
		1041.75 ^(*1)	693 ^(*2)		
Bosc d'aciculifolis	367.5	3518.2 ⁽¹⁾	3189.9 ⁽²⁾	534.1 ⁽¹⁾	592.9 ⁽²⁾
Vegetació de zones humides	9.92	9.92		0	

⁽¹⁾ factor d'emissió pels mesos d'abril, maig i juny

⁽²⁾ factors d'emissió pels mesos de juliol, agost i setembre

^(*1) factors d'emissió pels mesos d'abril, maig i juny que s'han de corregir T, PAR

^(*2) factors d'emissió pels mesos de juliol, agost i setembre que s'han de corregir T, PAR

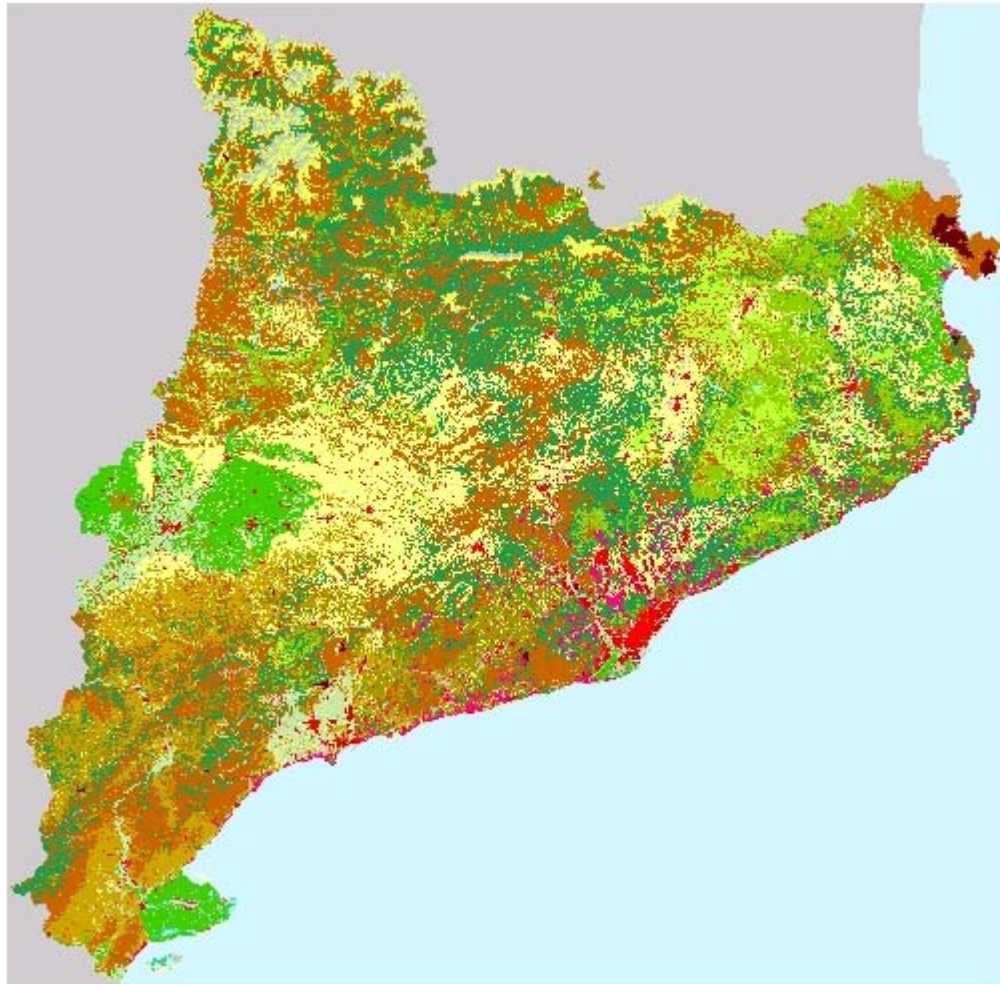


Figura 3.4. Usos del sòl per Catalunya l'any 2002 (Font: DMAH)

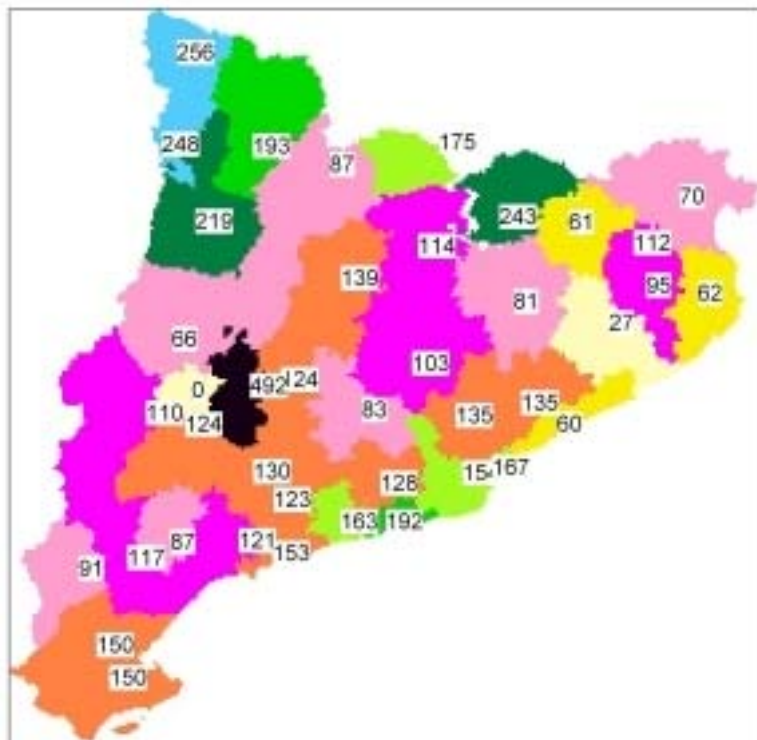


Figura 3.5. Densitat folial per comarques de boscos aciculifolis

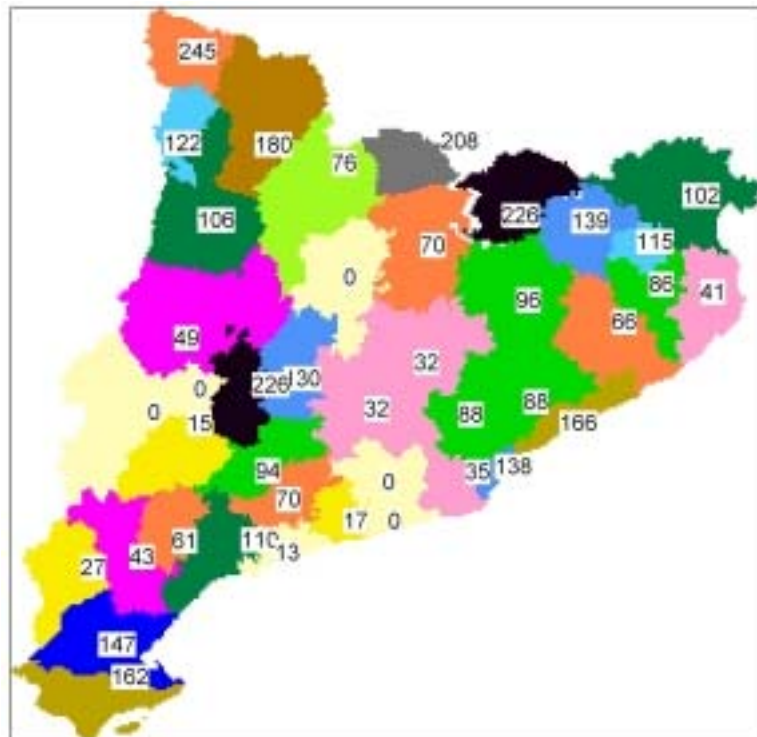


Figura 3.6. Densitat folial per comarques de boscos de caducifolis



Figura 3.7. Densitat folial per comarques de boscos d'esclerofil·les

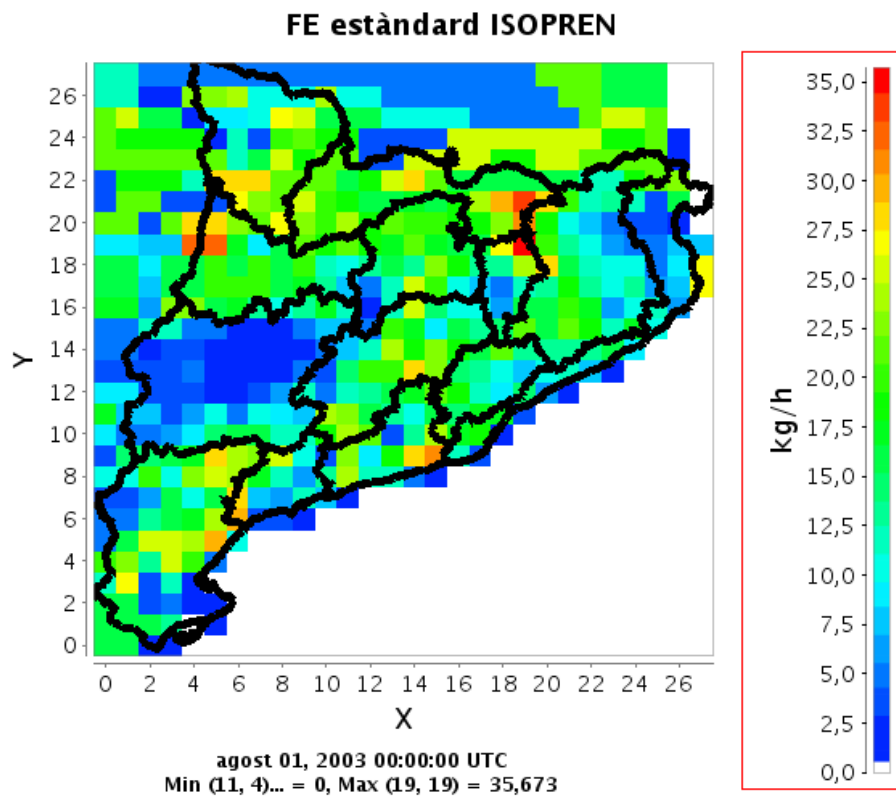


Figura 3.8. Mapa dels factors d'emissió estàndard per isoprens utilitzats en el domini D2

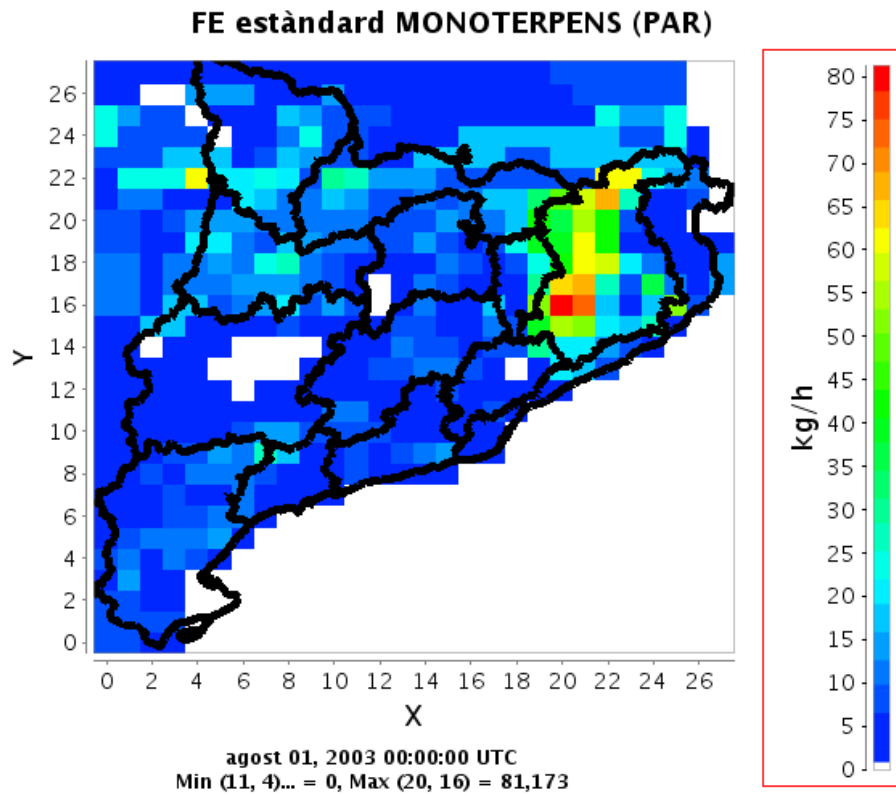


Figura 3.9. Mapa amb els factors d'emissió estàndard per monoterpens que cal corregir de PAR en el domini D2

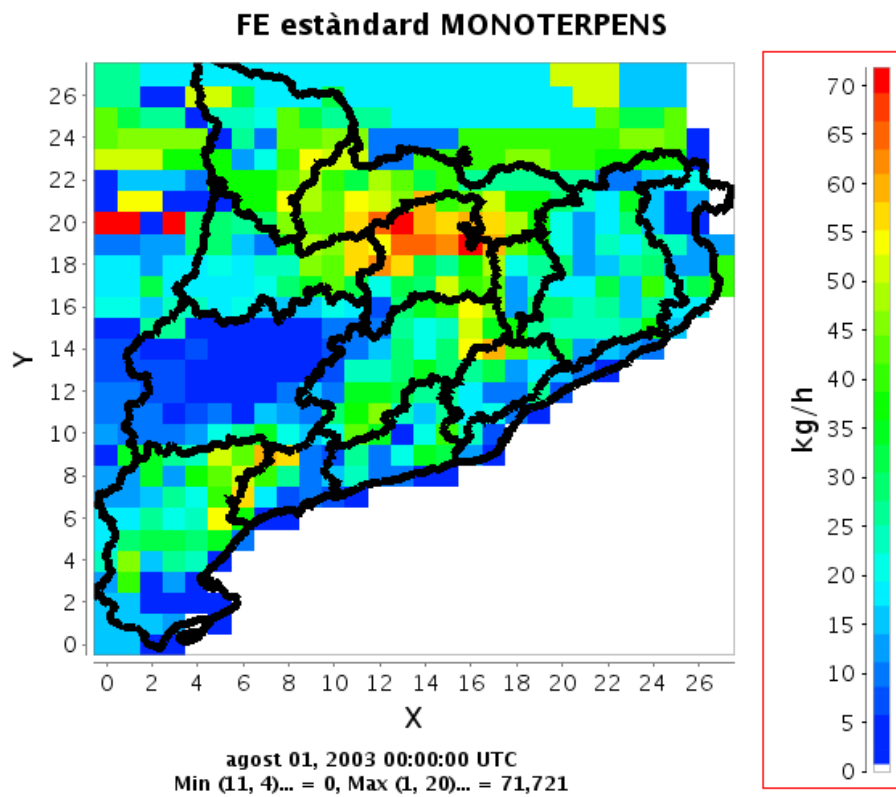


Figura 3.10. Mapa amb els factors d'emissió estàndard per monoterpens (a corregir només de Temperatura) en el domini D2.

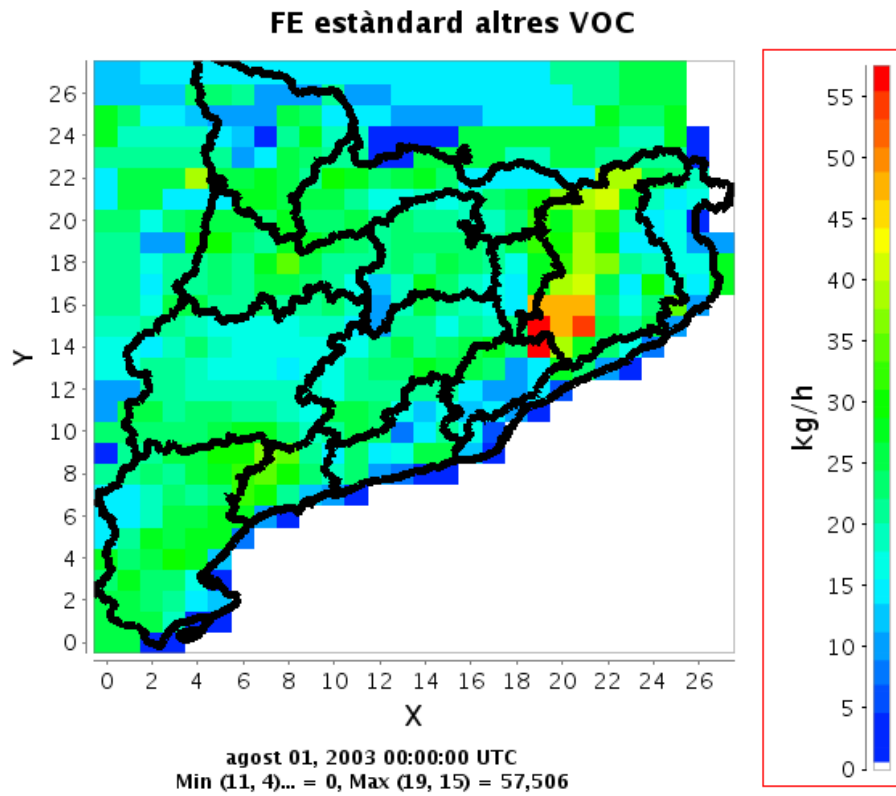


Figura 3.11. Mapa amb els factors d'emissió estàndard per altres VOC en el domini D2.

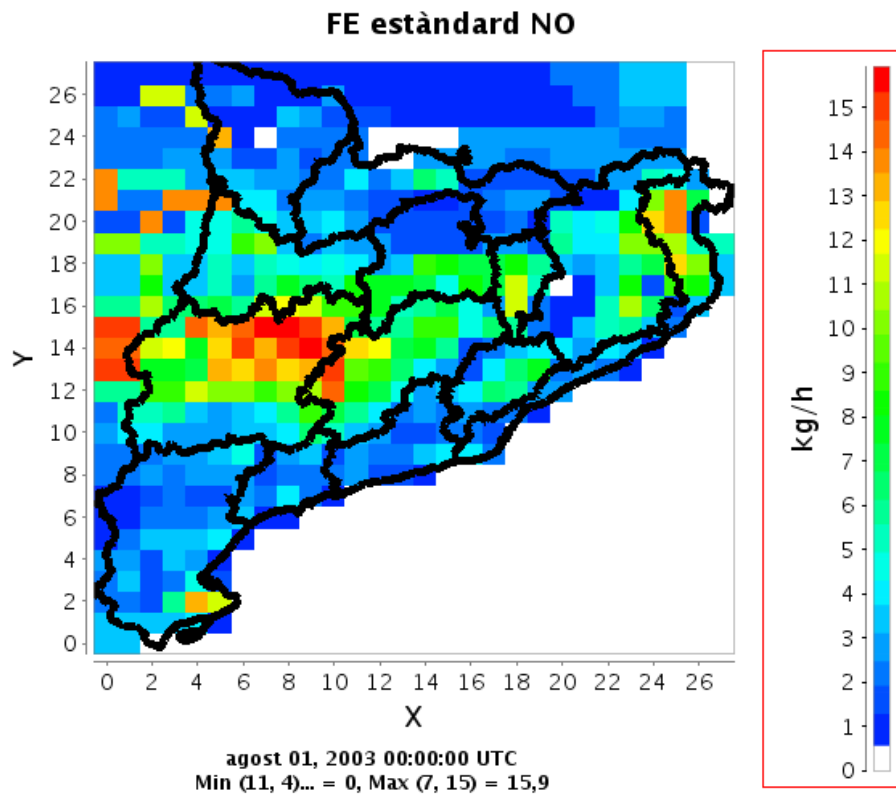


Figura 3.12. Mapa amb els factors d'emissió estàndard per NO en el domini D2.

Finalment se n'ha fet l'especiació pel mecanisme químic CBM-IV segons EMEP/CORINAIR (2004):

$$\text{Mols}_{\text{esp}} = \text{Emiss}_i(\text{g/h}) * \text{factor}_{i,\text{esp}} / \text{MW}_i \quad (9)$$

On MW_i es refereix al pes molecular del compost i , el $\text{factor}_{i,\text{esp}}$ és el valor pel qual cal multiplicar l'emissió del compost i per passar a l'espècie de CBM-IV. Emiss es refereix a l'emissió del compost i . Aplicant la fórmula s'obté l'emissió en mols de l'espècie del mecanisme CBM-IV que utilitza el model fotoquímic.

Taula 3.4. Factors corresponents a $\text{factor}_{i,\text{esp}}$ per passar de massa d'hidrocarburs biogènics a mols pel mecanisme químic CBM-IV.

I esp	MW(g/mol)	ALD	ISOP	NR	OLE	PAR	TERPB
ISOP	68,12	-	1	-	-	-	-
MONO	136,23	1,5	-	-	0,5	6	1
OVOC	148	-	-	0,5	0,5	8	-

3.6. Emissions industrials a Catalunya

En aquest apartat s'inclouen les emissions relatives a la producció industrial, així com la producció d'energia i la incineració de residus i la indústria en general. Catalunya és una regió on es desenvolupen des d'activitats relacionades amb l'agricultura i l'alimentació, passant per la indústria química i petroquímica fins a components d'alta tecnologia. Aquestes diverses activitats industrials distribuïdes per tot el territori són font de riquesa des del punt de vista econòmic i des del punt de vista mediambiental, fonts emissores que cal controlar per conèixer els efectes.

S'ha disposat d'informació proporcionada pel DMAH (2008), a partir de les mesures que realitzen periòdicament a les fonts emissores. La informació inicial va haver de ser filtrada, per haver-hi molts registres repetits, corresponents a les diferents mesures que s'hi havien fet. També es va completar amb una categorització del tipus d'indústria per poder fer l'especiació de VOCs. Aquesta es va fer per cada sector i en base al combustible utilitzat (en relació a les centrals tèrmiques i de cogeneració) seguint la informació obtinguda de la EPA (CARB).

Taula 3.5. Informació per compost en l'inventari del DMAH i registres finals utilitzats.

Compost	# inicial de registres	# final de fonts (registres útils)	Valor màxim (kg/s)	Quantitat total (kg/s)
CO	8594	4506	1.0128	14.0866
NH3	122	49	$0.526 * 10^{-3}$	0.0146
NO	464	314	0.0664	0.500
NO2	6945	3806	0.1122	2.8834
VOC	1897	1043	0.2101	2.7048

La informació es va tractar amb una base de dades, es van detectar els registres repetits. Aquestes repeticions es deuen a mesures realitzades pels tècnics del DMAH en anys diferents; les mesures no tenen una periodicitat concreta. A la Taula 3.5. es pot veure com el número inicial de registres pel contaminant CO era de 8594 inicialment i després del tractament es va reduir pràcticament a la meitat.

En els apartats següents es contrasta la informació del fitxer de mesures amb les emissions obtingudes a partir de càlculs amb dades de consum globals o de producció. Aquests càlculs es van fer amb la intenció de suplir les mancances de l'inventari, finalment han servit per evaluar el càlcul indirecte i contrastar les dues dades. És fa difícil determinar quin és més exacte, quan només es disposa d'una o dues mesures puntuals. Un criteri que es pot aplicar és el d'agafar el valor major, per compensar l'intent de minimitzar les emissions per part de les empreses.

3.6.1. Plantes incineradores de residus

Al 2003 existien a Catalunya diverses plantes incineradores de residus. A les incineradores es cremen les deixalles per tal de reduir-ne el seu pes i volum i es recupera l'energia resultant de la combustió per obtenir vapor d'aigua, que al seu torn, es pot utilitzar per generar energia elèctrica.

Es mostren dades de cinc d'aquestes plantes (Montcada i Reixac, Sant Adrià del Besòs, Mataró, Girona i Tarragona). A partir de les tones/any incinerades el 2003 a cada planta (font: agència de residus de Catalunya) i aplicant el factor d'emissió proporcionat per l'Agència Europea de Mediambient (EEA) es pot calcular l'emissió.

Taula 3.6. Quantitat de residus (Tones/any) incinerades l'any 2003.

NOM	UTMX	UTMY	Tones 2003
Montcada i Reixac	430890	4593337.5	48 286.55
Sant Adrià del Besòs	435652.5	4585527	360 192.20
Mataró	451925	4597500	161 299.30
Girona	480075	4652755	28 905.48
Tarragona	351250	4555898	146 527.00

Els factors d'emissió utilitzats són els de la EEA (kg/tones de residus):

Taula 3.7. Factors d'emissió per la incineració en kg/tones de residus

NO _x	NMVOC	CO	SO ₂	PM
1.8	0.02	0.7	1.7	0.3

Multiplicant aquests factors per les tones incinerades obtenim les emissions anuals de cada planta. A falta de registres horaris del funcionament de les plantes incineradores, obtindrem les emissions diàries i horàries suposant que funcionen ininterrompudament, 24 hores al dia i 365 dies per any. A la Taula 3.8. es mostren els valors d'emissió calculats per cada planta.

Taula 3.8. Emissió horària per les incineradores (kg/h)

NOM	UTMX	UTMY	NO _x	VOC	CO
Montcada i Reixac	430890	4593337.5	10.06	0.11	3.91
Sant Adrià del Besòs	435652.5	4585527	75.04	0.83	29.18
Mataró	451925	4597500	33.60	0.37	13.07
Girona	480075	4652755	6.02	0.07	2.34
Tarragona	351250	4555898	30.53	0.34	11.87

Comparem aquestes emissions calculades a partir de la quantitat de residus incinerats anualment amb la informació de l'inventari del DMAH.

Respecte Tarragona en la incineració de residus urbans trobem inventariades dues fonts. El càlcul del valor mig per comparar amb l'obtingut anteriorment es detalla a

continuació. Per les dues fonts hi ha tres registres per al 2003. Per a NO₂, se n'ha calculat el valor mig. L'NO hi figura amb data del 2001 per ambdues fonts. El valor mig d'NO_x és 28.85 kg/h. Per VOCs hi ha 2 registres, s'obté un valor mig de 0.69 kg/h.

Font 1: NO₂ = 7.1 , 1.6 , 16.2 (3 registres per 2003) valor mig: 8.3 kg/h

NO = 7.95 (registre de 2001)

Font 2: NO₂ = 1.2, 0.7, 11.6 (3 registres per 2003) valor mig: 4.5 kg/h

NO = 8.1 (registre de 2001)

NO₂ (2.3, 8.3, 27.8) valor mig: 12.8

NO_x (18.35, 24.35 , 43.85) valor mig: 28.85

Fem el mateix per VOC:

Font 1: VOC = 0.15 , 0.69 (2 registres per 2003) valor mig: 0.42 kg/h

Font 2: VOC = 0.148 , 0.40 (2 registres per 2003) valor mig: 0.27 kg/h

VOC (0.298 , 1.09) valor mig 0.69 .

Un tractament similar s'ha fet per les altres incineradores i es poden veure els resultats a la Taula 3.9 identificats com a DMAH.

Taula 3.9. Emissions en kg/h de les incineradores catalanes el 2003 calculades a partir de les dades proporcionades pel DMAH i a partir de la informació de les tones/any incinerades el 2003. Entre parèntesis el nombre de registres. El guió - indica no hi ha dada.

NOM	NO _x DMAH	NO _x	VOC DMAH	VOC	CO DMAH	CO
Montcada i Reixac	8.23 (2)	10.06	-	0.11	1.5 (2)	3.91
Sant Adrià del Besòs	83.27 (4)	75.04	-	0.83	12.22 (4)	29.18
Mataró	64 (2 i 4)	33.60	-	0.37	3.04 (2 i 4)	13.07
Girona	12.5 (3)	6.02	0.55 (3)	0.07	0.06 (3)	2.34
Tarragona	28.85 (3 i 3)	30.53	0.69 (2 i 2)	0.34	-	11.87

En el cas dels NO_x els valors són força semblants, només en el cas de Mataró i Girona hi ha una diferència de pràcticament el 50 %, menor en la dada calculada a partir de la quantitat de residus.

Pels VOC, amb valors d'emissió reduïts, hi ha només dues dades corresponents a la incineradora de Tarragona, on el valor calculat a partir de la quantitat de residus es un 50 % menor, i a la de Girona. Val a dir que en considerar la informació proporcionada pel DMAH es deixarà d'incloure emissió de VOC donat que no hi ha informació associada, però que al ser valors força petits en relació a les emissions biogèniques (per exemple) l'error comès serà igualment petit.

Respecte el CO, la discrepància entre els dos mètodes és considerable, essent major l'emissió calculada de la mesurada, i en el cas de Tarragona hi manca la dada de CO en les dades del DMAH.

3.6.2. Cimenteres

L'any 2003 a Catalunya hi havia quatre empreses dedicades a la producció de ciment, que representen un total de set plantes situades a diferents punts de la geografia catalana. Són:

- Cemex S.A. (Alcanar, Vilanova i la Geltrú i Sant Feliu de Llobregat)
- Lafarge Asland S.A. (Montcada i Reixac)
- Molins Industrial S.A. (Sant Vicenç dels Horts)
- Uniland Cementera S.A. (els Monjos i Vallcarca)

A partir de les tones/any de ciment produïdes a cada planta, que s'han estimat a partir de la capacitat de la planta (font: IECA, Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (<http://www.ieca.es>)) i de la producció total a Catalunya (font: Agrupació de Fabricants de Ciment de Catalunya (<http://www.ciment-catala.ort/home.htm>)).

És a dir: $\frac{\text{producciótotal}}{\text{capacitattotal}} = \frac{8,1 \text{ milionstones}}{9,1 \text{ milionstones}} = 0,9$ i multiplicant la capacitat de cada planta per aquest 0,9 s'obté la producció aproximada de cadascuna.

Taula 3.10. Factors d'emissió per les cimenteres (EEA)

NO _x (kg/tona)	VOC(kg/tona)	CO(kg/tona)	SO ₂ (kg/tona)	PM(g/tona)	CO ₂ (kg/tona)
1.35	0.09	1.03	0.2	236	1100

S'han multiplicat els factors d'emissió per la producció per obtenir les emissions anuals de cadascun dels contaminants.

S'obtenen les emissions horàries tal i com s'ha fet amb les incineradores, és a dir, suposant un funcionament continu de les plantes, ja que no es disposa de registres horaris.

Taula 3.11. Emissions horàries per les cimenteres calculades a partir de la producció anual de ciment.

NOM	UTMX	UTMY	NO _x (kg/h)	VOC (kg/h)	CO (kg/h)	PM (kg/h)	SO ₂ (kg/h)
Cemex SA (Alcanar)	292235	4494910	303.1	19.7	230.5	53.0	56.1
Cemex SA (Vilanova)	393470	4566150	13.9	0.9	10.6	2.4	2.6
Cemex SA (St Feliu)	421029	4583634	124.8	8.1	95.0	21.8	23.1
Lafarge Asland SA	432080	4592184	124.8	8.1	95.0	21.8	23.1
Molins Industrial SA	416300	4584536	246.9	16.0	187.8	43.2	45.7
Uniland Cementera SA (Sta Margarida)	388093	4574551	277.4	18.0	211.0	48.5	51.4
Uniland Cementera SA (Vallcarca)	404635	4566319	166.4	10.8	126.6	29.1	30.8

Taula 3.12. Comparació entre les dades de l'inventari del DMAH i les dades calculades a partir de la producció anual de ciment.

NOM	NO _x DMAH	NO _x (kg/h)	VOC DMAH	VOC (kg/h)	CO DMAH	CO (kg/h)
Cemex SA (Alcanar)	X	303.1	X	19.7	X	230.5
Cemex SA Vilanova	58.9	13.9	X	0.9	18.4	10.6
Cemex SA St. Feliu	243.1	124.8	X	8.1	94.9	95.0
Lafarge Asland SA	275.7	124.8	X	8.1	136.1	95.0
Molins Industrial SA	507.6	246.9	X	16.0	324.4	187.8
Uniland Cementera SA (Sta Margarida)	470.4	277.4	X	18.0	704.5	211.0
Uniland Cement SA(Vallcarca)	114.8	166.4	X	10.8	363.6	126.6

En el cas de les cimenteres respecte els òxids de nitrogen s'observen valors superiors en les dades del DMAH, excepte en el cas de la cementera a Vallcarca. Aquests valors superiors es poden atribuir a la suposició de 24 hores de funcionament en el càlcul a partir de la producció anual de ciment, a diferència de les dades del DMAH en les quals s'utilitza la informació d'hores al dia en funcionament per cada cementera.

3.6.3. Centrals tèrmiques

Les centrals tèrmiques utilitzen combustibles fòssils per generar energia elèctrica. Els gasos que provenen de la combustió són emesos a l'atmosfera i són una font molt important de contaminació atmosfèrica.

Durant l'any 2003 estaven en funcionament a Catalunya 6 centrals tèrmiques que utilitzaven diferents tipus de combustible: carbó (Cercs), gas natural (Foix, Besòs I, Besòs II i Sant Adrià I-III) i fueloil (Besòs I, Besòs II i Sant Adrià I-III).

Per determinar les emissions de les centrals tèrmiques en règim ordinari es disposa de les dades de producció mensual d'energia elèctrica de cadascuna d'elles durant l'any 2003 (font: Butlletí de Conjuntura Elèctrica de la Generalitat). Els factors d'emissió s'han determinat tenint en compte la potència instal·lada a cada central i el tipus de combustible que utilitza (font: EEA):

Taula 3.13. Factors d'emissió per les centrals tèrmiques

	NO _x (g/kWh)		CO(g/kWh)	NMVOG(g/kWh)	CO ₂ (kg/kWh)
Carbó	2.05		0.44	0.17986	0.36
Gas Natural	0.77	0.54 (potència ≤300MW)	0.07	0.01799	0.22
Fueloil	0.94	0.68(potència ≤300MW)	0.05	0.03597	0.28

Per tant només cal multiplicar la producció de cada central pels factors d'emissió corresponents segons el combustible que fan servir.

Partint de les dades mensuals, trobem les diàries (en funció de si és un dia laborable o festiu) fent:

$$\text{laborable: } E_{ijm}^d = \frac{E_{ij}^m}{l_m + r * f_m} \quad \text{festiu: } E_{ijm}^d = r * \frac{E_{ij}^m}{l_m + r * f_m} \quad (10)$$

E_{ij}^m és l'emissió durant el mes m del contaminat i a la central j.

E_{ijm}^d és l'emissió durant el dia d del mes m del contaminat i de la central j.

El factor r indica la proporcionalitat entre la demanda energètica en un dia laborable i un de festiu (r=0.8, estimat a partir de les gràfiques de demanda energètica de la Red Eléctrica Española, REE).

I l_m i f_m són el nombre de dies laborables i festiu del mes pel qual s'està fent el càlcul.

Per determinar les emissions horàries calen els factors d'emissió horària. S'han trobat a partir de les gràfiques de demanda energètica de la REE, agafant un dia laborable i un de festiu representatius de cada mes.

És a dir, per un dia determinat, es pot obtenir el valor de demanda diari a partir de la gràfica de demanda i aleshores, dividint les demandes corresponents a cada hora pel valor diari, s'obté el pes de cada hora.

Per tant:

$$E_{dijm}^h = F_h * E_{ijm}^d \quad (11)$$

és l'emissió durant l'hora h del dia d del contaminant i de la central j, en el mes m.

Taula 3.14. Emissions horàries per les centrals tèrmiques el juny del 2003.

NOM	UTMX	UTMY	NO _x (kg/h)	VOC (kg/h)	CO(kg/h)
Foix I	387398	4562156	15.68	0.36	1.39
Sant Adrià	435774	4585779	64.99	1.51	5.74
Cercs	405750	4669925	201.55	17.71	42.86
Foix	387398	4562156	196.27	7.55	11.32
Sant Adrià	435738	4585723	71.44	2.75	4.12

3.6.4. Centrals de cycle combinat

Les centrals de cycle combinat tenen un rendiment més alt, ja que reaprofiten els gasos provinents de la combustió, aquests són utilitzats per generar més energia.

Per les tres centrals de cycle combinat existents a Catalunya l'any 2003 (CC Besòs III, CC Besòs IV, Tarragona I) s'han utilitzat els següents factors d'emissió (font: EEA):

Taula 3.15. Factors d'emissió per les centrals de cycle combinat

NMVOG (g/kWh)	CO (g/kWh)	NO _x (g/kWh)
0.018	0.027	0.67

Per aquestes centrals hi ha, igual que per les tèrmiques en règim ordinari, tots els registres de producció d'energia mensuals, publicats als butlletins de conjuntura elèctrica a Catalunya.

S'han obtingut les emissions horàries amb el mateix procediment que a les tèrmiques convencionals.

Taula 3.16. Emissions horàries per les centrals de cycle combinat

NOM	UTMX	UTMY	NO _x (kg/h)	VOC (kg/h)	CO (kg/h)
CC Besòs III	435510	4586514	137.33	3.67	5.50
CC Besòs IV	435510	4586514	189.65	5.07	7.60
Tarragona I	353250	4553350	186.10	4.97	7.46

Respecte la comparació amb les dades proporcionades pel DMAH, no queda clar quines dades corresponen a les tèrmiques de cycle combinat i quines a les normals, per això s'ha agrupat l'emissió en zona del Besòs (St Adrià i Besòs III, IV de cycle combinat), zona Cubelles (Foix), i Cercs.

Taula 3.17. Comparació entre les emissions de les centrals tèrmiques a partir de les dades proporcionades pel DMAH i a partir de la producció anual.

Nom	NO _x DMAH	NO _x (kg/h)	VOC DMAH	VOC (kg/h)	CO DMAH	CO (kg/h)
Besòs	557.1	463.6	X	13.0	307.92	22.96
Cubelles	503.8	211.95	X	7.91	69.7	12.71
Cercs	576.2	201.55	X	17.71	183.2	42.86

Les dades del DMAH són superiors, gairebé doblen l'emissió calculada de la producció anual d'energia. Aquesta gran diferència podria ser perquè la mesura s'hagi fet en una hora de màxima emissió, mentre que la calculada correspon a un valor mig de l'emissió de totes les hores, incloent les hores de funcionament i les de no funcionament. Si acceptem aquest raonament, l'emissió utilitzant les dades del DMAH estaria sobreestimada globalment, però no quan estigués en funcionament la central; en canvi utilitzant les dades de producció, l'emissió estaria infravalorada en les hores en que la central estés en ple funcionament.

3.6.5. Cogeneració

La cogeneració consisteix en aprofitar el calor residual d'un procés de producció d'electricitat. Aquesta calor residual s'aprofita per produir energia tèrmica útil. Les plantes de cogeneració s'instal·len a prop del lloc on es consumirà l'energia, així, l'electricitat es genera al mateix punt on es consumirà i no cal portar-la des de grans centrals.

Les dades de les emissions de les centrals de cogeneració corresponen a les plantes existents a l'any 2003, dades proporcionades per l'ICAEN (Institut Català d'Energia), on hi consta l'empresa i la potència que té. Les dades de generació d'electricitat estan per comarques (veure Taula 3.18.); s'han distribuït en funció de la potència de cada empresa. (veure Apèndix 2). Les coordenades de cada empresa així com el tipus de combustible s'han obtingut de l'inventari del 2000 realitzat per Parra (2003). I les que no apareixien se'ls han assignat les coordenades del nucli urbà al qual pertanyen i s'ha suposat que utilitzen gas natural.

La comarca del Tarragonès és la major productora d'energia per cogeneració, a causa de la forta indústria que hi ha a la zona. A partir de les dades del DMAH s'han seleccionat les fonts amb descripció clara d'emissió per cogeneració i es llisten a la Taula A2.2. de l'Apèndix 2. Es pot veure que en comparació amb la Taula A2.1 del mateix Apèndix 2 el número de fonts és notablement inferior, però no es pot concloure que totes les fonts manquin en l'inventari d'emissions, només que la descripció no és de cogeneració. En termes generals s'ha vist que les dades calculades eren extremadament inferiors (veure Apèndix 2, Taula A2.2) als valors mesurats. La gran diferència entre els valors, en l'inventari són superiors (columna DMAH), es pot atribuir al combustible utilitzat, s'ha

suposat que era gas natural quan es desconeixia el combustible. Donat que els factors d'emissió depenen del combustible, si el factor d'emissió és erroni l'emissió associada també ho és.

Els factors d'emissió que s'han utilitzat en el càlcul de l'emissió per cogeneració, han estat els mateixos que en les centrals elèctriques, depenent del combustible. De nou la dada calculada és inferior a la mesurada i inventariada pel DMAH, en aquest cas, donada la poca informació que tenim sobre els processos concrets i els combustibles, es valora com a més correcta la dada mesurada, i caldria revisar el mètode de càlcul indirecte si es volgués utilitzar aquest valor.

Taula 3.18. Producció elèctrica en instal·lacions de cogeneració l'any 2003.

PRODUCCIÓ ELÈCTRICA ANY 2003 EN INSTAL·LACIONS DE COGENERACIÓ I GRUPS ELECTRÒGENS AGRUPADES PER COMARQUES						
COMARCA	# INSTAL·LACIO	POTENCIA (KW)	PRODUCCIO BRUT (KWh)	CONSUM PROPI (KWh)	PRODUCCIO NET (KWh)	AUTOCONSU (KWh)
ALT EMPORDA	3	3324	2.472.367	28367	2444000	1639389
ALT PENEDES	9	28344	180.205.627	4986965	175218662	94702869
ANOIA	11	54602	240.491.480	7260005	233231475	65687586
BAGES	5	9223	23.062.359	1105091	21957268	18425351
BAIX EBRE	3	58000	195.969.000	7452000	188517000	25329165
BAIX LLOBREGAT	18	177727	1.032.014.396	34968341	997046055	456163861
BAIX PENEDES	4	21124	41.564.000	1168477	40395523	19109019
BARCELONES	14	61308	276.079.700	9716683	266363017	96405986
GARROTXA	3	16845	51.824.724	2199252	49625472	3955000
GIRONES	5	42581	310.662.899	7822810	302840089	53124452
MARESME	4	25992	100.735.000	3493760	97241240	12842385
OSONA	7	47212	91.331.587	2209431	89122156	9606480
PLA D'URGELL	6	42948	258.228.005	9990344	248237661	72532710
SEGRIA	10	77319	357.162.760	9115103	348047657	47883309
SELVA	4	29815	119.857.785	2261998	117595787	0
TARRAGONES	12	327946	2.094.550.620	60896215	2033654405	1150196209
VALLES OCCIDENTAL	12	84714	567.021.026	18034733	548986293	172417881
VALLES ORIENTAL	17	58346	205.827.760	6587223	199240537	71325903
ALT CAMP BAIX CAMP	4	16424	96.586.180	1149057	95437123	39826049
BAIX EMPORDA I PLA DE L'ESTANY	3	7586	24.601.519	1185000	23416519	1376519
MONTSIA, RIBERA D'EBRE I TERRA ALTA	4	55022	32.140.518	1425886	30714632	23316184
NOGUERA, SEGARRA I URGELL	5	26384	132.918.400	4241070	128677330	74661723
BERGUEDA, CERDANYA I VALL D'ARAN	4	39100	112.421.000	3428156	108992844	12902485

3.6.6. Especiació del sector industrial i la producció energètica

L'especiació del sector industrial i energètic s'ha fet seguint la metodologia de la EPA (<http://www.epa.gov/ttn/chief/emch/speciation>). Hi ha un perfil associat a cadascuna de les activitats descrites i catalogades amb un codi anomenat SCC (source classification code), al qual se li associa un perfil d'especiació (referenciat amb un número) que permetrà obtenir els mols de cada espècie del mecanisme CBM-IV. Com el perfil d'especiació està referit als hidrocarburs totals, incloent-hi el metà (CH₄), cal multiplicar l'emissió de VOCs per un factor de transformació de VOC a TOG (total organic gas). A la Taula 3.19. hi ha els valors utilitzats en aquest model pels diferents sectors considerats en aquest apartat.

Taula 3.19. Descripció tipus font, codi i factor màssic de transformació de VOC a TOG.

Descripció sector	codi	Factor de VOC a TOG (fvocotog)
Incineració	1	5.92
Cimentares	2	1.12
Plantes Olefines	3	2.01
Refineries	4	1.0
Generació d'electricitat Gas Natural	5	2.27
Generació d'electricitat Carbó	6	1.02
Generació d'electricitat Fueloil	7	1.12
Cogeneració Gas Natural	8	2.27
Cogeneració Fueloil	9	1.12
Cogeneració Gas-oil	10	1.17
Cicle combinat	11	2.27
Indústria Química	12	1.12
Altres	14	1.12

Els factors d'especiació utilitzats per cada sector es troben a la Taula 3.20.

Taula 3.20. Factors d'especiació de CBM-IV per hidrocarburs totals en µmol/g.

Sector	VOC to TOG	ALD2	ETH	FORM	ISOP	NR	OLE	PAR	TOL	XYL
1	5.92		3.101			55.98	0.118	1.965		
2	1.12	0.763	1.289	0.524	0.058	12.91	1.89	26.97	0.592	0.398
3	2.01					37.21		29.48	0.055	
4	1.0	2.336	6.213	5.709		10.48	2.893		0.149	0.133
5	2.27		2.664			38.48		20.22	0.217	
6	1.02	0.299				1.717	1.138	21.1	1.669	4.51
7	1.12			13.98		6.789		27.64		
8	2.27			2.664		38.48		20.22	0.217	
9	1.12			13.98		6.789		27.64		
10	1.17		10.23			18.04	9.087	14.68		
11	2.27			2.664		38.48		20.22	0.217	
12	1.12	0.749	3.213	0.009		18.10	2.197	18.67	0.631	0.097
14	1.12	0.763	1.289	0.524	0.058	12.91	1.89	26.97	0.592	0.398

L'especiació de l'NO_x no es fa, donat que les mesures d'emissions ja venen disgregades en NO i NO₂.

3.7. Emissions del trànsit a Catalunya

L'emissió d'un vehicle depèn de molts factors: desde la temperatura exterior, passant pel tipus de vehicle, del combustible que utilitza i de l'antiguitat del vehicle. Per això si fóssim totalment estrictes en el càlcul de l'emissió d'un vehicle caldria conèixer la velocitat exacta a la que circula, si és en pujada o en baixada, si està accelerant o frenant, el tipus de combustible, el consum, el model de cotxe, tots aquests detalls ens permetrien fer un càlcul més precís de l'emissió d'un cotxe en un moment donat. Com que això és a la pràctica impossible de saber per tota la xarxa de carreteres i per tots els instants de temps, s'han de fer una sèrie de suposicions i aproximacions per tal de modelitzar les emissions del parc automobilístic.

En aquest model s'han fet les següents suposicions:

- 1 Els cotxes que circulen per les carreteres catalanes segueixen la mateixa distribució en relació a l'any de fabricació i al combustible que el total del parc automobilístic català-espanyol. En els casos en que mancaven les dades específiques pel parc automobilístic català s'han emprat les dades referents al parc automobilístic espanyol.
- 2 Els cotxes que circulen per una determinada via ho fan amb velocitat constant i igual a la velocitat en valor mig de la via.

S'han utilitzat els factors d'emissió de la EEA, Agència Europea de Mediambient (EMEP/CORINAIR, 2003). Aquests factors depenen de la velocitat, del tipus de carburant utilitzat pel vehicle i de l'any de fabricació d'aquest. En base a aquests factors s'ha calculat la distribució que segueixen els cotxes catalans, o el que és el mateix el tant per cent de cada tipus de vehicle, el qual té un factor d'emissió associat.

S'ha calculat un factor d'emissió en valor mig per vehicles lleugers i un altre per vehicles pesants, vàlid a les carreteres catalanes i funció de les característiques del parc automobilístic de Catalunya. Aquests factors depenen de la velocitat. Coneguda la velocitat en valor mig de cada carretera podem assignar un factor d'emissió per vehicles lleugers i un altre per vehicles pesants. Es prenen els factors d'especiació de (EMEP/CORINAIR, 2004).

Per calcular l'emissió en un tram de carretera, s'ha multiplicat el factor d'emissió per la intensitat de trànsit i la longitud de cada tram. Així s'ha obtingut l'emissió per unitat de temps de cada tram. Si s'utilitza la intensitat mitjana diària s'obtenen les emissions diàries:

$$E_{m,k}^i = IMD_k^i * F_{m,k}^i * L_k \quad (12)$$

On:

i és el tipus de vehicle, lleuger o pesant

$E_{m,k}$ és l'emissió del contaminant m en el tram de carretera k per tipus de vehicle i

IMD és la intensitat mitjana diària del tipus de vehicles i , pel tram de carretera k .

m es refereix als contaminants específics

$F_{m,k}$ són els factors d'emissió en valor mig del contaminant m , per la carretera k per tipus de vehicle (veure apartat 3.7.1 per vehicles lleugers i 3.7.2 per vehicles pesants)

k és el tram de carretera

L_k és la longitud del tram de carretera k

Per obtenir l'emissió horària s'han utilitzat les dades horàries d'intensitat de vehicles. S'han analitzat les distribucions horàries per estacions i s'han determinat una sèrie de

perfils horaris per les IMD en funció de la carretera. De forma que es pot passar de IMD a IMH (veure apartat 3.7.4).

La localització de l'emissió de cada tram de carretera s'ha fet amb el sistema d'informació geogràfica Miramon. A partir del mapa de carreteres de Catalunya en format Miramon, s'han identificat i sumat les emissions dels trams coincidents a la mateixa casella.

3.7.1. Factors d'emissió en valor mig per vehicles lleugers

S'ha creat un factor d'emissió en valor mig, funció de la velocitat i del contaminant, per turismes en general. Aplicant la suposició de que la distribució del parc automobilístic es manté per tota la xarxa de carreteres, s'ha calculat un factor d'emissió en valor mig en funció de tots els factors d'emissió contemplats a EMEP/CORINAIR (2004) per turismes, cadascun amb el pes que li correspon segons la distribució del parc automobilístic. Aquesta distribució s'ha calculat a partir de les dades anuals per províncies que publica la DGT (Dirección General de Tráfico, <http://www.dgt.es>), classificació dels turismes (<http://www.dgt.es/estadisticas/parque.htm>) per tipus de carburant i vehicle (<http://www.dgt.es/estadisticas/documentos/parque2003.xls>) i de les dades a nivell estatal en funció de l'antiguitat i la cilindrada (<http://www.dgt.es/estadisticas/documentos/anuariogeneral2003.pdf>).

La classificació s'ha fet en base a:

- Turismes de gasoli segons les diferents cilindrades i segons l'antiguitat del vehicle (turismes amb motor dièsel)
- Turismes de gasolina segons les diferents cilindrades i segons l'antiguitat del vehicle

La major part dels turismes estan inscrits a Barcelona, essent la relació entre turismes amb carburant gasolina i carburant gasoli de 7 a 3.

La segregació del parc automobilístic de Catalunya depenent del combustible utilitzat es pot trobar a la web de la DGT. Com a exemple la Taula A3.1 (Apèndix 3) presenta les dades per l'any 2003 pels turismes.

En canvi, la segregació en funció de les cilindrades i antiguitat només es troba a nivell estatal (<http://www.dgt.es/estadisticas/documentos/anuariogeneral2003.pdf>). Per això cal fer la consideració de que la relació a nivell de Catalunya és la mateixa que a tot l'Estat.

Si s'aplica els tants per ú del parc automobilístic espanyol (veure Taula A3.2 de l'Apèndix 3) sobre el total del parc automobilístic català segons combustible, s'obté la distribució del parc automobilístic català segons cilindrada i antiguitat per cada combustible (Taula A3.3 i A3.4 de l'Apèndix 3).

Segons la metodologia desenvolupada a EMEP/CORINAIR (2004) els factors d'emissió per als turismes es poden calcular com s'exposa a les Taules A3.5 i A3.6 (Apèndix 3). S'han recopilat els factors d'emissió per cada contaminant amb els corresponents tants per ú, segons cilindrades i antiguitats en els casos escaients. Donat que els factors d'emissió depenen de l'antiguitat del vehicle i de la cilindrada, se n'ha calculat el tant per ú per cada factor d'emissió diferent. Així per exemple a la Taula A3.7. veiem que el 0,09 per ú, és a dir un 9% dels cotxes són de gasolina i pertanyen a la directiva ECE 15-03. S'han agrupat totes les cilindrades perquè el factor d'emissió era el mateix per totes elles. En canvi a la Taula 3.21, hi ha el tant per ú de turismes a gasolina de la Directiva ECE 15-03; per a cilindrades inferiors a 1.4 litres, és 0,061, és a dir un 6.1 %

del total de turismes. Se n'ha fet la disgregació de cilindrada de 1.4 a 2 l, essent el 0,022, és a dir el 2,2 % del total de turismes. La disgregació es fa en base a les necessitats per al càlcul dels factors d'emissió.

Taula 3.21. Resum factors d'emissió pel NO_x i tants per ú respecte el total de turismes catalans per l'any 2003. On V es refereix a la velocitat.

Contaminant	Combustible	Directiva	Cilindrada	Factor d'emissió (g/km)	Tant per 1
NO _x	gasolina	ECE 15-03	< 1.4 l	1.616-0.0084V+0.00025V ²	0.061
			Entre 1.4 i 2l	1.29e ^{0.0099V}	0.022
			> 2 l	2.784-0.0112V+0.000294V ²	0.007
		ECE 15-04	< 1.4 l	1.432+0.003V+0.000097V ²	0.062
			Entre 1.4 i 2l	1.484+0.013V+0.000074V ²	0.082
			> 2 l	2.427-0.014V+0.000266V ²	0.012
		Euro I	< 1.4 l	0.5595-0.01047V+10.8E-5V ²	0.024
			Entre 1.4 i 2l	0.526-0.0085V+8.54E-5V ²	0.049
			> 2 l	0.666-0.009V+7.55E-5V ²	0.006
		Euro II	Totes	Reducció del 64% respecte Euro I	0.209
		Euro III	Totes	Reducció del 76% respecte Euro I	0.151
		gasoli	Totes menys Euro III	< 2 l	0.918+0.014V+0.000101V ²
	Totes menys Euro III		> 2 l	1.331-0.018V+0.000133V ²	0.021
	Euro III		totes	Reducció del 23% respecte Euro I	0.069

Ja s'ha comentat que es fa la suposició de que els turismes que circulen en les carreteres catalanes segueixen la distribució segons combustible i antiguitat del parc automobilístic català. Donada una carretera, coneguda la seva velocitat mitjana (v_k) i el número de vehicles per unitat de temps, es pot calcular primer el factor d'emissió, seguint la fórmula 13, de la carretera k. Llavors l'emissió per unitat de temps es troba en multiplicar aquest factor d'emissió per la intensitat mitjana per unitat de temps i la longitud del tram (fórmula 12). En el cas de les vies catalanes més importants es recullen les intensitats mitjanes diàries conegudes amb les sigles IMD (intensitat mitjana diària) dins del Pla d'aforaments 2003 (DPTOP,2004), així com la velocitat mitjana de la via (DPTOP,2004).

L'especiació del NO_x i els VOC s'obté aplicant els percentatges de la Taula A3.9. (Apèndix 3), els quals són descrits a l'apartat 3.7.3.

Amb tot això s'ha calculat un factor d'emissió en funció de la velocitat de la carretera per cada espècie.

$$F_{m,k} = \sum_j f e_j^i(v_k) * t l_j * M_m^i \quad (13)$$

On :

m contaminant especiat

k carretera catalana

j tipus de vehicle segons any i combustible

$F_{m,k}$ factor d'emissió representatiu de la carretera k per al contaminant especiat m

v_k velocitat en valor mig de la carretera k

t_{1j} tant per ú del factor d'emissió del tipus de vehicle j per al contaminant i segons taules 3.5.7 a 3.5.10

i contaminant genèric (sense especiar)

$f_{e_j}(v_k)$ factor d'emissió per al contaminant i per la velocitat v_k segons Taules 3.21, 3.22, A3.7 i A3.8.

M_m tant per ú de l'emissió del contaminant i que correspon al contaminant especiat m. Valors de la Taula A3.9. (Apèndix 3) dividits per 100.

Taula 3.22. Resum factors d'emissió pels VOC i tants per ú respecte el total de turismes catalans per l'any 2003. On V és la velocitat.

Contaminant	Combustible	Directiva	Cilindrada	Factor d'emissió (g/km)	Tant per l
VOC	gasolina	ECE 15-03	Totes	$1.95-0.019V+0.00009V^2$	0.090
		ECE 15-04	Totes	$2.608-0.037V+0.000179V^2$	0.156
		Euro I	< 1.4 l	$0.628-0.01377V+8.52E-5V^2$	0.024
			Entre 1.4 i 2l	$0.4494-0.00888V+5.21E-5V^2$	0.049
			> 2 l	$0.5086-0.00723V+3.3E-5V^2$	0.006
		Euro II	< 1.4 l	Reducció del 79% respecte Euro I	0.050
			Entre 1.4 i 2l	Reducció del 79% respecte Euro I	0.140
			> 2 l	Reducció del 76% respecte Euro I	0.019
		Euro III	< 1.4 l	Reducció del 85% respecte Euro I	0.033
			Entre 1.4 i 2l	Reducció del 86% respecte Euro I	0.101
			> 2 l	Reducció del 84% respecte Euro I	0.016
		gasoil	Totes menys Euro	Totes	$4.61V^{-0.937}$
	Euro III		totes	Reducció del 15% respecte Euro I	0.069

Com a exemple es mostren valors dels factors d'emissió en funció del contaminant i per quilòmetre recorregut per diferents velocitats a la Taula 3.23. També es fa la representació gràfica a les Figures 3.13, 3.14 i 3.15. Es pot veure el diferent comportament del factor d'emissió en funció de la velocitat, depenent del contaminant.

Taula 3.23. Factors d'emissió en valor mig en g/km veh per diferents velocitats.

v (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
CO	2,32	1,97	1,84	1,92	2,23	2,75	3,50	4,46
NO _x	0,76	0,81	0,89	0,97	1,08	1,20	1,34	1,50
VOC	0,31	0,27	0,25	0,23	0,23	0,23	0,24	0,26

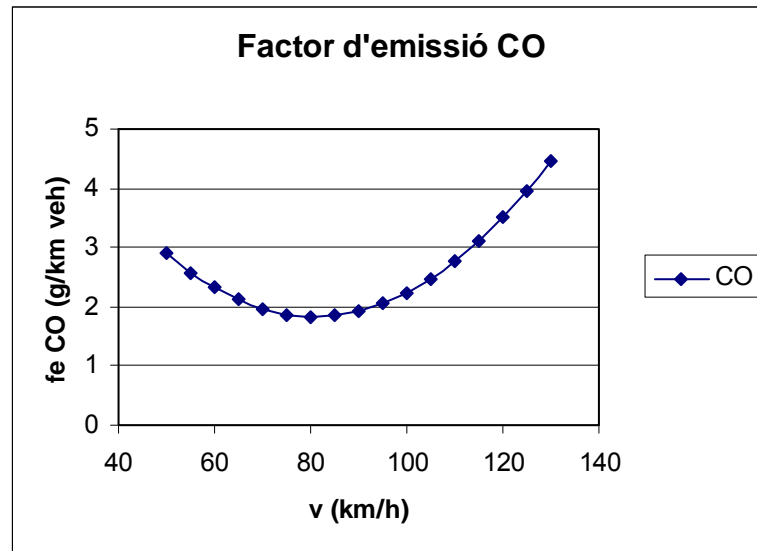


Figura 3.13. Factors d'emissió en valor mig pels vehicles lleugers en funció de la velocitat per CO.

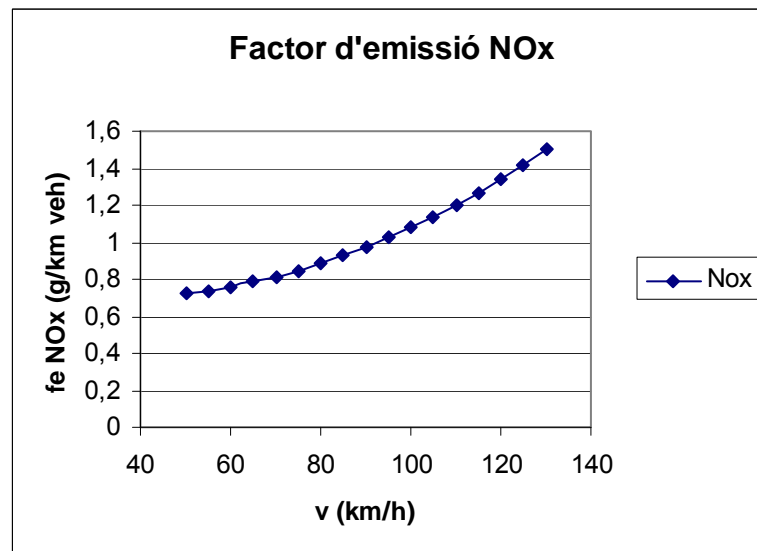


Figura 3.14. Factors d'emissió en valor mig pels vehicles lleugers en funció de la velocitat per NO_x.

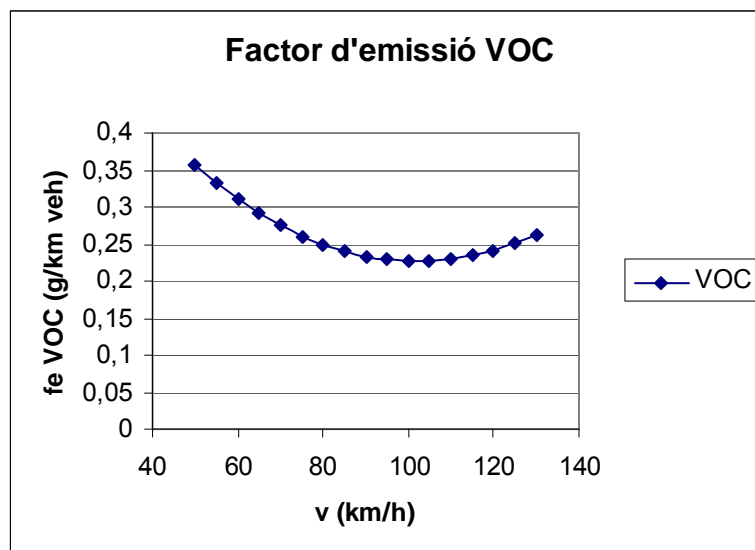


Figura 3.15. Factors d'emissió en valor mig pels vehicles lleugers en funció de la velocitat per VOCs.

Fins aquí s'ha descrit la metodologia emprada per calcular els factors d'emissió i les emissions diàries dels trams de carretera catalans. Per arribar a les emissions horàries caldrà aplicar una distribució horària, veure apartat 3.7.4.

3.7.2. Factors d'emissió en valor mig per vehicles pesants

Per calcular l'emissió dels camions s'ha seguit una metodologia com la descrita pels turismes, amb la diferència que també s'ha de considerar la càrrega o el pes dels camions.

Per tant s'ha de fer una segregació del parc de camions de Catalunya per poder calcular el factor d'emissió en valor mig en base a:

- Camions de gasoli segons les diferents càrregues i els camions < 3,5 t segons l'antiguitat
- Camions de gasolina segons les diferents càrregues i els camions < 3,5 t segons l'antiguitat

La segregació del parc de camions de Catalunya, dependent del combustible utilitzat, està detallada a la Taula A4.1. de l'Apèndix 4.

La segregació en funció de la càrrega es troba tan sols a nivell estatal. Per tant es va considerar que la relació trobada a nivell estatal era la mateixa que a Catalunya. Aquesta segregació no és la que es necessita per obtenir els factors d'emissió, llavors es va agafar com a camions < 3,5 t els que tenien una càrrega fins a 2999kg i el 25% dels de 3000-4999Kg. La resta seran considerats com a camions amb una càrrega >3.5 t. (veure Taula A4.2. de l' Apèndix 4)

Els camions amb una càrrega < 3,5 t s'han de tornar a segregar dependent de la seva antiguitat. Es seguirà suposant el mateix comportament per a Catalunya que per a l'Estat. (veure Taula A4.3 apèndix 4)

Els camions de gasoli amb una càrrega > 3,5 t s'han de separar en: <7.5, entre 7.5 i 16, entre 16 i 32 i >32 t.

Dels camions >10 t el 40% són <16 t i el 60% són >16 t. I d'aquest 60% suposem que el 50% són camions entre 16 i 32 t i el 50% restant >32 t.

Amb tot això, el parc de camions de Catalunya queda distribuït com es mostra a les Taules A4.4 i A4.5 de l'apèndix 4.

Una vegada coneguda l'estructura de tot el parc de camions de Catalunya s'han trobat els factors d'emissió (EMEP/CORINAIR) corresponents que es troben a la taula A4.6 i A4.7. de l'Apèndix 4.

En les taules següents hi ha els factors d'emissió amb els corresponents tants per ú segons càrrega i antiguitat en els casos escaients.

L'especiació es fa en base als percentatges de la taula A4.8 (Apèndix 4) que s'expliquen a l'apartat 3.7.3.

D'aquesta manera s'arriba a trobar un factor d'emissió depenent del combustible, de la càrrega i de l'antiguitat per cada un dels contaminants. Al tenir però el parc automobilístic segregat es pot fer una mitjana ponderada per trobar un factor d'emissió general per cada un dels contaminants igual com es va fer per als turismes.

Taula 3.24. Factors d'emissió en funció de la velocitat per vehicles pesants

v (km/h)	60	70	80	90	100	110	120	130
CO	1,96	1,87	2,05	2,50	3,22	4,21	5,46	6,99
NO _x	1,29	1,25	1,30	1,42	1,62	1,90	2,26	2,70
VOC	0,26	0,22	0,20	0,20	0,21	0,23	0,27	0,32

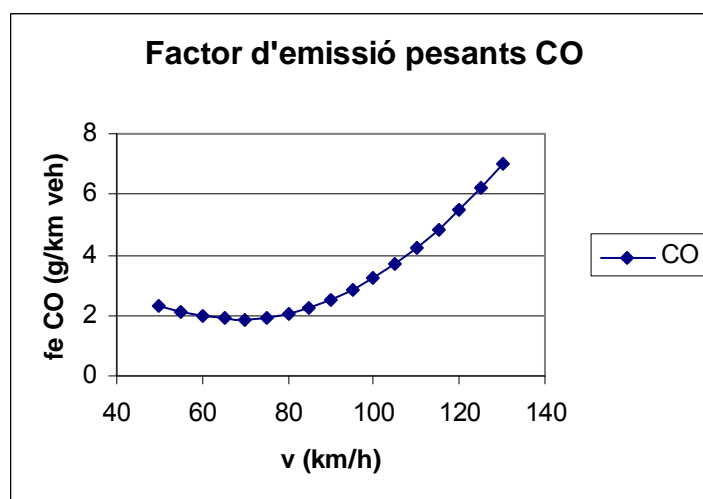


Figura 3.16. Factors d'emissió en valor mig pels vehicles pesants en funció de la velocitat per CO.

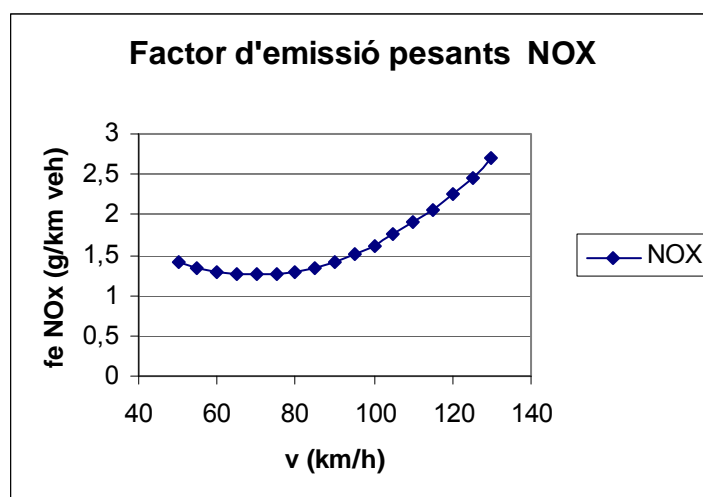


Figura 3.17. Factors d'emissió en valor mig per als vehicles pesants en funció de la velocitat per NO_x.

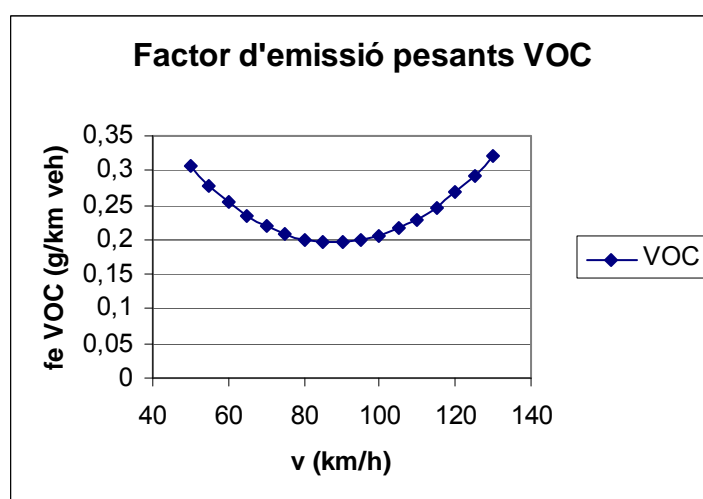


Figura 3.18. Factors d'emissió en valor mig per als vehicles pesants en funció de la velocitat per VOCs.

3.7.3. Càlcul del factor d'especiació en els VOCs

La informació sobre el contingut dels VOCs emesos pel sector trànsit en 68 espècies diferents ve donat a la guia EMEP/CORINAIR (2004) en la secció de Road Transport, capítol 9. En aquest capítol hi ha una taula amb el tant per cent en massa dels 68 compostos VOCs que conformen l'emissió per 4 tipus de vehicles: hi ha una primera separació per vehicles a gasolina anteriors a Euro I (que es refereix als vehicles anteriors a l'any 1992, any en que va entrar en vigor aquesta normativa), una segona disgregació per als vehicles a gasolina a partir d'Euro I i en endavant, una tercera classificació per als vehicles que utilitzen com a carburant gasoli i que no són els pesants, i la quarta classificació que ens resulta d'interès és la que es refereix als vehicles pesants gasoli de gran tonelatge.

Pel model d'emissions interessa agrupar els 68 compostos específics d'hidrocarburs en les 8 espècies de VOCs que inclou el mecanisme químic CBM-IV. Per fer això cal considerar la representació dels compostos específics en els grups d'espècies del CBM-IV. Aquesta informació es pot trobar recopilada a Parra (2004) (cap 4, taules 4.55 i 4.56).

Taula 3.25. Factor per passar de VOC a l'espècie del mecanisme químic en $\mu\text{mol/g}$ de VOC per carburant o tipus vehicle.

	ALD2	ETH	FORM	ISOP	NR	OLE	PAR	TOL	XYL
Gasolina preEuroI	0.369	3.105	0.693	-	8.224	2.852	18.35	1.899	1.406
Gasolina Euro I	0.398	2.602	0.566	-	6.761	2.230	24.07	1.467	1.265
Diesel lleugers	3.327	3.911	3.996	-	3.812	2.463	22.22	0.138	0.177
Diesel pesants	2.679	2.499	2.797	-	1.690	2.415	25.08	0.055	0.264

Per tant, l'especiació de l'emissió dels vehicles s'ha calculat a partir dels tants per ú de cada compost respecte el total de VOC que es donen a EMEP/CORINAIR (2004) per quatre tipus de vehicles: vehicles de gasolina pre-EuroI, vehicles de gasolina EuroI, vehicles lleugers de diesel, vehicles pesants de diesel. Amb la reactivitat de cada compost respecte cada espècie del mecanisme químic i també amb la transformació a mols utilitzant el pes molecular de cada compost. El resultat és un factor de transformació per cada tipus de vehicle, de l'emissió màssica de VOC a l'emissió molar de cada espècie del mecanisme químic.

Com a exemple dels factors d'emissió especiats, és a dir no per les espècies genèriques NO_x i VOC sinó que per les subespècies del mecanisme químic utilitzat, el CBM-IV, a la taula 3.24. es mostren valors de $F_{m,k}$, per algunes v_k i per totes les espècies que considera el CBM-IV.

Taula 3.26. Exemple de factors d'emissió en valor mig (g/km) dels turismes per diferents velocitats.

	40 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	120 km/h	130 km/h
Aldeïds	0.0165	0.0119	0.0094	0.0082	0.0079	0.0082
CO	3.6913	2.3191	1.8351	2.2295	3.4987	4.4608
Etilè	0.0366	0.0274	0.0220	0.0200	0.0210	0.0228
Formaldeïd	0.0129	0.0094	0.0074	0.0065	0.0065	0.0068
NH_3	0.0447	0.0447	0.0447	0.0447	0.0447	0.0447
NO	0.6632	0.7206	0.8414	1.0261	1.2751	1.4239
NO_2	0.0349	0.0379	0.0443	0.0540	0.0671	0.0749
Olefines	0.0485	0.0366	0.0296	0.0270	0.0288	0.0313
Parafines	0.0783	0.0579	0.0461	0.0422	0.0456	0.0500
Toluè	0.0472	0.0358	0.0289	0.0265	0.0286	0.0313
Xilè	0.0407	0.0310	0.0250	0.0229	0.0246	0.0268

En el cas dels vehicles pesants els factors d'emissió queden com es mostra a la Taula 3.27 per cada espècie del mecanisme químic CBM-IV.

Taula 3.27. Exemple de factors d'emissió en valor mig (g/km) per vehicles pesants per algunes velocitats.

	40 km/h	60 km/h	80 km/h	100 km/h	120 km/h	130 km/h
Aldeïds	0.0682	0.0457	0.0355	0.0367	0.0489	0.0591
CO	2.9663	1.9649	2.0517	3.2183	5.4616	6.9866
Etilè	0.0364	0.0240	0.0184	0.0192	0.0264	0.0322
Formaldeïd	0.0407	0.0270	0.0208	0.0216	0.0294	0.0358
NH ₃	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125	0.0125
NO	1.5276	1.2254	1.2313	1.5387	2.1452	2.5603
NO ₂	0.0804	0.0645	0.0648	0.0810	0.1129	0.1348
Olefines	0.0235	0.0159	0.0125	0.0128	0.0167	0.0200
Parafines	0.0960	0.0656	0.0517	0.0528	0.0681	0.0811
Toluè	0.0018	0.0011	0.0008	0.0009	0.0013	0.0017
Xilè	0.0039	0.0027	0.0022	0.0022	0.0028	0.0032

3.7.4. Perfils horaris de les intensitats de trànsit

S'han tractat les dades de les estacions del trànsit del departament de Política Territorial i Obres Públiques, per poder conèixer l'evolució horària que segueix la intensitat mitjana diària tant de vehicles lleugers, com de vehicles pesants. Les dades de les quals s'ha disposat han estat una setmana per cada estació, considerada com setmana típica.

Per cada carretera es té, durant una setmana i per a cada hora, la quantitat de cotxes i camions que hi circulen.

Amb aquestes dades es pot fer una mitjana i trobar per a un dia laborable qualsevol (del divendres a partir de les 15h fins el dilluns a les 15h), per al dissabte i per al diumenge, la quantitat de vehicles que circulen cada hora.

Després es fa el % de cotxes i camions que circulen i es troba el perfil horari de cada carretera depenent si el dia és laborable, dissabte o diumenge i si el que circula són cotxes o camions.

Així mateix també s'han tractat les dades del Ministerio de Fomento disponibles per les carreteres nacionals.

Les carreteres nacionals que passen per Catalunya es poden trobar en el "Mapa de Tráfico 2002". Aquí també s'hi troba la distribució de les estacions en els diferents trams d'una mateixa carretera que proporcionen més o menys informació depenent del tipus d'estació.

Els tipus d'estació i la informació que s'utilitza en cada una és:

1. Permanent. La IMD total i la dels pesants, la velocitat i els coeficients K, L i N.
2. Primària. La IMD total i la dels pesants, la velocitat i els coeficients K, L i N.
3. Secundària. La IMD total i la dels pesants, la velocitat i els coeficients K, L i N.
4. De cobertura. La IMD total i la dels pesants i la velocitat.

Els coeficients K i N es fan servir per trobar els perfils horaris de les carreteres o dels diferents trams de carretera i es defineixen de la següent manera: K és el quocient entre els totals del trànsit des de les 6 fins les 22h (16h) i des de les 8 fins les 14h (6h), mentre que N és el quocient entre el total del trànsit de tot un dia (24h) i el total des de les 6 fins les 22h (16h). Els perfils horaris de les carreteres o dels seus trams (expressats en tant per ú) es troben de la següent manera:

$$\text{IMH (de 5 a 22h) (tant per ú) = (1-(1/N))/8} \quad (14)$$

$$\text{IMH (de 6 a 7 i de 14 a 21h) (tant per ú) = 1/(N*16)} \quad (15)$$

$$\text{IMH (de 8 a 13h) (tant per ú) = 1/(N*K*6)} \quad (16)$$

Per tal que les IMD tinguin un caràcter mensual es divideixen pel coeficient L, que és el quocient entre la mitjana anual del tràfic dels dies laborables i la mitjana mensual.

Després de trobar els diferents perfils per als trams de carretera, s'han ajuntat els perfils semblants i s'ha fet una mitjana per a obtenir els diferents tipus de perfils generals.

A l'Apèndix 5. es mostra una taula amb les carreteres considerades, l'estació que els correspon i el perfil que se'ls ha assignat. A continuació es poden veure els gràfics dels perfils horaris. Es numeren a partir de 1 quan són perfils de carreteres catalanes genèrics, a partir de 10 quan són específics d'una estació i a partir de 20 per a les nacionals.

3.7.5. Carreteres principals i carreteres secundàries

Es consideren carreteres principals les que apareixen al mapa de la Figura 3.19. colorejades (també es poden veure llistades a la taula de l'Apèndix 3). Per a les carreteres principals hi ha registres de la intensitat mitjana diària en promitjos mensuals al pla d'aforaments (DPTOP, 2004). Per a les carreteres d'àmbit nacional també hi ha dades similars. Però faltaria tenir en consideració les carreteres amb menor trànsit i que anomenarem carreteres secundàries, aquestes carreteres apareixen en color gris al mapa de la Figura 3.19.

S'ha aplicat la mateixa metodologia descrita per a les carreteres principals, adoptant un valor per defecte d'IMD igual a 500 vehicles, i considerant 20 d'aquests vehicles pesants. S'han aplicat els perfils horaris més freqüents en funció del dia de la setmana. D'aquesta forma s'ha fet una aproximació a la possible emissió del trànsit a les carreteres secundàries i que d'altra forma no s'haguessin pogut considerar. Pel fet d'aplicar aquesta aproximació s'obtenen uns mapes d'emissions del trànsit més homogenis; si només hi hagués les aportacions de les carreteres principals hi hauria gran part del territori desprovista d'emissions i no seria representatiu de la realitat.



Figura 3.19. Mapa de comarques (línia negra) de Catalunya amb carreteres principals (línies colorejades) i carreteres secundàries (línies grises).

3.7.6. Incorporació de les emissions evaporatives en el model d'emissions MNEQA.

Les emissions evaporatives són aquelles emissions que provenen directament del combustible dels vehicles, el combustible que s'evapora a causa dels canvis en la temperatura i que passa a l'atmosfera en forma gasosa, en forma de compostos orgànics volàtils. Representa una contribució a l'emissió d'hidrocarburs procedents del trànsit del 25%. Són significatives les emissions produïdes d'aquesta manera en els vehicles que utilitzen com a combustible la gasolina. Per calcular-ne l'emissió s'ha seguit la metodologia de EMEP/CORINAIR (2004) i que es descriu a continuació.

L'equació que dona les emissions anuals evaporatives és:

$$E_{eva,voc,j} = 365 * a_j * (e^d + S^c + S^h) + R \quad (17)$$

on

$E_{eva,voc,j}$ són les emissions evaporatives de VOC degudes als vehicles de la categoria j

a_j número de vehicles de gasolina de la categoria j

e^d factor d'emissió per les emissions evaporatives diürnes que depèn de la temperatura ambient i de la volatilitat del combustible

S^c factor d'emissió per les emissions evaporatives per aturada degudes a vehicles amb carburador

S^{fi} factor d'emissió per les emissions evaporatives per aturada degudes a vehicles amb injecció de fuel

R emissió durant el recorregut

Aquests factors és defineixen com:

$$S^c = (1 - q) * (p * x * e^{s,hot} + w * x * e^{s,warm}) \quad (18)$$

$$S^{fi} = q * e^{fi} * x \quad (19)$$

$$R = m_j * (p * e^{r,hot} + w * e^{r,warm}) \quad (20)$$

on

q fracció de vehicles de gasolina amb injecció de fuel

p fracció de viatges acabats amb el motor calent

w fracció de viatges acabats amb el motor fred o tebi

x número mig de viatges per dia

$e^{s,hot}$ factor d'emissió per les emissions per aturada en calent (depèn de la volatilitat del combustible)

$e^{s,warm}$ factor d'emissió per les emissions per aturada en tebi (depèn de la volatilitat del combustible i de la temperatura ambient)

e^{fi} factor d'emissió per les emissions en calent i tebi dels vehicles de gasolina amb injecció de fuel

$e^{r,hot}$ factor d'emissió per les emissions evaporatives en calent dels vehicles de gasolina durant el recorregut

$e^{r,warm}$ factor d'emissió per les emissions evaporatives en tebi dels vehicles de gasolina durant el recorregut

m_j quilometratge anual dels vehicles de gasolina de la categoria j

La fracció de viatges acabats amb el motor fred o tebi s'ha calculat a partir de:

$$w \approx \beta = 0.6474 - 0.02545 * l_{trip} - (0.00974 - 0.000385 * l_{trip}) * t_a \quad (21)$$

on

l_{trip} longitud mitjana dels viatges

t_a temperatura ambient

Els factors d'emissió són diferents depenent de la categoria del vehicle que depèn de l'any en que s'ha fabricat (uncontrolled pels vehicles que són anteriors a la normativa EuroI i controlled pels que són posteriors) i vénen donats per les següents equacions:

$$e^{d,u} = 9.1 * \exp(0.0158 * (RVP - 61.2) + 0.0574 * (t_{a,min} - 22.5) + 0.0614 * (t_{a,rise} - 11.7)) \quad (22)$$

$$e^{d,c} = 0.2 * e^{d,u} \quad (23)$$

$$e^{s,warm,u} = \exp(-1.644 + 0.01993 * RVP + 0.07521 * t_a) \quad (24)$$

$$e^{s,warm,c} = 0.2 * \exp(-2.41 + 0.02302 * RVP + 0.09408 * t_a) \quad (25)$$

$$e^{s,hot,u} = 3.0042 * \exp(0.02 * RVP) \quad (26)$$

$$e^{s,hot,c} = 0.3 * \exp(-2.41 + 0.02302 * RVP + 0.09408 * t_a) \quad (27)$$

$$e^{fi,u} = 0.7 \quad (28)$$

$$e^{fi,c} = 0 \quad (29)$$

$$e^{r,warm,u} = 0.1 * \exp(-5.967 + 0.04259 * RVP + 0.1773 * t_a) \quad (30)$$

$$e^{r,warm,c} = 0.1 * e^{r,warm,u} \quad (31)$$

$$e^{r,hot,u} = 0.136 * \exp(-5.967 + 0.04259 * RVP + 0.1773 * t_a) \quad (32)$$

$$e^{r,hot,c} = 0.1 * e^{r,hot,u} \quad (33)$$

on

t_a temperatura ambient (°C)

$t_{a,min}$ temperatura ambient mínima (°C)

$t_{a,rise}$ diferència entre la temperatura màxima i mínima (°C)

RVP volatilitat del combustible

3.7.7. Emissions causades per la variació diürna de la temperatura

Per calcular el factor d'emissió es necessita la temperatura en °C que s'obté a partir de la simulació meteorològica realitzada amb MM5 i la volatilitat del combustible en kPa que s'ha agafat un valor mig de 52.5 kPa, ja que el període estudiat és a l'estiu.

Taula 3.28. Pressions de vapor depenent de l'època de l'any.

Període	Unitats	Valor mínim	Valor màxim
Estiu (01/05 – 30/09)	kPa	45	60
Hivern (01/10 – 30/04)	kPa	50	80

La taula de les pressions de vapor (RVP) s'ha obtingut dels límits disposats en el real decret 1700/2003 del Ministeri d'Economia on es fixen les especificacions de gasolinas, gasoils, fueloils, i gasos líquuats del petroli (BOE 307, 24-12-2003) (en la següent pàgina: http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2004/01/16/pdfs/A00275-00284.pdf)

Per distribuir els cotxes que hi ha a Catalunya en els diferents municipis s'ha multiplicat el número de cotxes que hi ha a Catalunya pel tant per ú de població de cada un dels municipis, obtinguda en la base de dades de municipis de l'IDESCAT.

La distribució horària de les emissions diürnes s'ha fet a partir de la següent equació:

$$E_{horària} = E_{diària} * \frac{temp_{hora}}{temp_{mitja}} \quad (34)$$

S'ha distribuït l'emissió de cada municipi en les cel·les de la graella on s'estén el municipi. I finalment s'ha obtingut el total d'emissió per cada cel·la causada pels cotxes de cada municipi.

3.7.8. Emissions causades per l'apagat del motor

Un cop el vehicle ha fet un trajecte, quan es deté el funcionament del motor, hi ha part de la gasolina que ha quedat escalfada pel calentament del motor i que no combustiona a causa de l'aturada del motor, aquesta gasolina s'evapora i passa a l'atmosfera.

Per calcular-ne el factor d'emissió es necessita, igual que en les emissions diürnes, la temperatura en °C i la volatilitat del combustible en kPa. També necessitem saber el nº de trajectes que fa cada cotxe, informació que s'ha obtingut de base de dades de municipis de l'IDESCAT (<http://www.idescat.net>), trajectes realitzats per anar a la feina o a estudiar per cada municipi amb vehicle de gasolina.

La distribució horària de les emissions diürnes s'ha fet a partir del perfil horari més comú en les carreteres catalanes.

3.7.9. Emissions evaporades en el trànsit de vehicles

Finalment hi ha les emissions evaporades en el funcionament normal del motor.

Per calcular el factor d'emissió es necessita, igual que en les emissions diürnes, la temperatura en °C i la volatilitat del combustible en kPa.

Per calcular l'emissió s'ha de multiplicar aquest factor d'emissió pel nº de vehicles (IMD) i pels km recorreguts, es fa la distribució horària a partir dels perfils horaris en les carreteres catalanes. Aquestes dades són les mateixes que s'han utilitzat per calcular les emissions en carretera, que s'han comentat en els apartats precedents.

3.7.10. Emissions del trànsit a Barcelona

Donat que Barcelona és la ciutat més important situada en el domini d'estudi, a més de tenir un gran parc automobilístic, i una extensió que inclou vàries cel·les dels dominis interiors, es va considerar que era apropiat considerar-ne les emissions amb més detall. Per aquest motiu es va utilitzar l'"Araña de tráfico de Barcelona" (2004) que conté informació dels quilòmetres per vehicle recorreguts per cada tipus de via: carrers, eixos principals, rondes. A partir dels factors d'emissió per velocitats menors de 50 km/h, obtingut de la metodologia de EMEP/CORINAIR (2004) s'han pogut calcular les emissions causades pel trànsit urbà.

3.7.11. Emissions del trànsit en ciutat

Un cop calculades les emissions per la ciutat de Barcelona, es va fer una extrapolació a dinou ciutats seleccionades per motius de població o de localització. S'assigna un valor a les 19 ciutats fent una ponderació en base a la població i en relació a la de Barcelona. Es poden veure les ciutats i el criteri de selecció utilitzat a la Taula 3. 29. Finalment s'ha aplicat un anàlisi objectiu amb correccions successives (Thiébaux and Pedder, 1987) basat en la distància a les vint ciutats (Cressman, 1959), de manera que s'assigna un valor per cada casella.

3.8. Emissions per l'ús de dissolvents

L'ús de certs productes que contenen dissolvents orgànics com per exemple les pintures, els productes de neteja o productes químics utilitzats en processos productius contribueixen enormement a les emissions d'hidrocarburs a l'atmosfera. En el model EMEP contribueixen en més d'un 50% en massa a l'emissió total d'hidrocarburs volàtils en la zona del domini D2. A causa de la manca d'informació sobre l'ús d'aquestes substàncies s'ha agafat l'emissió de EMEP d'aquest camp i s'ha disgregat en les espècies d'hidrocarburs en base a l'especiació de Theloke et al. (2007).

Taula 3.29. Llistat de les 20 ciutats utilitzades en el càlcul del trànsit en ciutats, factor pes per població respecte a la població de Barcelona, criteri de selecció

	Ciutat	factor pes % (població)	Criteri
1	Badalona	13.6	Població
2	Barcelona	100	Referència
3	Figueres	2.3	Distribució espacial
4	Girona	5.3	Població
5	Granollers	3.6	Població
6	Hospitalet del Llobregat	15.9	Població
7	Igualada	2.2	Distribució espacial
8	La Seu d'Urgell	0.8	Distribució espacial
9	Lleida	7.6	Població
10	Manresa	4.3	Població
11	Mataró	7.2	Població
12	Puigcerdà	0.5	Distribució espacial
13	Reus	6.1	Població
14	Sabadell	12.2	Població
15	Santa Coloma de Gramanet	7.4	Població
16	Tarragona	7.8	Població
17	Terrassa	12.0	Població
18	Tortosa	2.0	Distribució espacial
19	Tremp	0.4	Distribució espacial
20	Vic	2.3	Distribució espacial

3.9. Altres fonts mòbils i maquinària

De nou en relació al model EMEP, hi ha un sector que no ha estat considerat encara i que contribueix de forma considerable als òxids de nitrogen, es tracta del sector S08 que correspon a altres fonts mòbils, diferents a les del trànsit que ja ha estat considerades tal com s'exposa en els apartats de 3.7. La contribució d'aquest sector respecte el total d'òxids de nitrògen és del 19 % en massa. El trànsit contribueix en un 45,5 %. En canvi, pels hidrocarburs el sector S08 només contribueix en un 2 % respecte l'emissió total d'hidrocarburs.

3.10. Futur del model d'emissions

Aquest model d'emissions pretén ser una base sòlida per obtenir un model d'emissions propi, versàtil i manipulable. Sense oblidar que cal continuar afegint informació, així com nous camps d'emissions, al capítol 4 es mostrarà una aplicació directa del model d'emissions, al capítol 6 l'aplicació en la simulació fotoquímica i s'analitzaran els resultats.

Un model d'emissions ha d'evolucionar, no pot ser estàtic. Necessita actualitzacions de les bases de dades que utilitza per poder tenir continuïtat en el temps. Tot i haver utilitzat una estructura que simplifiqui la manipulació i els càlculs de la informació, la gestió i actualització de les bases de dades no es pot automatitzar, requereix de la dedicació i el temps de personal.

