

ELS MODELS NUMÈRICS DE QUALITAT DE L'AIRE. ELEMENTS DE SUPORT PER A LA GESTIÓ DE LA CONTAMINACIÓ ATMOSFÈRICA I LA PREVISIÓ D'EPISODIS AMBIENTALS

**Grup de Recerca i Modelització Atmosfèrica Meso i Microscalar
Departament d'Astronomia i Meteorologia
Universitat de Barcelona**

**Sr. Pedro Gámez
Sra. Miriam Olid
Sra. Mireia Udina
Dra. Maria Rosa Soler**

Les àrees metropolitanas i grans ciutats presenten episodis de contaminació atmosfèrica



Els contaminants excedeixen els valor límits permesos per la legislació, NO_2 , les partícules, i l' O_3 durant l'estiu.

La presa de decisions per l'administració i la utilització de polítiques ambientals correctes

Li obliga a disposar i a aplicar una sèrie de tècniques que li puguin permetre conèixer amb antelació quina seria la concentració del contaminants prevista i quina podria ser la política de reducció de les emissions més eficaç.



Extretes de www.lavanguardia.com el dia 03-10-2012 i www.elmundo.es el dia 25-09-2008

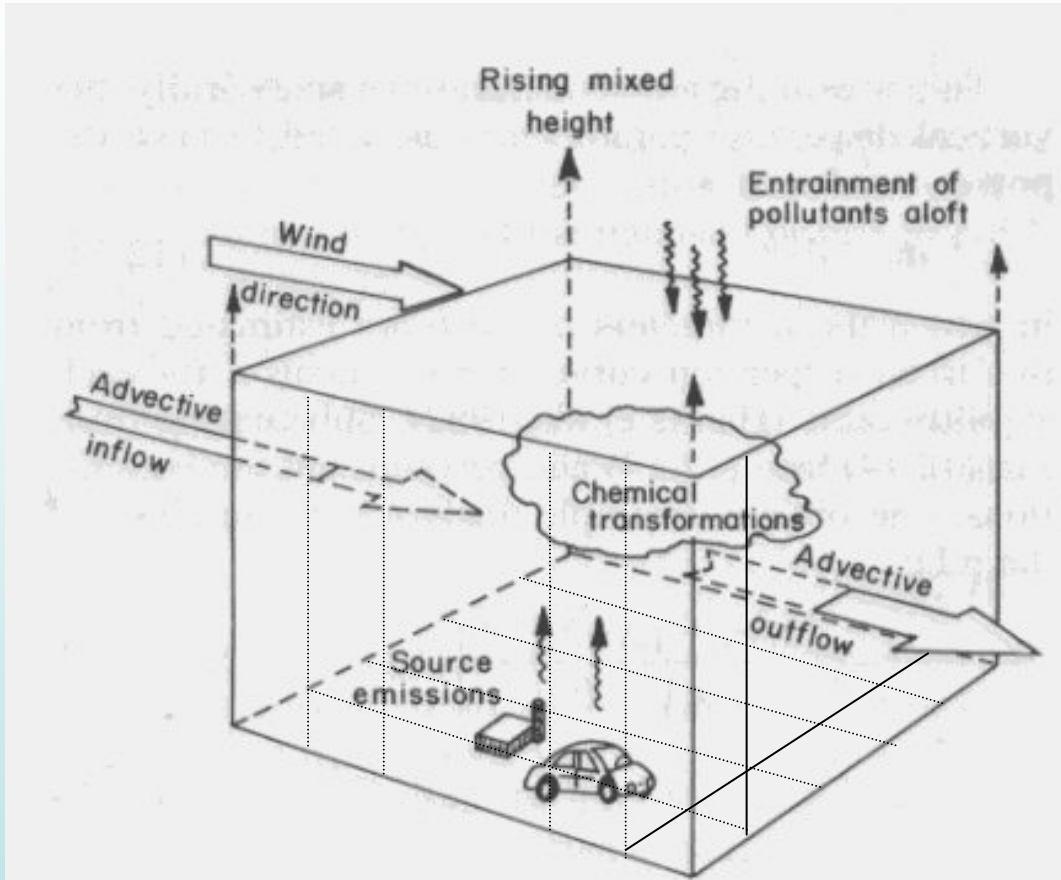
En l'actualitat, una de les eines o metodologies més ràpides i més eficients, per intentar resoldre en part aquesta problemàtica és LA MODELITZACIÓ NUMÈRICA.

¿Qué són els models numèrics per la previsió de la qualitat de l'aire?

Són un conjunt de equacions matemàtiques (depenent de la complicació del model) que relacionen les variables atmosfèriques que es volen preveure, vent temperatura, concentració d'un contaminant....) amb els processos físics i químics que tenen lloc a l'atmosfera i que produeixen els canvis d'aquestes variables.

Hi ha varis tipus de models de qualitat de l'aire, de diagnosi i de pronòstic. Ens centrarem en els models de pronòstic Eulerians tridimensionals.

MODEL EULERIÀ TRIDIMENSIONAL



Els models Eulerians tridimensionals, són models que subdivideixen l'espai en cel·les o punt de malla, com es pot observar a la figura.

Per cada cel·la es resolen les equacions de conservació de la massa, de moment i de calor (model meteorològic); es comptabilitzen les emissions (model d'emissions); i es resolen les equació de conservació de les espècies químiques (model fotoquímic).

El resultat de l'aplicació dels tres models és el valor de la concentració del contaminant considerat a cada punt de malla dels dominis d'estudi considerats.

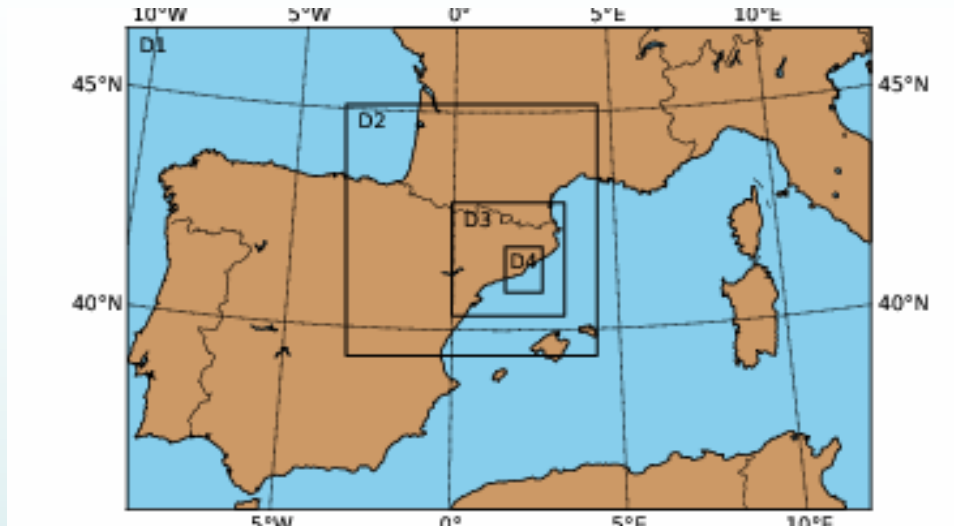
Els models necessiten però condicions inicials i de contorn i per tant aquest fet obliga a l'aniuament.

Objectius

- 1.- Donar a conèixer el model de predicció Eulerià tridimensional ARAMIS (A Regional Air-Quality Modelling Integrated System) que ha estat desenvolupat pel grup MAiR (Mesoscale and Microscale Atmospheric Modelling and Research; <http://www.ub.edu/mair/>)
- 2.-Parlar dels resultats de la validació del model per tal d'analitzar si compleix els requisits necessaris per ser utilitzat com a eina de predicció. Aquest procés és el que s'anomena VERIFICACIÓ.
- 3.- Mostrar quines són, a més de la predicció, les prestacions que dona el model ARAMIS.
- 4.- Aplicar i avaluar el comportament del model ARAMIS en el cas de episodi ambiental.

1.- Model numèric de predicció de la qualitat de l'aire ARAMIS.

El model ARAMIS està integrat per:

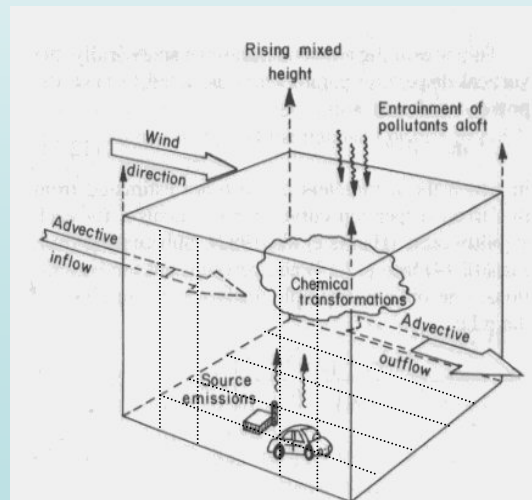


El model WRF és un model numèric meteorològic no hidrostàtic de última generació, desenvolupat pel National Center for Atmospheric Research (NCAR)

El model numèric d'emissions HIREM (High Resolution Emission Model) és el desenvolupat pel propi grup MAiR.

El model fotoquímic és el model CMAQ desenvolupat per la *Environmental Protection Agency* (EPA).

Domini utilitzats pel sistema ARAMIS.cat



Taula 1. Informació detallada dels dominis D1, D2, D3 i D4 del model ARAMIS.cat

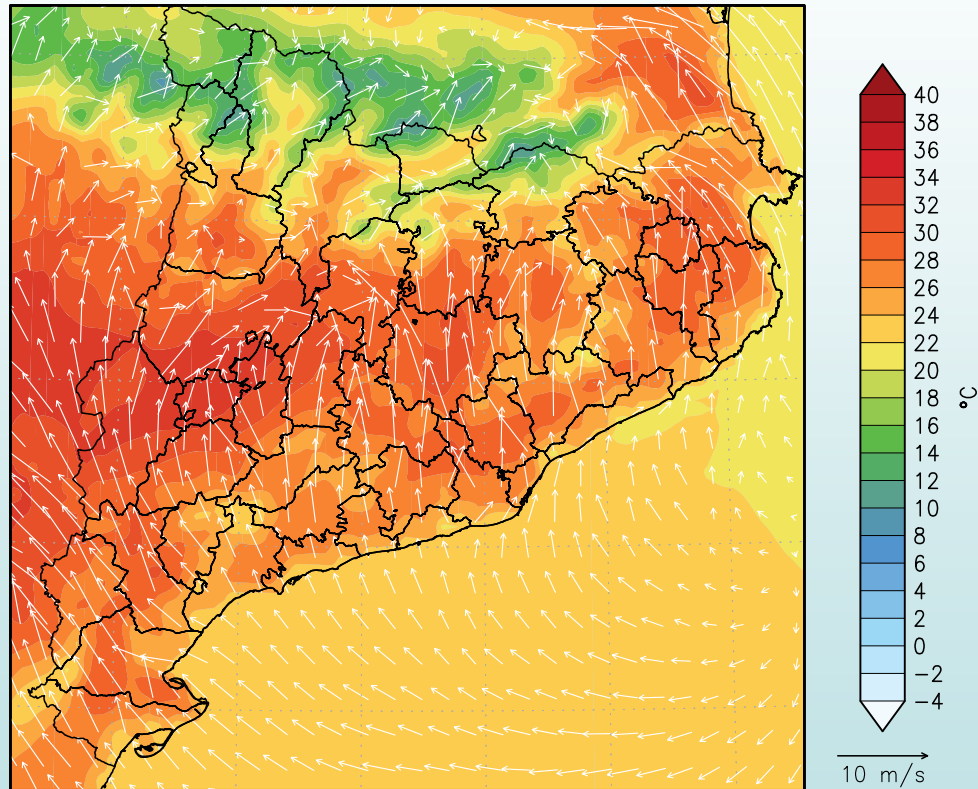
Domini D1	Domini D2	Domini D3	Domini D4
Resolució horit. 27km	Resolució horit. 9km	Resolució horit. 3km	Resolució horit. 1km
31 nivells verticals	31 nivells verticals	31 nivells verticals	31 nivells verticals
Nº de cel·les (68,44)	Nº de cel·les (69,69)	Nº de cel·les (93, 93)	Nº de cel·les (93, 114)
Pronòstics a 24 i 48h	Pronòstics a 24 i 48h	Pronòstics a 24 i 48h	Pronòstics a 24 i 48h
Inicialització a 00UTC	Inicialització a 00UTC	Inicialització a 00UTC	Inicialització a 00UTC

Possibilitat d'utilitzar altres dominis, ens a centrarem en els dominis D3 i D4

Mòduls

Model Meteorològic: WRF-ARW v. 3.1.1

2m temp and 10m wind field • 15:00 UTC 09-JUL-2013



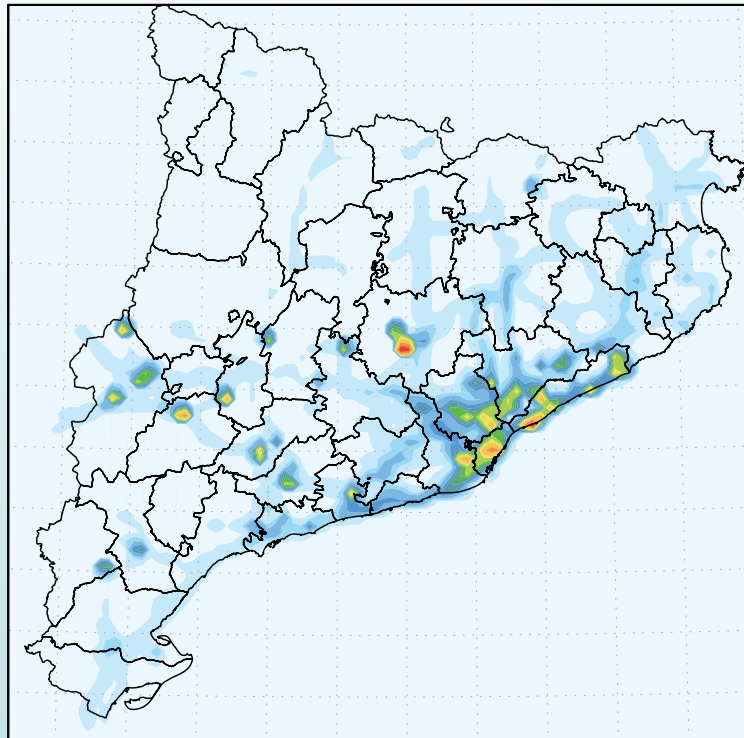
WRF v3.1.1

Camp de vent i temperatura pronosticat pel model WRF pel domini D3.

Model d'emissions: HIREM (Consum domèstic, indústria i tràfic). Dominis D1 i D2 utilitza metodologia top&down, model de disgregació a partir de les dades d'emissió EMEP. Dominis D3 i D4 utilitza metodologia bottom&up.

(a)

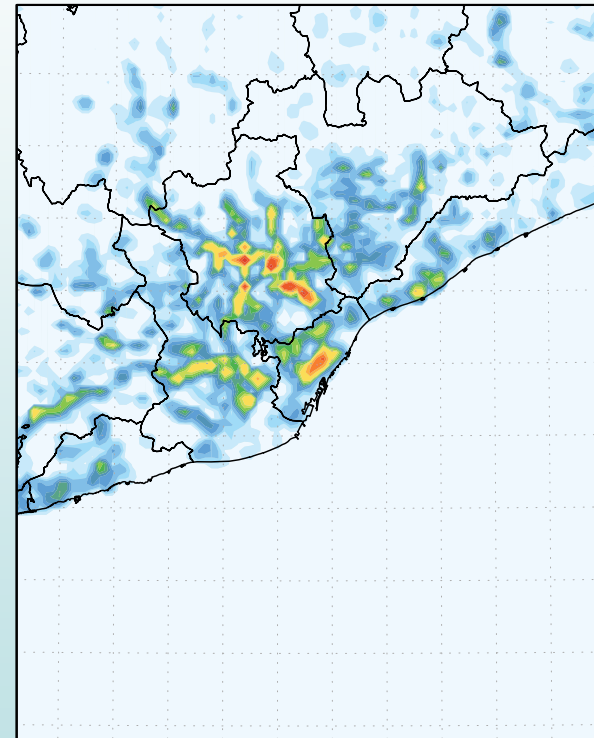
Max 1h [NO₂] 15-OCT-2013



HIREMv1.0

(b)

Max 1h [NO₂] 15-OCT-2013



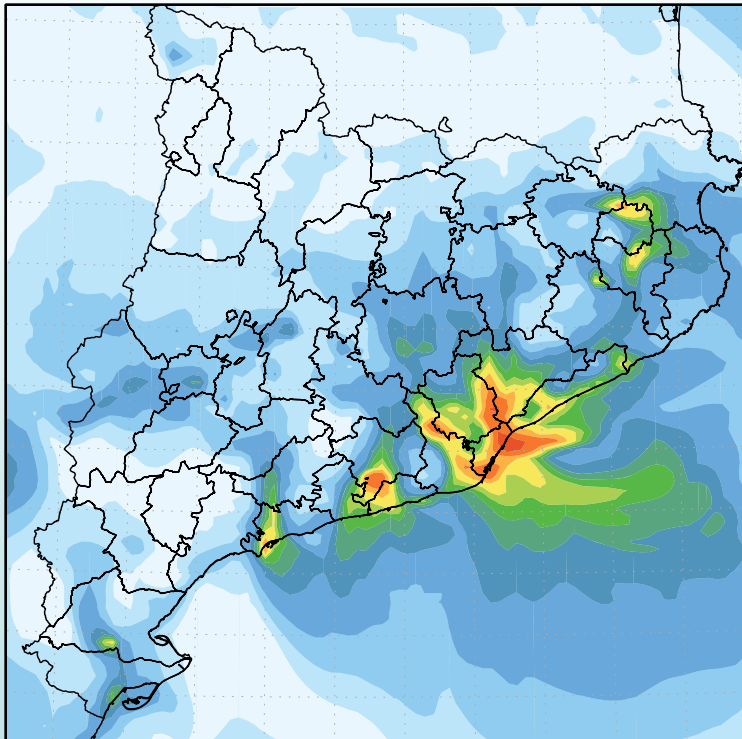
HIREMv1.0

Exemple d'emissió, que correspon al valor màxim horari d'emissió de NO₂ pel dia 15 d'octubre de 2013 als dominis D3 (a) i D4 (b).

Model fotoquímic CMAQ v.4.7.1 Els mecanismes químics són CBV pels gasos, l'AERO4 per partícules. També considera els processos químics en núvols convectius.

(a)

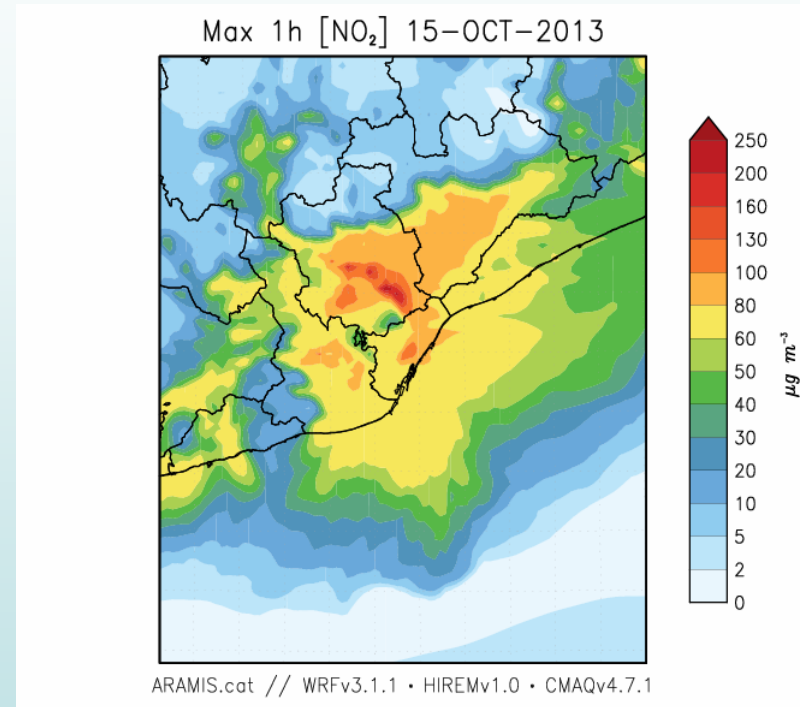
Max 1h [NO₂] 06-JUL-2013



ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

(b)

Max 1h [NO₂] 15-OCT-2013

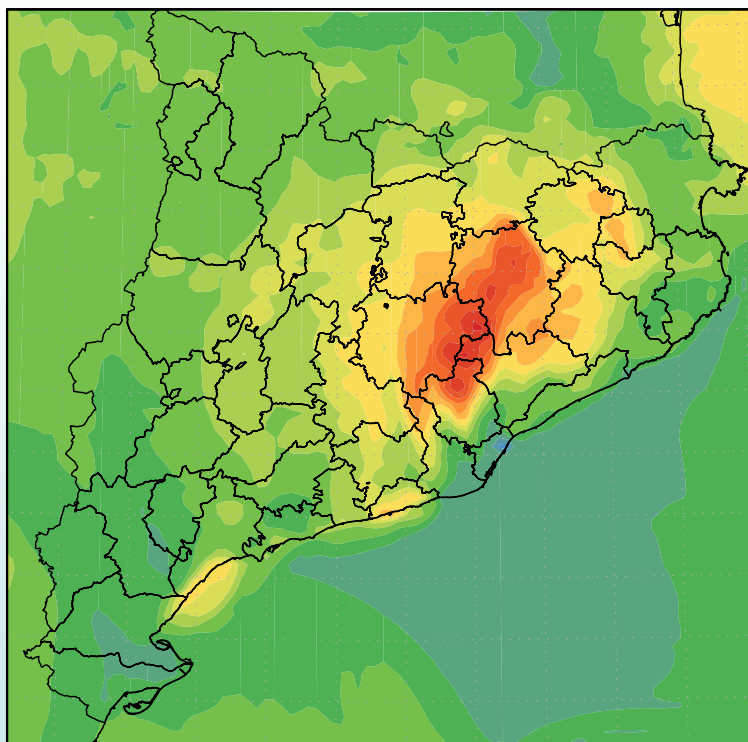


ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

Exemple de concentració màxima de NO₂ pel dies 6 de Juliol (a) i 15 d'Octubre (b) de 2013 als dominis D3 i D4 respectivament.

(a)

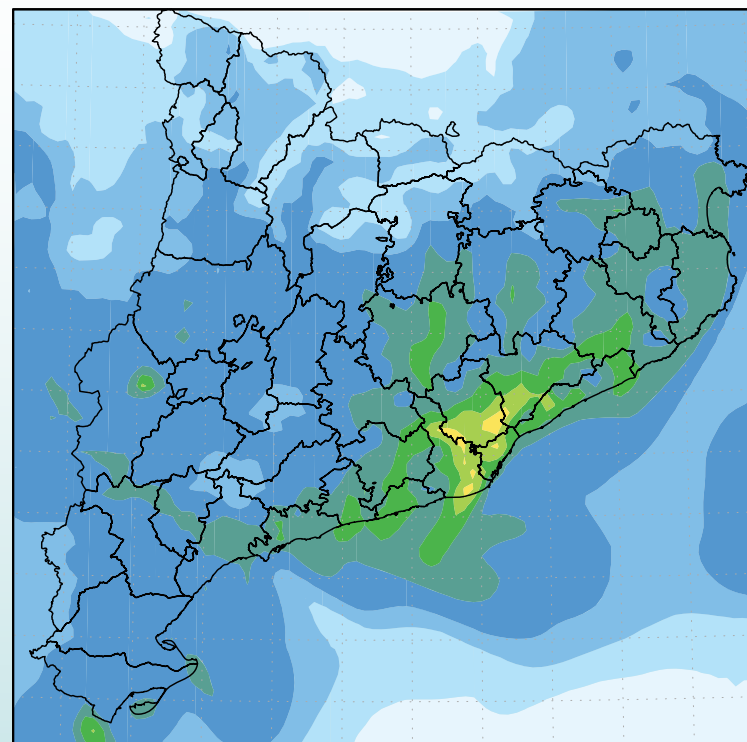
Max 1h [O₃] 12-JUL-2013



ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

(b)

[PM10] 06:00 UTC 02-MAY-2013

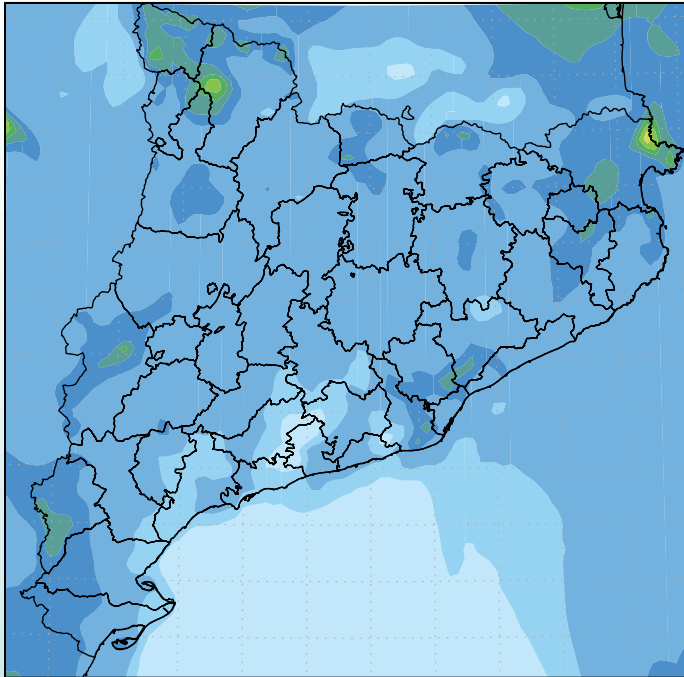


ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

Exemple de concentracions màximes horàries d'ozó i PM10 pels dies 12 de Juliol (a) i 2 de Maig (b) de 2013 respectivament.

(a)

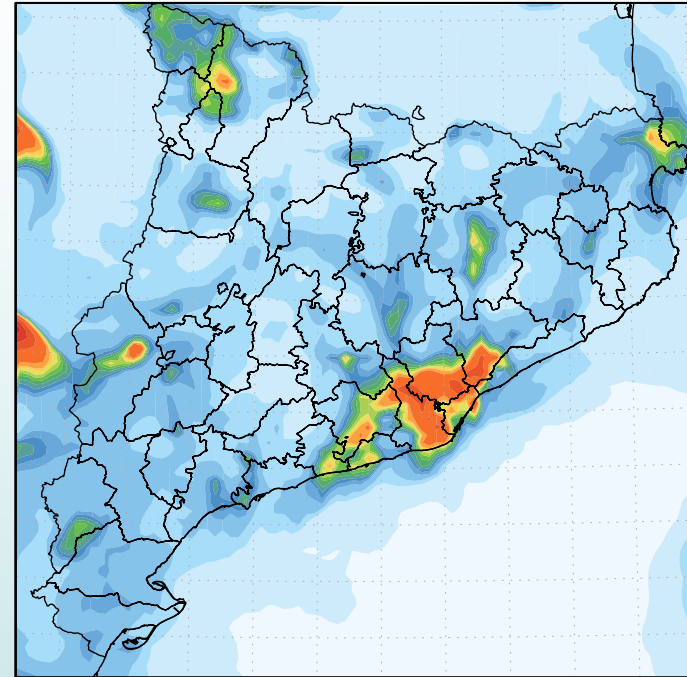
Mean Daily Value [PM2.5] 18-OCT-2013



ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

(b)

Max 1h [PM2.5] 21-OCT-2013



ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

Exemples de concentracions mitjanes (a) i màximes horàries (b) de PM2.5 pels dies 18 i 21 d'Octubre de 2013 respectivament.

2. Validació del sistema de predicció ARAMIS

La validació del sistema habitualment es porta a terme a través del càlcul d'una sèrie d'estadístics proposat per la EPA (Draft Guidance on meteorological model evaluation), i per la Directiva Europea (Guidance on the use of models for the European Air Quality Directive).

El model ARAMIS s'ha validat i els resultats han mostrat que els valors dels estadístics compleixen els requisits per aplicar-lo com a model de predicció. **El procés d'avaluació i millora contínua dels resultats del model** s'ha de considerar com una feina més dintre del cicle que suposa la simulació de la qualitat de l'aire.



Welcome

Home

About MAIR

Modelling

Campanya d'Ozó

Products

News / Links

Contact

Legal notice

More information

University of Barcelona.
Department of Astronomy
and Meteorology

Addr: Martí i Franqués, 1.
E-08028 Barcelona
(Spain)
Ph: +34 93 402 11 25
Fax: +34 93 402 11 33

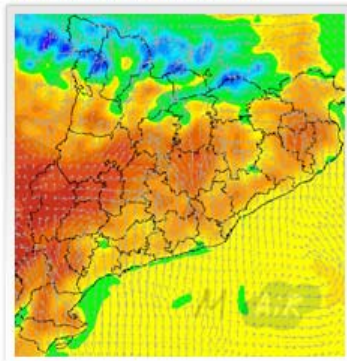


Diseño Web: SolucionesUno

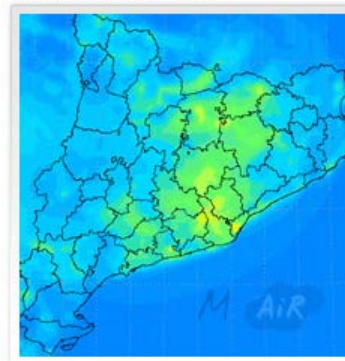
Home

The mesoscale and microscale atmospheric modelling and research group (MAIR) was set up in January 2010 through an initiative of a group of researchers from the Department of Astronomy and Meteorology of the University of Barcelona. MAIR is specialized in the development and use of meso and micro scale atmospheric numerical models applied to meteorology and mainly to atmospheric pollutant transport and diffusion.

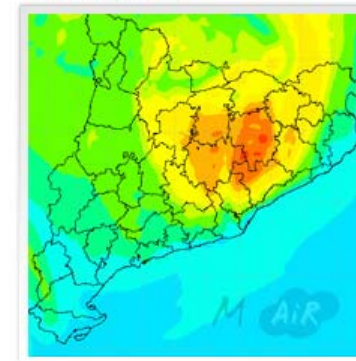
Meteorological Modelling



Air Quality Modelling



"Campanya d'Ozó"



Latest News

15 de maig - Inici Campanya Ozó 2013

Chemical Weather Portal

+ more

Modelling

These are some of our services

- Meteorology
- Air quality
- Campanya d'Ozó

+ more

Contact

Leave your questions about our business or our group

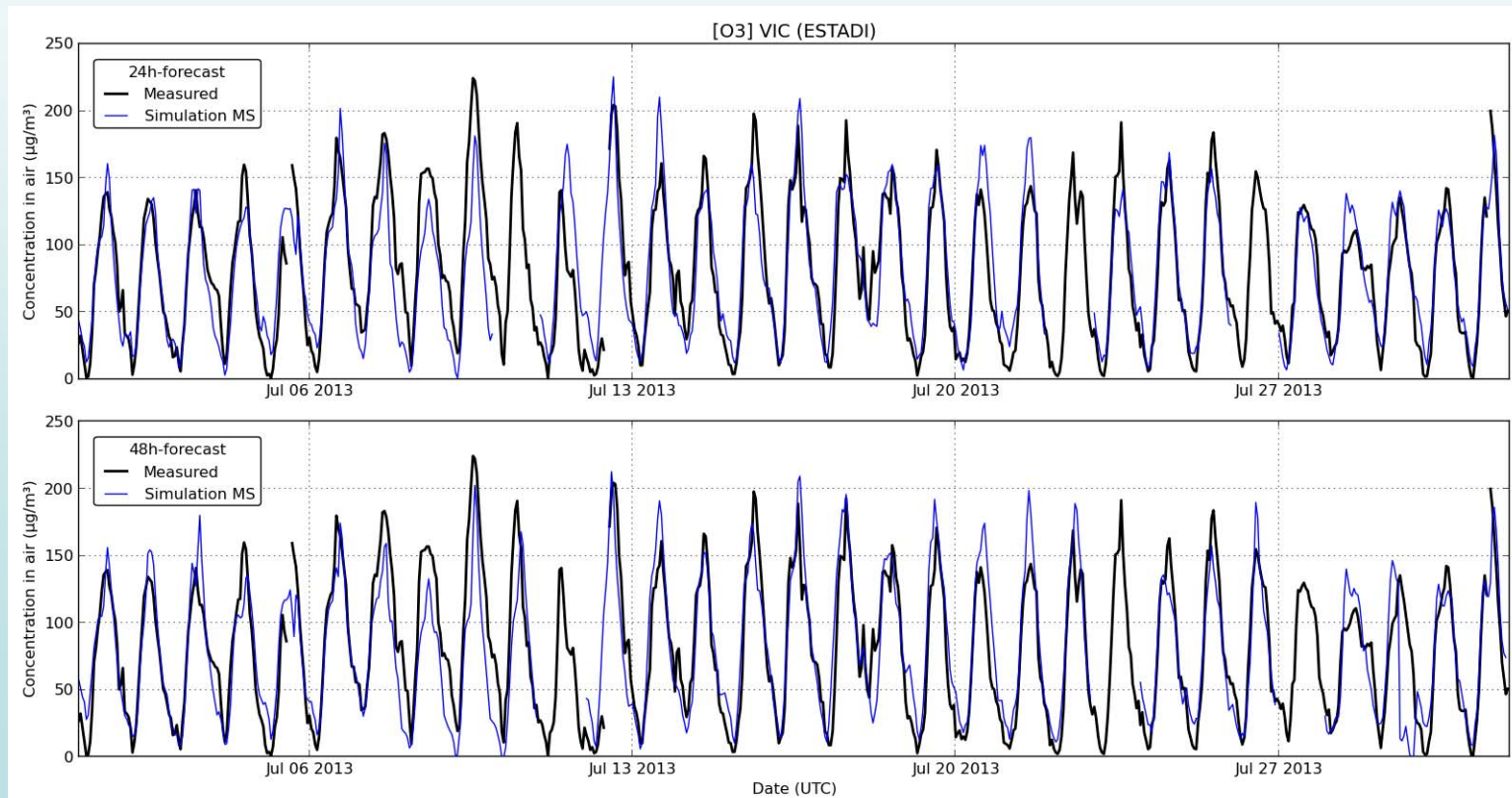


Click here

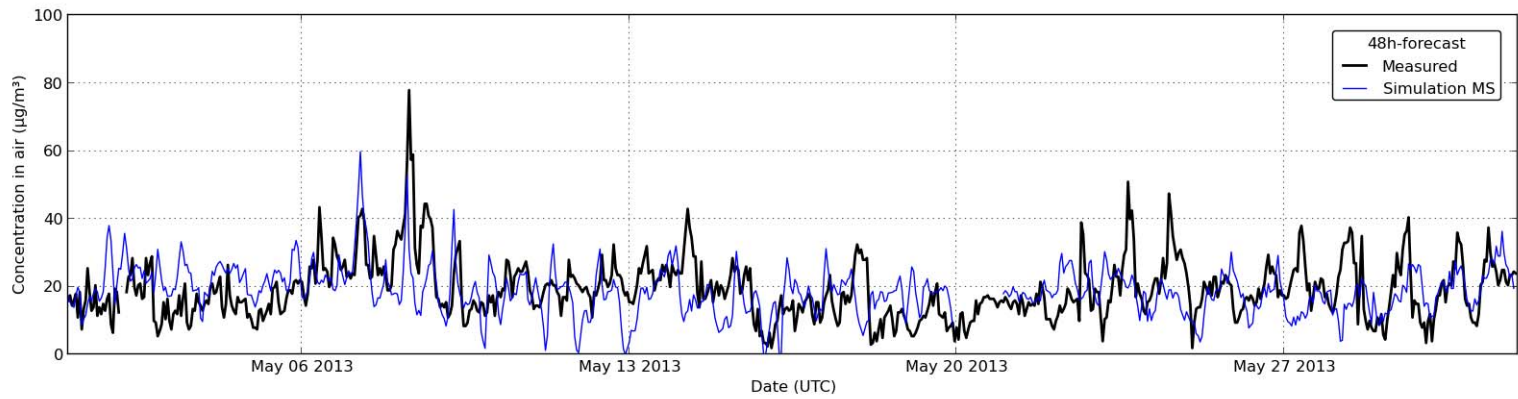
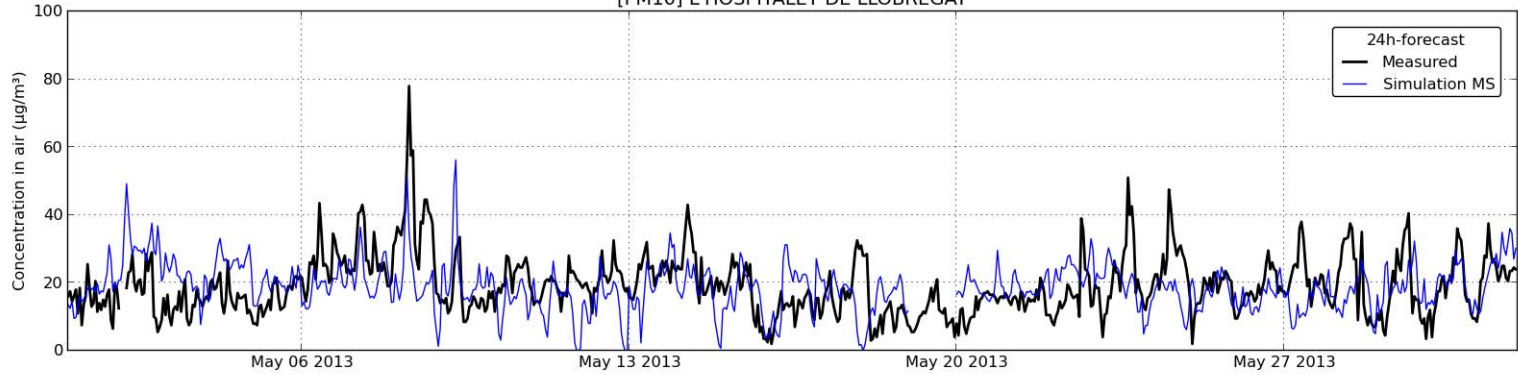
3.- Prestacions del model ARAMIS

3.1. Avaluació del model quasi en temps real

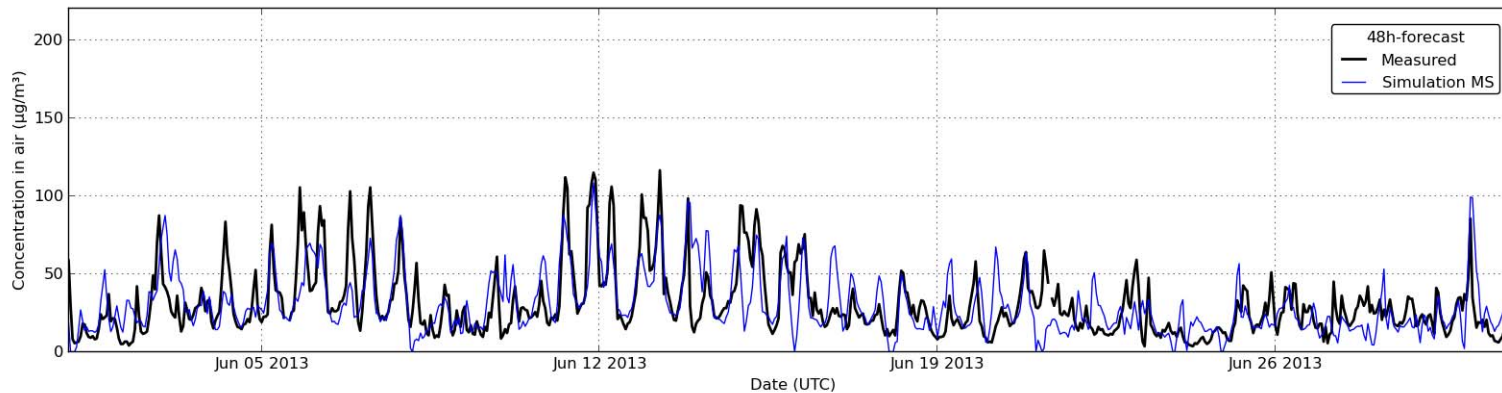
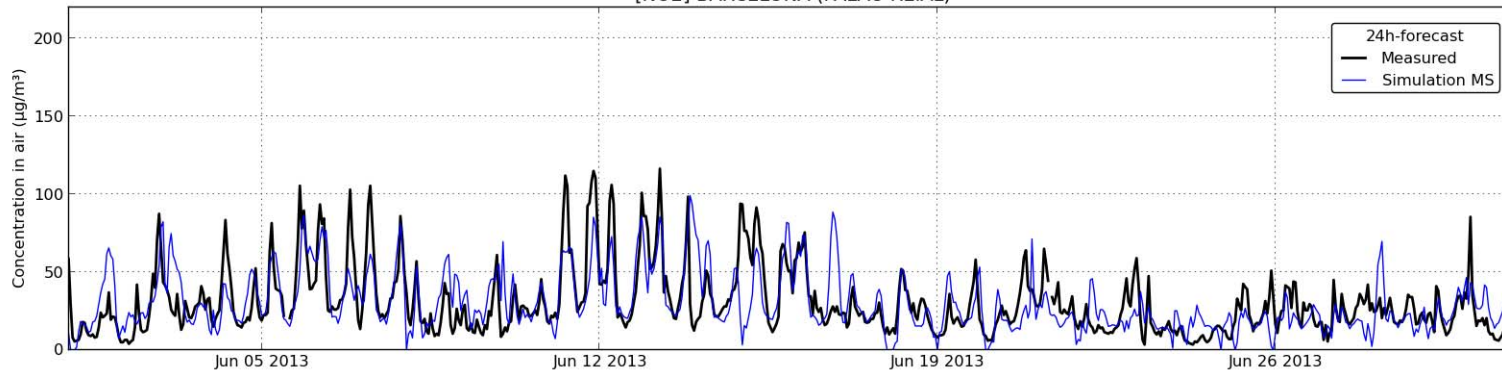
El model proporciona l'evolució temporal del pronòstic i la mesura dels principals contaminants a les diferents estacions de la XVPCA.



[PM10] L'HOSPITALET DE LLOBREGAT



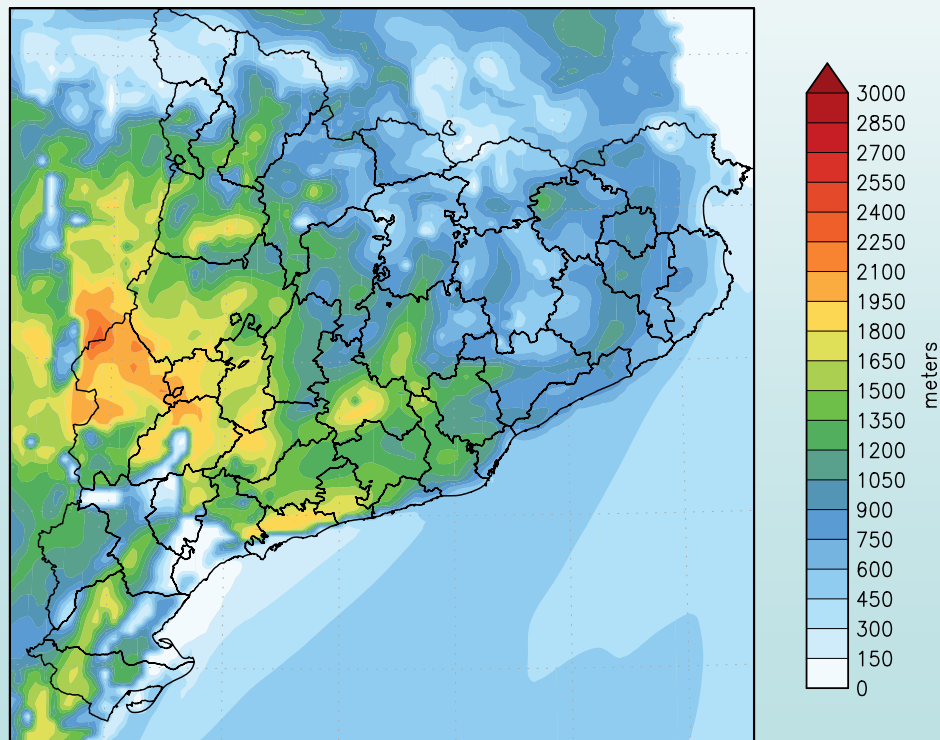
[NO2] BARCELONA (PALAU REIAL)



3.2. Càlcul de l'altura de la capa de mescla (com a eina de diagnosi)

L'altura de la capa de mescla és una de les variables més importants en tots el problemes relacionats amb la qualitat de l'aire. És una mesura de l'espessor d'atmosfera on tindrà lloc la dispersió dels contaminants. És altament variable i depèn tant de factors d'escala sinòptica, com de factors de mesoscala i de microescala.

PBL Height • 15:00 UTC 25-APR-2013



3.3 Càlcul de trajectòries i retrotrajectòries

L'objectiu del càlcul és determinar:

Mitjançant les retrotrajectòries, el possible origen de determinats contaminants atmosfèrics i poder conèixer la influència d'aquestes emissions en el valor de les immissions i per tant en la qualitat de l'aire.

Mitjançant les trajectòries, la dispersió dels contaminants emesos per diferents focus.

L'anàlisi es realitza amb el sistema HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory Model) de la NOAA, model recomanat i regulat per a la realització de treballs d'impacte ambiental prenen com a base les sortides dels models meteorològics, en el nostre cas el WRF.

Ambdues poden ser molt útils a efectes d'interpretar un episodi de contaminació que afecta a la qualitat de l'aire.

Per demostrar la capacitat que té aquesta aplicació es presenten dos exemples:

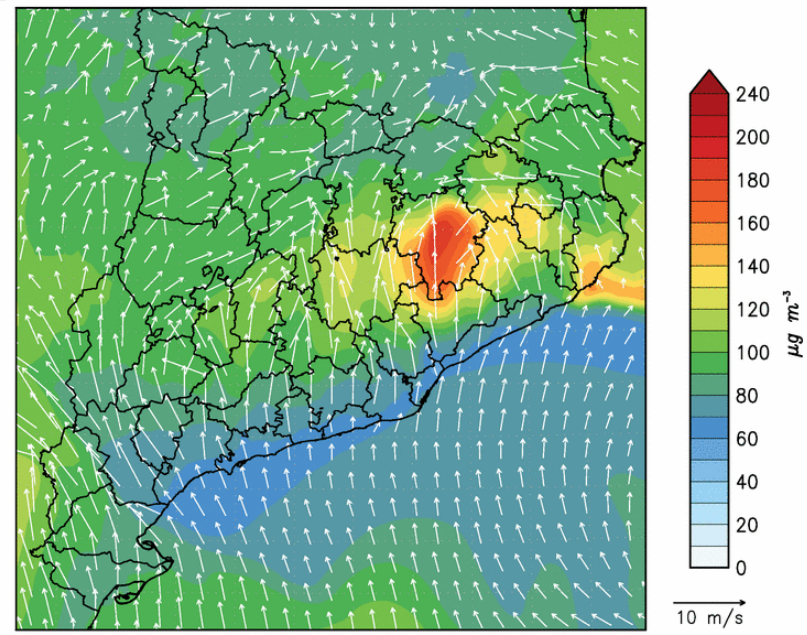
EXEMPLES

1. L'advecció d' alguns contaminants emesos en zones urbanes i industrials, principalment ozó i precursors de l'ozó, que poden ser els responsables de que a sotavent d'aquestes àrees es registrin altes concentracions d'aquest contaminant. Habitualment aquesta advecció és causada per la brisa de mar com veurem en el exemple.

2. L'impacte dels incendis forestals en la concentració de partícules. La finalitat és donar suport tècnic intentant preveure quin és l'abast dels diversos contaminants emesos per aquest tipus de fonts i quina o quines àrees poden ser potencialment les més afectades.

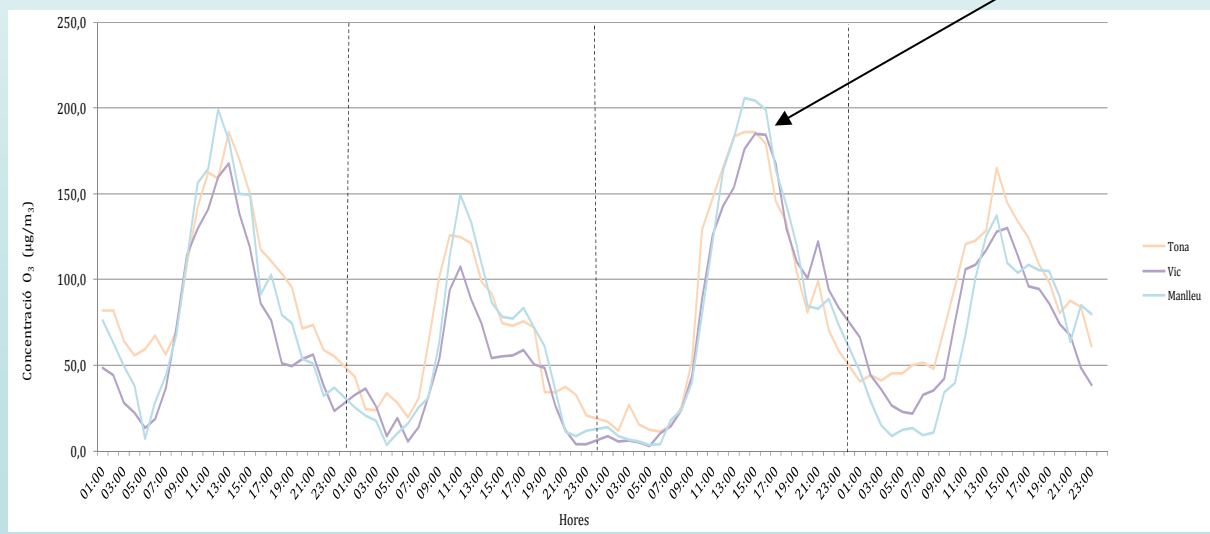
Advecció per brisa de mar

[O₃] and 10m wind field • 14:00 UTC 12-JUL-2013



ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

12



Evolució de les concentracions d'ozó per als dies 10, 11, 12 i 13 de juliol del 2013 a les estacions de Tona Vic i Manlleu.

(a)



(b)



Retrotrajectòries de 4hores, prenent com a origen les ciutats de Manlleu (verd), Vic (blau) i Tona (vermell)

Interpretació: Una partícula que a les 1400 UTC estigués a una altura de 10m (AGL) sobre el punts de Manlleu, Vic i Tona, hauria fet durant les 4 hores anteriors el recorregut indicat a la figura.

(a) Sortida del model HYSPLIT. (b) Representació de les retrotrajectòries amb Google) Font (L.Arbiol, M.R. Soler, P.Gámez and M.Olid 2013)

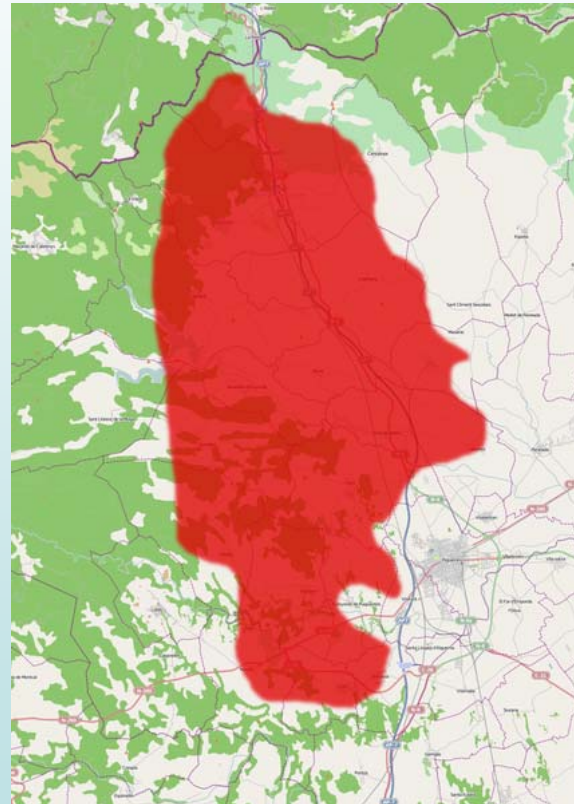
Incendi Forestal a la zona de l'Alt Empordà

Inici el dia 22 de juliol de 2012, el dia 24 al vespre va entrar en fase de control, i finalment el 27 es va donar per extingit. El fort vent de Tramuntana fa dificultar les tasques d'extinció.

(a)



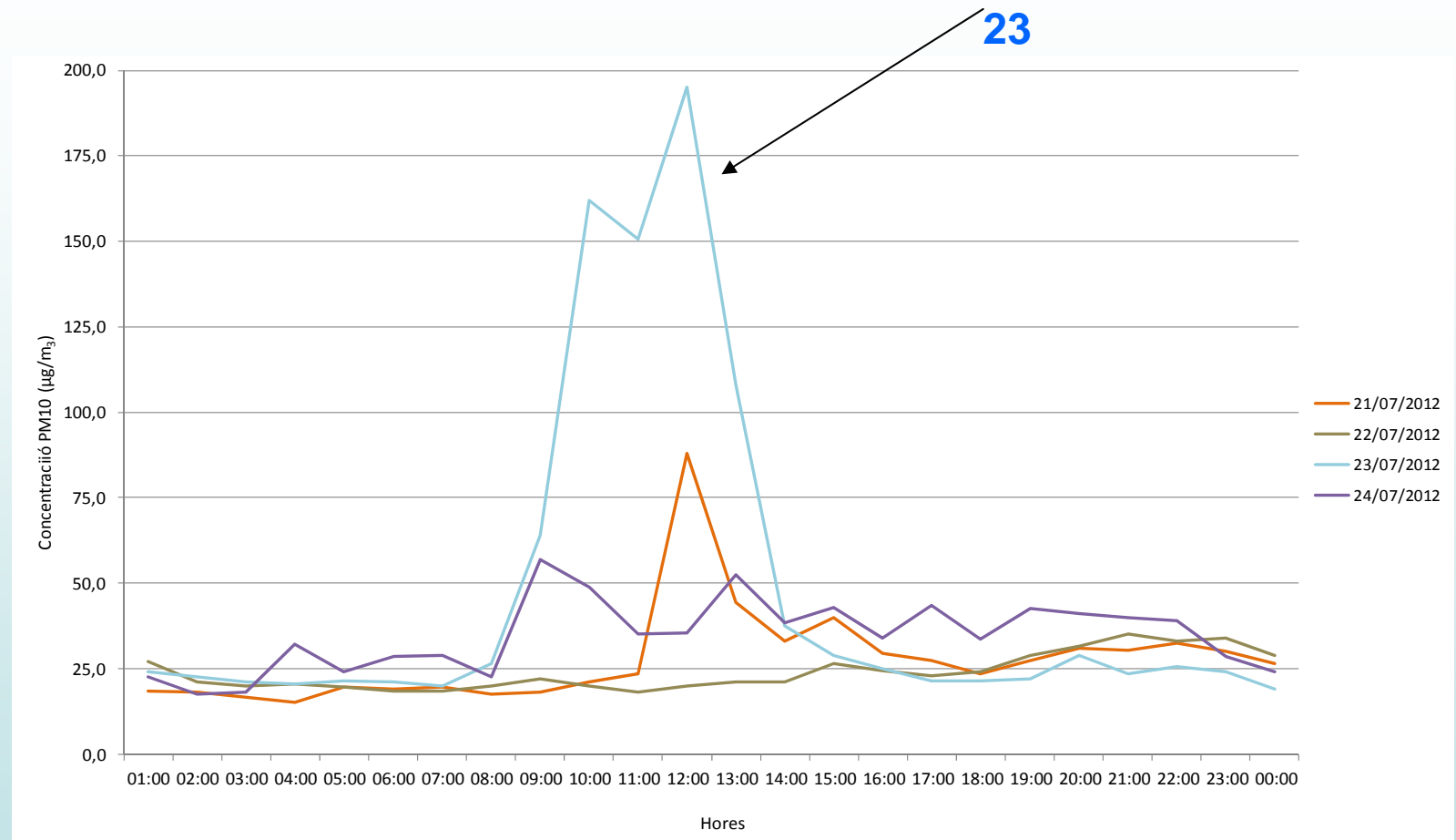
(b)



A la figura (a) es pot observar el plomall de fum en direcció sud el dia 22 de juliol, i a la (b) la gran extensió de territori afectat un cop extingit l'incendi, en total 18 municipis.

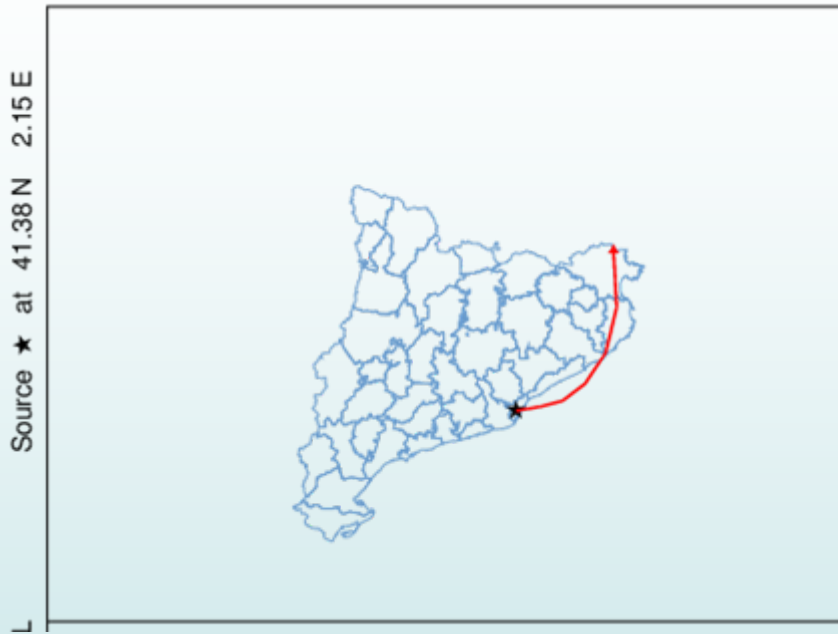
Font http://es.wikipedia.org/wiki/Incendios_del_Alto_Ampurd%C3%A1n_de_2012

L'impacte del foc es va notar a amplies àrees del territori i en varies estacions de mesura, però ens a centrarem en la de Barcelona-L'Eixample.



Evolució de les concentracions de PM10 per als dies 21, 22, 23 i 24 de juliol del 2012 a l'estació de Barcelona-L'Eixample. Font (L.Arbiol, M.R. Soler P.Gámez, M.Olid 2013)

(a)



(b)

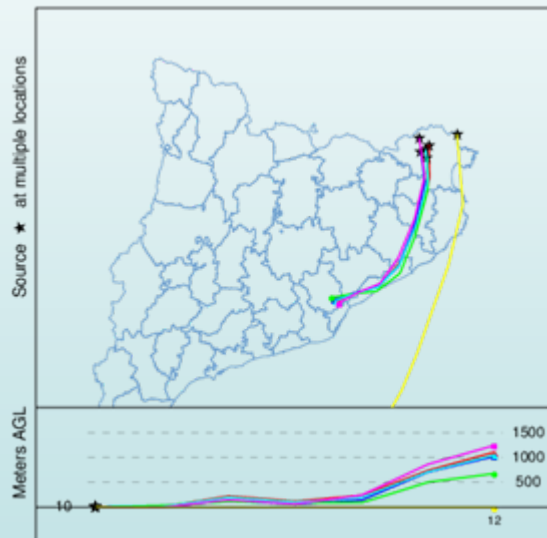


Retrotrajectòries de 6 hores prenent com a origen l'estació de Barcelona-Eixample. (a) Sortida del model HYSPLIT. (b) Representació de les retrotrajectòries amb Google) Font (L.Arbiol, M.R. Soler, P.Gámez and M.Olid 2013)

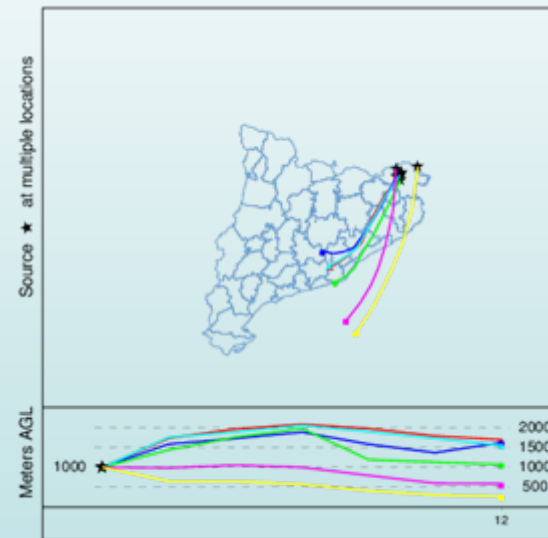
Interpretació: Una partícula que a les 1200 UTC estigués a una altura de 10m (AGL) sobre el punt corresponent a l'estació de mesura, hauria fet durant les 6 hores anteriors el recorregut indicat a la figura.

En aquest cas s'han realitzat trajectòries de 6 hores començant a les 0600 UTC des de diferents punts de l'Alt Empordà per tal de poder veure quin és el recorregut de les partícules. S'ha pres l'origen a 10 i 1000 m per visualitzar el gruix del front de partícules originades per l'incendi. La figura també ens dóna informació de l'efecte de la Tramuntana i de la brisa que actuen sobre la trajectòria de la partícula.

(a)



(b)



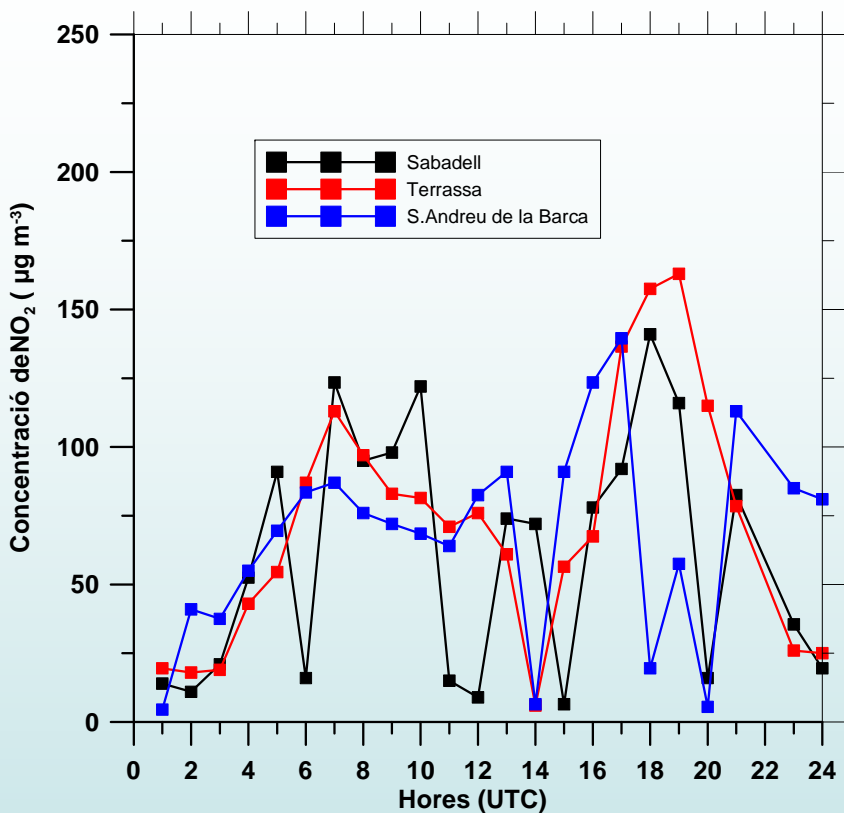
Trajectòria prenent com a origen diferents punts de l'Alt Empordà a 10m (a) i 1000m (b) d'alçada. Font (L.Arbiol, M.R. Soler, P.Gámez and M.Olid) 2013)

4.- Aplicació del model ARAMIS en un cas d'episodi ambiental

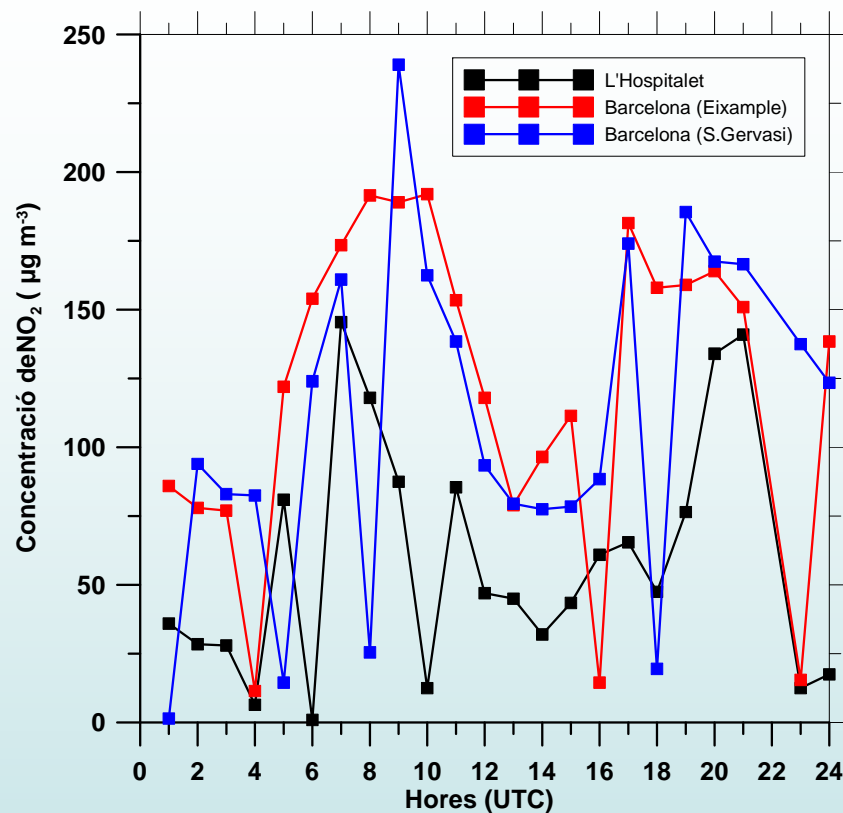
L'estudi es centra en particular en els dies 3 4 i 5 d'octubre de 2011 en que els valors de la concentració de NO_2 i PM_{10} en l'àrea metropolitana de Barcelona i en particular a l'àrea de Barcelona van arribar a valors propers i superiors al valors màxims horaris i diaris permesos.

El fet de que es donés l'episodi, va estar condicionat per la presència d'una situació anticiclònica persistent amb altes pressions, absència pràcticament de vent a gran escala i una inversió de temperatura (subsidiència) a baixa alçada. En aquestes situacions és freqüent que es donin episodis de contaminació.

(a)

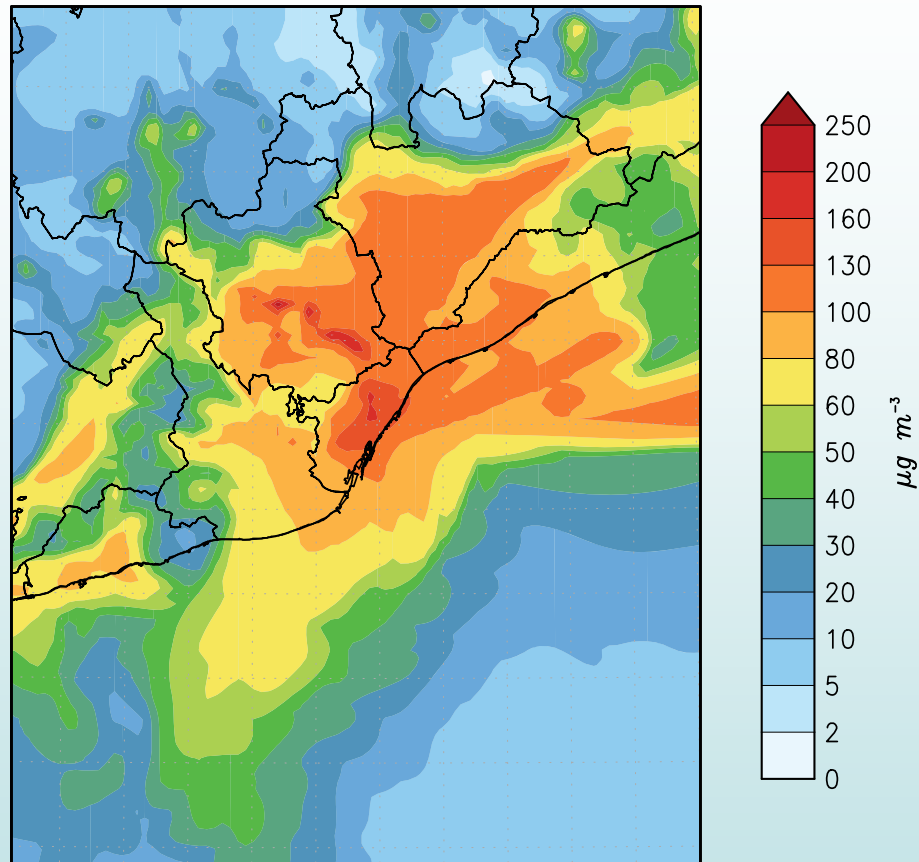


(b)



Evolució horària de les concentracions de NO₂ durant el dia 3 d'octubre de 2011 a les estacions de Sabadell, Terrassa i Sant Andreu de la Barca (a) i l' l'Hospitalet, Barcelona (Eixample) i Barcelona (Sant Gervasi) (b). Valor màxim horari permès 200 µg m⁻³.

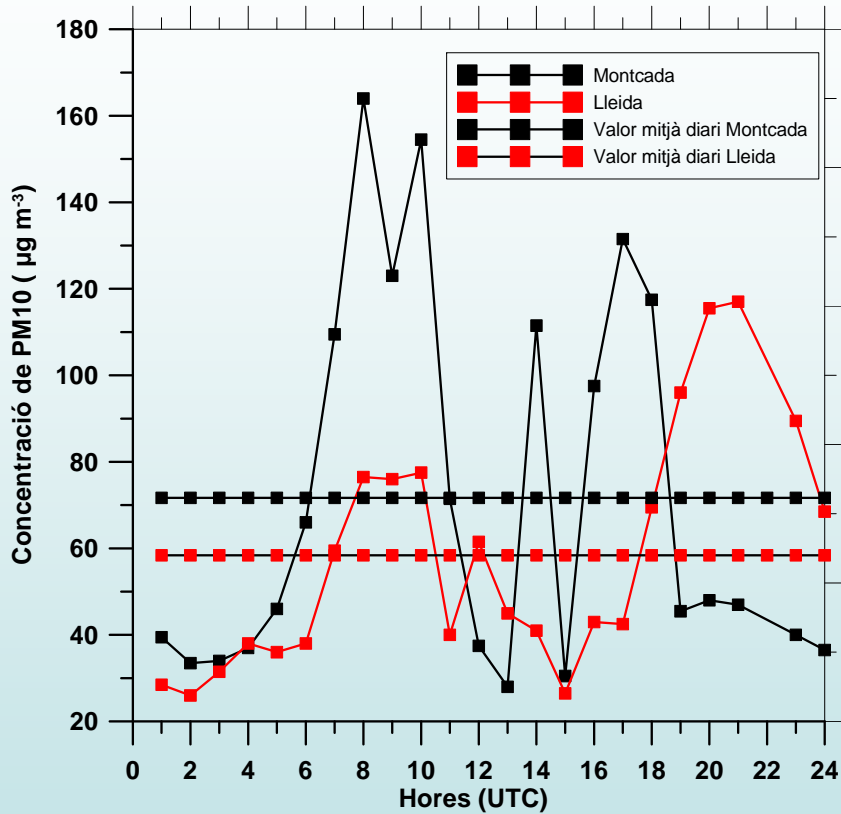
Max 1h [NO₂] 03-OCT-2011



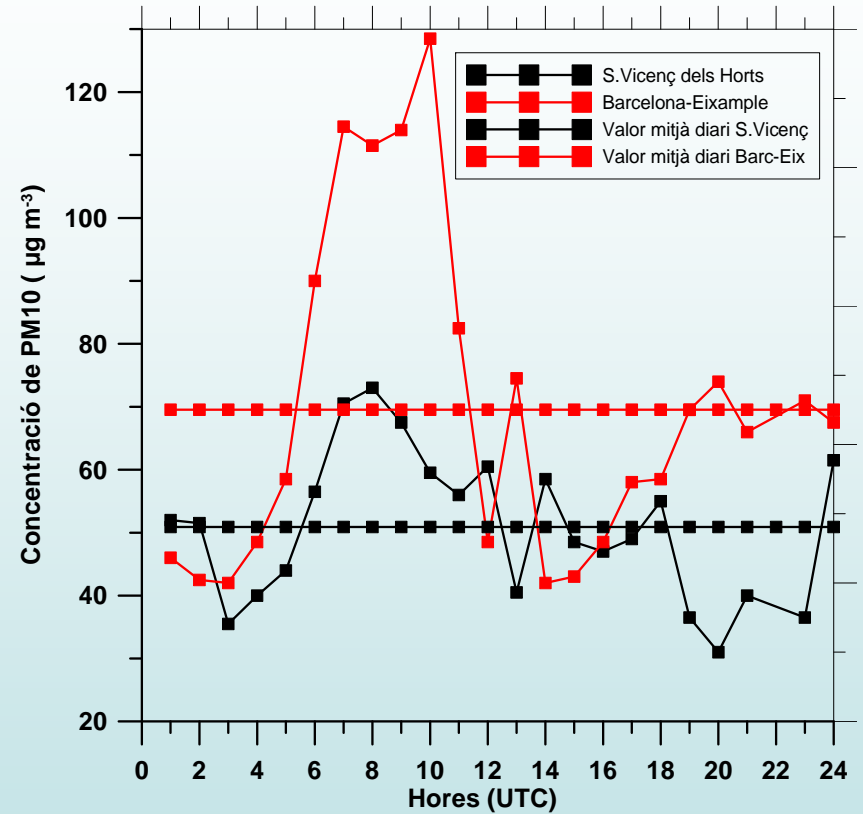
ARAMIS.cat // WRFv3.1.1 • HIREMv1.0 • CMAQv4.7.1

Concentració de NO₂ màxima horària, pronosticada pel model ARAMIS el dia 3 d'octubre de 2011.

(a)

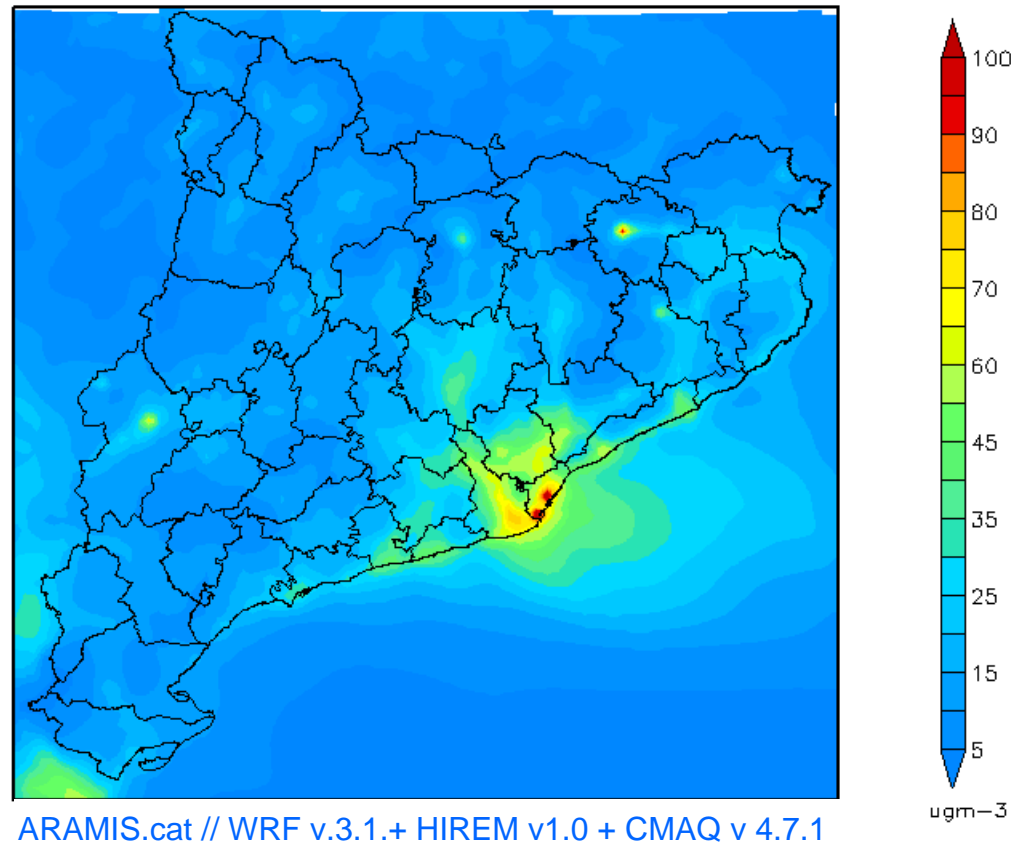


(b)



Evolució horària i valors mitjos diaris de les concentracions de PM10 durant el dia 3 d'octubre de 2011 a les estacions de Montcada, Lleida (a) i S.Vicenç dels Horts i Barcelona Eixample (b). Valor mitjà diari permès $50 \mu\text{g m}^{-3}$.

Mean Daily Value PM10 – 30CT2011



Valor mitjà diari de la concentració de PM10 pronosticada pel model ARAMIS el dia 3 d'octubre de 2011.

Moltes gràcies per la seva atenció

Paràmetres estadístics i definició matemàtica

Error mig	$MB = \frac{1}{N} \sum_1^N (C_m - C_o)$
Error absolut mig	$MAGE = \frac{1}{N} \sum_1^N C_m - C_o $
Error normalitzat mig	$MNBE = \frac{1}{N} \sum_1^N \left(\frac{C_m - C_o}{C_o} \right) \cdot 100\%$
Error absolut normalitzat mig	$MNGE = \frac{1}{N} \sum_1^N \left(\frac{ C_m - C_o }{C_o} \right) \cdot 100\%$
Error quadràtic mig	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_1^N (C_m - C_o)^2}$
Error fraccionat mig	$MFB = \frac{1}{N} \sum_1^N \left(\frac{C_m - C_o}{\left(\frac{C_m + C_o}{2} \right)} \right) \cdot 100\%$
Error absolut normalitzat,	$NME = \frac{\sum_1^N C_m - C_o }{\sum_1^N C_o} \cdot 100\%$
Error normalitzat	$NMB = \frac{\sum_1^N (C_m - C_o)}{\sum_1^N C_o} \cdot 100\%$
Índex de concordança	$IOA = 1 - \frac{\sum_1^N (C_m - C_o)^2}{\sum_1^N \left[C_m - \bar{C}_m + C_o - \bar{C}_o \right]^2}$

Atenent a la Directiva 2008/50/CE, del Parlament Europeu i del Consell de la Unió Europea l'error es defineix amb l'expressió (1)

$$RDE = \frac{|O_{LV} - M_{LV}|}{LV} \quad (1)$$

On O_{LV} és la concentració observada més propera al valor límit (LV), valor objectiu en el cas de l'ozó) i M_{LV} és la concentració prevista pel model corresponent.

El màxim d'aquest valor trobat de RDE en el 90% de les estacions disponibles, és l'error màxim relatiu associat a la directiva MRDE (50%)

El període que s'ha considerat per avaluar el model ARAMIS compren des de febrer del 2013 a l'actualitat.

Avaluació del pronòstic de la concentració d'ozó realitzat pel model ARAMIS (D3)

Paràmetres estadístics calculats per l'ozó troposfèric a partir dels valors horaris, max.-1h i max.8-h simulats a 24 hores i els mesurats per les estacions XVPCA.

Estadístic	Previsió Horaria	Previsió Max-1-h	Previsió Max. 8-h
IOA	0.657	0.572	0.758
MAGE (%)	15.392	12.781	14.797
MB ($\mu\text{g m}^{-3}$)	-1.378	-1.91	-4.609
MFB (%)	-2.947	-0.847	-9.642
MNBE (%)	1.945	1.021	-4.758
MNGE (%)	22.784	14.844	21.55
NMB (%)	-1.871	-2.142	-6.254
NME (%)	20.898	14.332	20.076
RMSE (%)	19.783	16.655	19.176 MRDE 34.237 %

Recomanats per US
EPA (2009):
MNBE $\leq \pm 15$ %
MNGE ≤ 35 %

Recomanat per la DE
MRDE ≤ 50 %

Avaluació del pronòstic de la concentració d'ozó realitzat pel model ARAMIS (D3)

Paràmetres estadístics calculats per l'ozó troposfèric a partir dels valors horaris, max.-1h i max.8-h simulats a 48 hores i els mesurats per les estacions XVPCA.

Estadístic	Previsió Horaria	Previsió Max-1-h	Previsió Max. 8-h
IOA	0.668	0.608	0.642
MAGE ($\mu\text{g m}^{-3}$)	15.488	12.436	12.402
MB ($\mu\text{g m}^{-3}$)	0.89	0.339	1.476
MFB (%)	0.122	1.645	2.921
MNBE (%)	5.122	3.497	5.035
MNGE (%)	23.43	14.852	16.129
NMB (%)	1.205	0.381	1.781
NME (%)	20.96	13.945	14.965
RMSE ($\mu\text{g m}^{-3}$)	19.762	15.97	15.669 MRDE 29.58 (%)

Recomanats per US
EPA (2009):
MNBE $\leq \pm 15\%$
MNGE $\leq 35\%$

Recomanat per la DE
MRDE $\leq 50\%$

Avaluació del pronòstic de la concentració de NO₂ i PM10 realitzat pel sistema ARAMIS (D3)

Paràmetres estadístics calculats per l'NO₂ (valors màxims 1-h) i les PM10 (valors mitjos diaris) simulats a 24 hores i mesurats per les estacions XVPCA.

Estadístic	Pronòstic valors màxims 1-h de NO ₂	Pronòstic valors mitjos diaris de PM10.
IOA	0.634	0.534
MAGE (µg m ⁻³)	22.405	6.795
MB (µg m ⁻³)	-0.195	-2.458
MFB (%)	-4.026	-12.638
MNBE (%)	4.197	-6.049
MNGE (%)	31.861	28.035
MRDE (%)	28.921	43.754
NMB (%)	-0.255	-10.185
NME (%)	29.311	28.152
RMSE (µg m ⁻³)	28.473	8.627

Recomanats

MFB ≤ ±30%
(Boylan and Russell, 2006)
Recomanat per la DE
MRDE ≤ 50%

Avaluació del pronòstic de la concentració de NO₂ i PM₁₀ realitzat pel sistema ARAMIS (D3)

Paràmetres estadístics calculats per l'NO₂ (valors màxims 1-h) i les PM₁₀ (valors mitjos diaris) simulats a 48 hores i mesurats per les estacions XVPCA.

Estadístic	Pronòstic valors màxims 1-h de NO ₂	Pronòstic valors mitjos diaris de PM ₁₀ .
IOA	0.62	0.55
MAGE ($\mu\text{g m}^{-3}$)	23.338	6.568
MB ($\mu\text{g m}^{-3}$)	1.129	-1.888
MFB (%)	-2.668	-9.733
MNBE (%)	6.288	-3.595
MNGE (%)	33.625	27.168
MRDE (%)	34.108	42.07
NMB (%)	1.483	-7.823
NME (%)	30.664	27.22
RMSE ($\mu\text{g m}^{-3}$)	29.626	8.462

MFB $\leq \pm 30\%$

Recomanat per la DE
MRDE $\leq 50\%$