



Govern d'Andorra



LA QUALITAT DE L'AIRE A ANDORRA ANY 2021

Ministeri de Medi Ambient, Agricultura i
Sostenibilitat

Andorra la Vella, abril del 2022

LA QUALITAT DE L'AIRE A ANDORRA – ANY 2021

1. INTRODUCCIÓ

L'aire és indispensable per a la vida de les persones, de la fauna i de la vegetació; és un bé essencial limitat que s'ha de preservar. La Llei sobre la contaminació atmosfèrica i els sorolls, aprovada pel Consell General el 30 de desembre de 1985, preveu que el Departament de Medi Ambient i Sostenibilitat vigili la qualitat de l'aire. Per aquest motiu, s'ha desenvolupat el Reglament de control de la contaminació atmosfèrica, que defineix els contaminants que s'han de mesurar, els nivells límit i els nivells d'informació i d'alerta a la població.

El Govern va aprovar, el 18 d'octubre del 2017, l'estratègia de medi atmosfèric amb l'objectiu de definir, vistos els coneixements vigents de la qualitat de l'aire, les línies directrius en l'àmbit del medi atmosfèric d'Andorra per al període que abasta els anys 2017 a 2030. L'estratègia també fixa com a objectiu poder assolir els valors guia definits per l'Organització Mundial de la Salut (OMS) en matèria de qualitat de l'aire, que en general són més restrictius que els valors establerts reglamentàriament.

Aquest document recull els resultats dels nivells de qualitat de l'aire i els compara amb els nivells normatius i amb els resultats dels anys anteriors. Recopila els resultats dels mesuraments automàtics de la vall central (Escaldes-Engordany), que és l'estació de referència del país ja que és representativa de la qualitat de l'aire de la zona on viu prop de la meitat de la població. Així mateix, es presenten els resultats dels mesuraments manuals del diòxid de nitrogen (NO_2) de la xarxa manual perenne, que complementa els resultats de l'estació fixa. Pel que fa a l'ozó (O_3), l'estació fixa d'ozó situada a Engolasters és representativa de gairebé tot el territori nacional.

2. DISPOSITIUS DE VIGILÀNCIA

L'objectiu principal de la xarxa de vigilància de la qualitat de l'aire (XVQA) és vigilar els nivells d'immissió.

La xarxa de vigilància es compon de les estacions fixes i mòbils següents, automàtiques i manuals:

- Estació automàtica de referència urbana, situada al Prat Gran d'Escaldes-Engordany. Mesura els paràmetres següents:
 - Ozó (O_3)
 - Diòxid de sofre (SO_2)
 - Monòxid de carboni (CO)
 - Òxids de nitrogen (NO_x)
 - Partícules PM_{10}
 - Partícules $\text{PM}_{2,5}$
 - Metalls pesants: Cd, As, Ni, Pb, Hg, Cr. Es mesuren durant vuit setmanes/any
 - Hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP). Es mesuren durant vuit setmanes/any
- Estació automàtica de referència periurbana d'ozó (O_3), situada a Engolasters.
- Xarxa manual perenne de mostrejadors passius d' NO_2 : composta per 18 punts de mesura, distribuïts per totes les parròquies. Es mesura l' NO_2 en quatre campanyes/any, d'un mes de durada cada una. Cada 3 anys es realitza una campanya completa amb més punts de mostreig, l'any 2021 es fa la campanya reduïda.

D'altra banda, també es disposa de dos estacions mòbils de vigilància de la qualitat de l'aire que tenen per objectiu controlar localment la qualitat de l'aire. Els resultats d'aquestes estacions no s'incorporen en aquest estudi en tractar-se de casuístiques locals.

3. METEOROLOGIA



Imatge 1. Inversió tèrmica a la vall central.

La meteorologia té una incidència important sobre la dispersió dels contaminants i, per tant, sobre els nivells de qualitat de l'aire. Els paràmetres meteorològics més importants relacionats amb la pol·lució atmosfèrica són la temperatura, la direcció i la velocitat del vent, la pluviometria i l'estabilitat atmosfèrica.

L'estabilitat atmosfèrica contribueix al deteriorament de la qualitat de l'aire i pot conduir a la formació d'una cúpula urbana de contaminació. Durant l'any 2021, s'han produït 58 episodis d'inversió tèrmica, la gran majoria entre els mesos de gener, febrer, octubre, novembre i desembre.

4. RESULTATS DE L'ANY 2021

4.1. ÍNDEX DE QUALITAT DE L'AIRE

La pàgina www.aire.ad facilita en temps real l'índex de qualitat de l'aire (IQA), que correspon al valor més desfavorable entre els diferents contaminants: l' NO_2 , les PM_{10} ,¹ l' O_3 , el CO i el SO_2 enregistrats a les dues estacions de referència de la vall central (l'estació d'Engolasters per a l'ozó O_3 i l'estació d'Escaldes-Engordany per a la resta de contaminants).

L'any 2019, es va modificar la metodologia de càlcul de l'índex de qualitat de l'aire ajustant-lo als criteris europeus recollits per l'Agència Europea del Medi Ambient. La modificació de l'índex va consistir a modificar les franges de valors per a cada escala, les quals s'han fixat més restrictives.

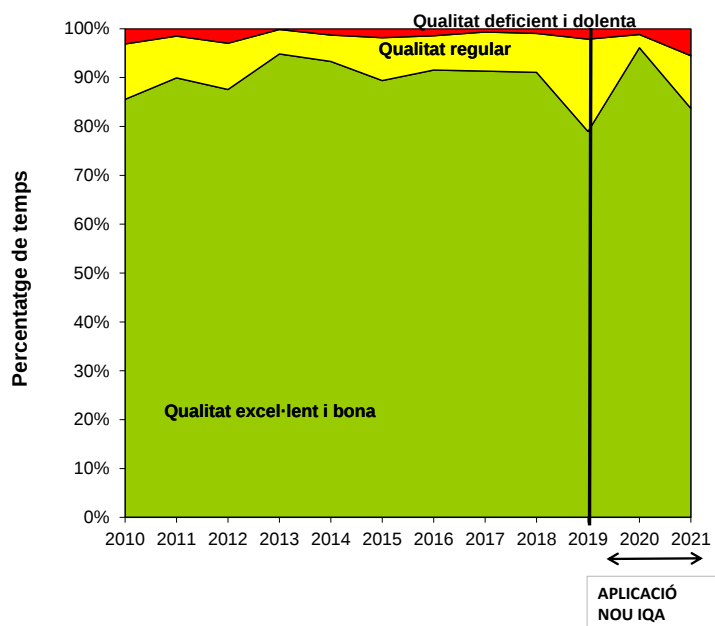
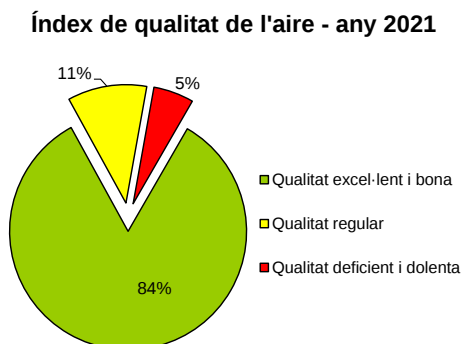
Valor de l'índex	Qualitat de l'aire	NO_2 (μgm^{-3})*	PM_{10} (μgm^{-3} TEOM)**	O_3 (μgm^{-3})*	CO (mgm^{-3} ***)	SO_2 (μgm^{-3})*
1	EXCEL·LENT	0-40	0-20	0-50	0-5	0-100
2	BONA	41-90	21-40	51-100	6-7,5	101-200
3	REGULAR	91-120	41-50	101-130	7,6-10	201-350
4	DEFICIENT	121-230	51-10	131-240	11-20	351-500
5	DOLENTA	>230	>100	>240	>20	>500

Taula 1. Índex de qualitat de l'aire aplicat actualment (a partir de l'any 2019)

*Basat en mitjana horària. **Basat en mitjanes 24-horàries, mètode TEOM corregit pel factor gravimètric/TEOM. ***Basat en mitjanes 8-horàries

L'any 2021 la qualitat de l'aire ha estat excel·lent o bona durant un 84% del temps, ha estat regular durant un 11% del temps i deficient o dolenta durant un 5%. Tot i utilitzar el nou IQA, que és més restrictiu, per l'any 2021 s'observen percentatges elevats de qualitat de l'aire excel·lent i bona. Tot i així, s'ha vist un increment del percentatge de qualitat deficient i dolenta pel fet que durant l'any s'han registrat molts episodis de contaminació d'origen natural (CALIMA) en comparació als anys anteriors.

¹ Cal tenir en compte que els mesuraments de les partícules es duen a terme mitjançant una microbalança (TEOM) a fi de disposar de dades en temps real, cosa que no permet valorar la fracció volàtil de partícules. L'any 2021 es continua fent una comparació de les partícules PM_{10} entre el mesurament de referència, el mètode gravimètric i el mètode de la microbalança; ha proporcionat una ràtio mitjana anual d'1,4.



Gràfic 1. Índex de qualitat de l'aire (IQA actual) - any 2021

Gràfic 2. Evolució de l'IQA des de l'any 2010

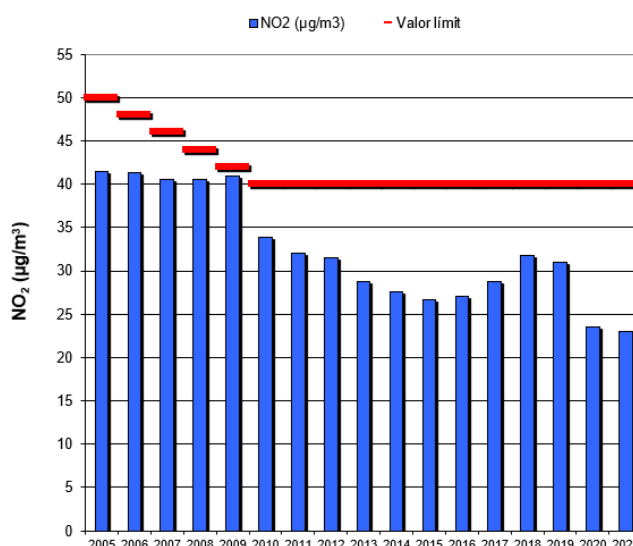
4.2. RESULTATS DE LA XARXA AUTOMÀTICA

4.2.1. Òxids de nitrogen (NOx)

El monòxid de nitrogen i el diòxid de nitrogen són emesos durant els fenòmens de combustió. Els NO_x participen en els fenòmens de les pluges àcides i en la formació de l'ozó troposfèric, del qual són precursors.

L'NO₂ és l'indicador principal de la pol·lució urbana i, particularment, de la contaminació deguda al trànsit de vehicles. L'NO₂ és un gas irritant per als bronquis.

	Any	2021	Valor límit normatiu
	Estació	Fixa	
	Àrea geogràfica	Vall central	
	Zona	Escaldes-Engordany	
	Tipus	Urbana	
NO	Mitjana anual (µg/m ³)	14,4	
NO ₂	Mitjana anual per a la protecció de la salut humana (µg/m ³)	23,0	40
	Nombre mitjanes horàries superiors a 200 µg/m ³	0	18
	Nombre de superacions del lílindar d'alerta de 400µg/m ³	0	
NOx	Mitjana anual per a la protecció a la vegetació(µg/m ³)	46,1	30



Taula 2. Resultats dels òxids de nitrogen a l'estació fixa de referència

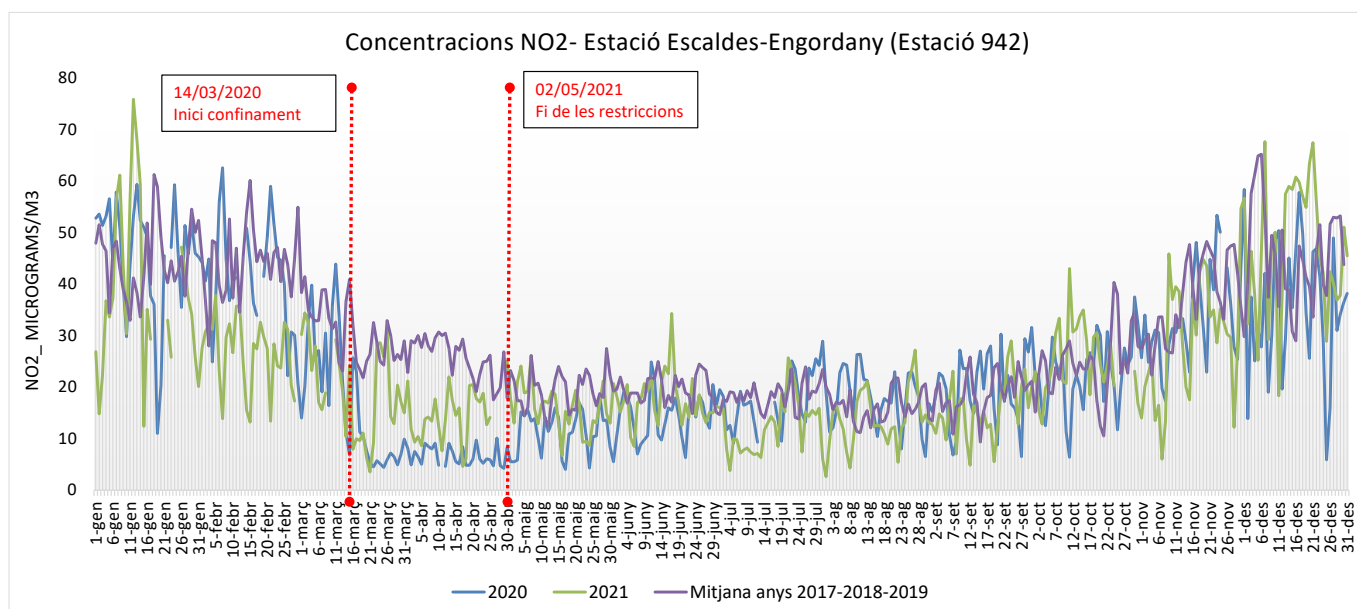
Gràfic 3. Evolució de la mitjana anual d'NO₂ a l'estació fixa de referència

Mitjana anual

La concentració mitjana anual del diòxid de nitrogen (NO_2) de $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ és inferior al valor límit per a la protecció de la salut, fixat pel Reglament i per l'OMS, de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cal destacar que la mitjana anual mesurada a l'estació fixa de la vall central ha disminuït lleugerament respecte a l'any anterior ($23,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), i és la més baixa registrada des de l'any 2005. Aquest fet s'explica per les restriccions en quant a la limitació de mobilitat entre els països veïns viscuda al país a causa de la COVID-19 el primer quadrimestre l'any 2021. Cal tenir en compte, tal com s'ha esmentat anteriorment, que l' NO_2 està directament relacionat amb la contaminació produïda pel trànsit de vehicles.

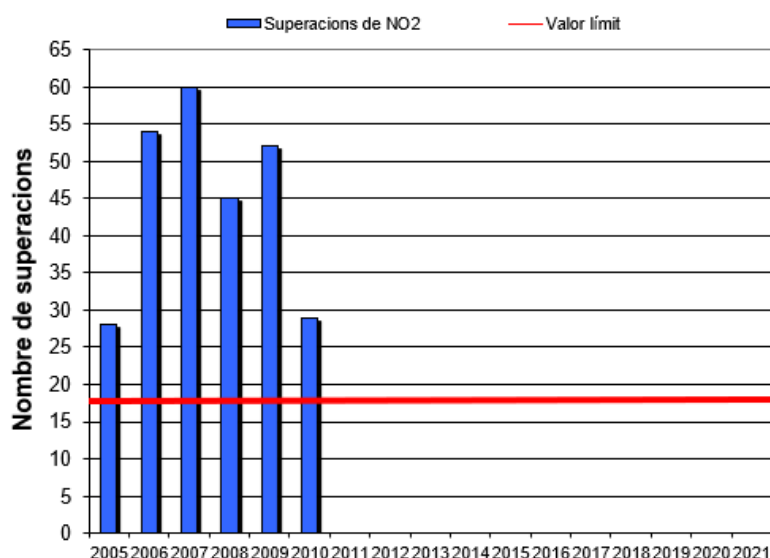
El valor mitjà de diòxid de nitrogen a l'estació 942 en el primer quadrimestre (del 1 de gener al 2 de maig) va ser de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mentre que el valor mitjà en els anys 2017, 2018 i 2019 en el mateix període va ser de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. El que ha suposat una disminució d'un 32%. Respecte l'any 2020, si es compara des de l'1 de gener fins al 13 de març (període pre-confinament) amb l'any 2021, les concentracions han estat de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivament. Per tant, els valors posen de manifest una disminució d'un 25% en comparació a l'any 2020 en el període pre-confinament.



El Reglament també estableix un límit per a la protecció de la vegetació de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per als òxids de nitrogen (NO_x). Tot i que el valor obtingut al 2021 ha estat de $46,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, cal tenir en compte que el resultat d' NO_x s'ha mesurat a l'estació de referència urbana, prop de les fonts d'emissió, i per tant no seria representatiu d'una zona periurbana on hi ha vegetació que s'ha de protegir.

Nombre de superacions horàries

La normativa fixa que, durant un any civil, no es poden superar més de 18 dies/any el valor de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de diòxid de nitrogen (NO_2) en una hora. L'any 2021 no s'ha enregistrat cap superació horària de diòxid de nitrogen.



Gràfic 4. Evolució del nombre de superacions del límit horari objectiu per al 2010 de 200 µg/m³ d'NO₂

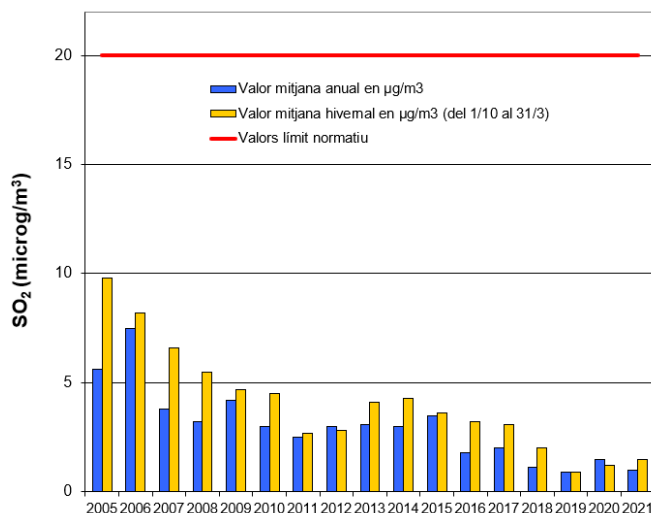
El Reglament també fixa un llindar d'alerta per al diòxid de nitrogen (NO₂) de 400 µg/m³, el qual no s'ha superat des de l'any 2005.

4.2.2. Diòxid de sofre (SO₂)

L'SO₂ resulta de la combustió de matèries fòssils. Les principals fonts al país són les unitats de calefacció individuals i col·lectives. En contacte amb la humitat de l'aire, l'SO₂ es transforma en àcid sulfúric i participa en el fenomen de les pluges àcides. L'SO₂ és una substància irritant de les mucoses, de la pell i de les vies respiratòries superiors.

Any	2021	Valor límit normatiu
Estació	Fixa	
Àrea geogràfica	Vall central	
Zona	Escaldes-Engordany	
Típus	Urbana	
Valor mitjana anual en µg/m ³	1,0	20
Valor mitjana hivernal en µg/m ³ (del 1/10 al 31/3)	1,5	
Nombre de superacions del llindar horari de 350 µg/m ³	0	24
Nombre de superacions del llindar diari de 125 µg/m ³	0	3
Nombre de superacions del llindar d'alerta de 500µg/m ³	0	

Taula 3. Resultats de l'SO₂ a l'estació fixa



Gràfic 5. Mitjana d'SO₂ els darrers anys

Les mitjanes anual i hivernal són molt inferiors al valor límit normatiu per a la protecció dels ecosistemes. No s'han ultrapassat mai els valors límit horari i diari per a la protecció de la salut humana (350 µg/m³ i 125 µg/m³, respectivament).

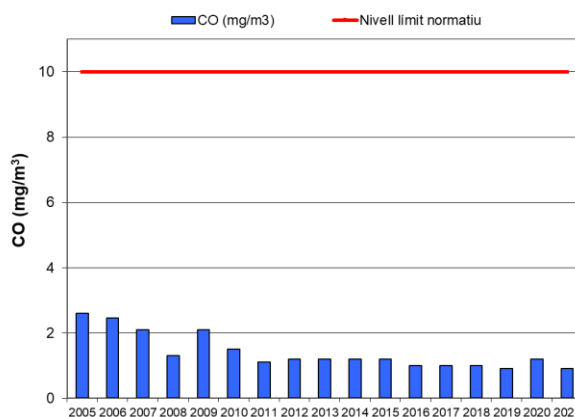
L'any 2021 el valor de la mitjana anual ha estat d'1 µg/m³, molt similar a la mitjana hivernal, que ha sigut d'1,5 µg/m³.

La mitjana anual ha estat lleugerament inferior respecte l'any anterior ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i la mitjana hivernal han estat lleugerament superior ($0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tot i així, la variació és mínima entre els anys, ja que les concentracions són molt baixes.

4.2.3. Monòxid de carboni (CO)

El CO es produeix durant la combustió incompleta de matèries orgàniques (gas, carbó, hidrocarburs, fusta). Les fonts principals en són el trànsit de vehicles i la mala combustió. A l'atmosfera es transforma en diòxid de carboni (CO_2) i contribueix a l'efecte d'hivernacle. El CO es fixa al lloc de l'oxigen en l'hemoglobina de la sang i provoca una manca d'oxigenació de l'organisme.

Any	2021	Valor límit normatiu
Estació	Fixa	
Àrea geogràfica	Vall central	
Zona	Escaldes-Engordany	
Tipus	Urbana	
Màxim de les mitjanes 8-horàries del dia en mg/m^3	0,9	10
Mitjana anual en mg/m^3	0,1	



Taula 4. Resultats del CO a l'estació fixa

Gràfic 6. Mitjana d'SO₂ els darrers anys

El valor màxim de les mitjanes octohoràries de $0,9 \text{ mg}/\text{m}^3$ és molt inferior al límit normatiu per a la protecció de la salut humana, que és de $10 \text{ mg}/\text{m}^3$. La mitjana anual és de $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$.

4.2.4. Partícules

Les partícules en suspensió lligades a l'activitat humana provenen majoritàriament de la combustió de matèries fòssils, del trànsit de vehicles (gasos d'escapament, desgasts...) i d'activitats industrials. També poden tenir un origen natural, com la sorra que prové del Sàhara i circula ocasionalment per gran part d'Europa. Segons la seva mida (granulometria), les partícules penetren amb més o menys profunditat en l'arbre pulmonar.

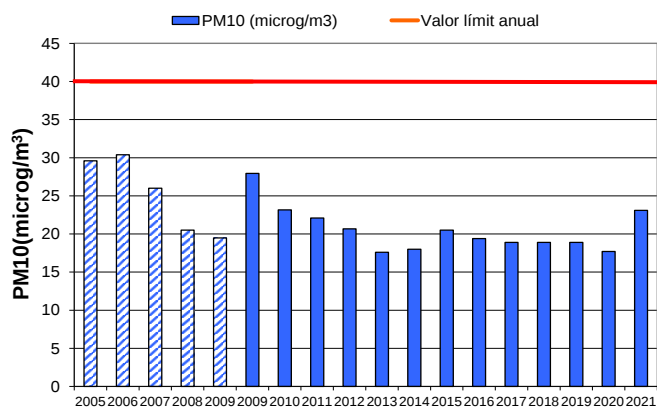
Les partícules, en funció del seu diàmetre, es classifiquen en PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$.

4.2.4.1. Partícules PM_{10}

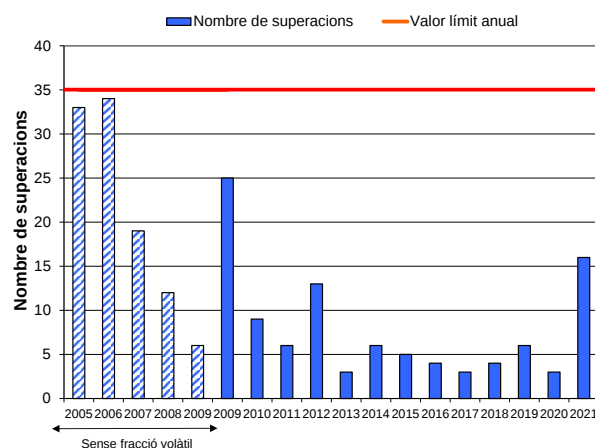
A continuació es mostren els resultats obtinguts segons el mètode de referència gravimètric.

PM10		
Any	2021	Valor límit normatiu
Estació	Fixa	
Àrea geogràfica	Vall central	
Zona	Escaldes-Engordany	
Tipus	Urbana	
Valor mitjana any civil en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23,1	40
Nombre de superacions del límit diari de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	16	35

Taula 5. Resultats de PM_{10} a l'estació fixa



Gràfic 7. Evolució de la mitjana anual de PM₁₀



Gràfic 8. Evolució del nombre de superacions diàries

Mitjana anual

Des de l'any 2005, els nivells de partícules PM₁₀ a la vall central se situen per sota del límit normatiu. Tot i així, per l'any 2021 s'observa el valor mitjà anual més elevat dels últims 11 anys. Aquest fet, tal com s'ha esmentat anteriorment, s'explica per l'increment d'episodis de Calima registrats durant l'any.

Nombre de superacions diàries de 50 µg/m³

Igual que la mitjana anual, des del 2005 el nombre de superacions s'ha situat per sota del límit normatiu de 35 superacions permeses, amb un valor de 16 superacions l'any 2021.

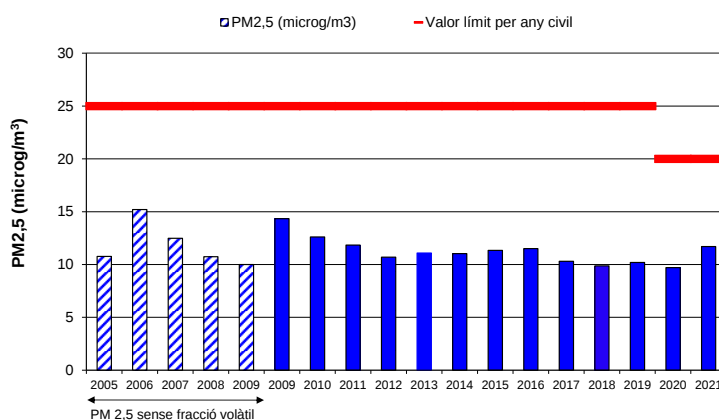
El nombre de superacions diàries s'ha vist fortament incrementat degut a l'augment d'episodis d'intrusió d'aire càlid carregat de partícules provinent del nord d'Àfrica que juntament amb la contaminació de fons provoquen aquests ultrapassaments. D'igual manera que per la mitjana anual, el valor de superacions és el més alt registrat dels últims 11 anys.

Durant l'any 2021, s'incompleix el valor guia diari establert per l'OMS que no pot superar els 45 µg/m³ més de 4 dies per any i que s'ha vist superat en 23 dies.

4.2.4.2. Partícules PM_{2,5}

Any	2021	Valor límit normatiu
Estació	Fixa	
Àrea geogràfica	Vall central	
Zona	Escaldes-Engordany	
Tipus	Urbana	
Valor mitjana any civil en µg/m³	11,7	20
Valor objectiu de reducció al 2022 any civil en µg/m³		11,9

Taula 6. Resultats de PM_{2,5} a l'estació fixa



Gràfic 10. Evolució de la mitjana anual de PM_{2,5}

Mitjana anual

Segons preveu la normativa, a partir de l'1 de gener del 2020 el valor límit anual per a la protecció de la salut humana aplicat és de 20 µg/m³ en comparació amb els 25 µg/m³ establerts pels anys anteriors.

Els nivells de partícules PM_{2,5} mesurats fins ara a la vall central se situen per sota del límit normatiu, és a dir, per sota del valor objectiu i del valor límit anual fixat pel 2010, el 2015 i el 2020. La mitjana de 11,7 µg/m³ per l'any 2021 reflecteix un lleuger augment d'aquest contaminant en relació amb els anys anteriors. Aquest fet es degut a l'increment dels episodis de Calima durant l'any.

En relació amb les recomanacions de l'OMS, s'incompleix el valor guia diari de 15 µg/m³ que no pot superar més de 4 dies per any i que s'ha vist superat 48 dies durant l'any 2021.

4.2.5. Ozó (O₃)

A l'estratosfera (entre 10 i 60 km d'altitud), l'O₃ constitueix un filtre natural que protegeix la vida terrestre de l'acció dels rajos ultraviolats durs. A la troposfera (entre 0 i 10 km d'altitud) l'O₃ és un contaminant anomenat *secundari*, ja que prové de la transformació química en l'atmosfera d'alguns contaminants anomenats *primaris* (en particular els NO_x i els COV) sota l'efecte dels rajos solars; per tant, les concentracions més importants d'O₃ es donen a l'estiu i poden recórrer grans distàncies. L'ozó té un efecte nefast sobre la vegetació i contribueix a l'efecte d'hivernacle. L'O₃ és un gas agressiu que penetra fàcilment fins a les vies respiratòries més fines. Provoca tos, alteracions pulmonars i irritacions oculars.

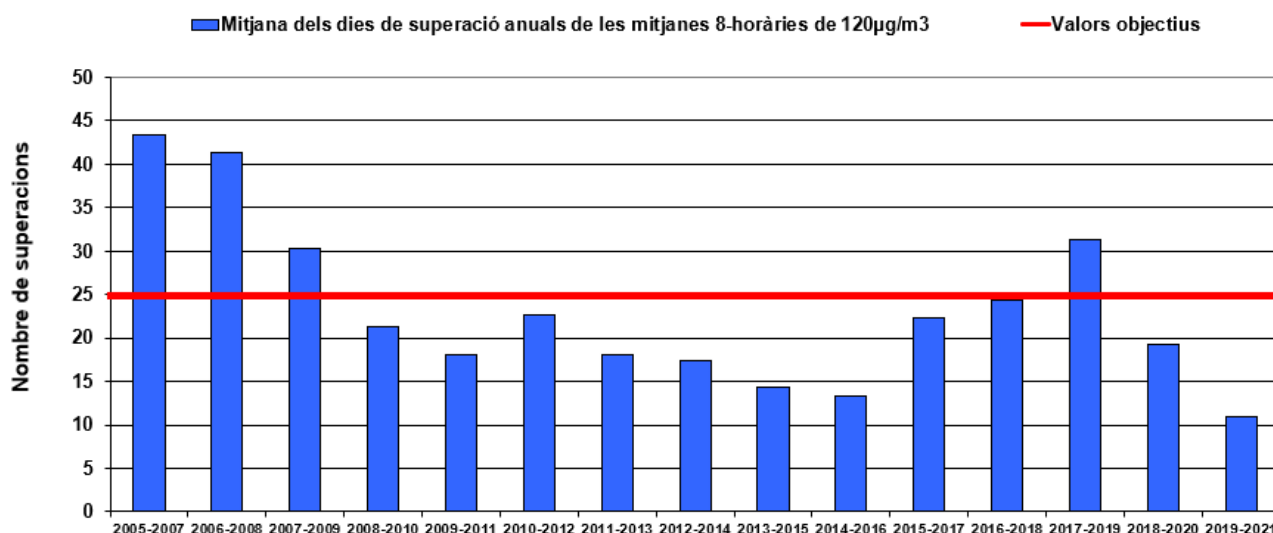
Any	2021	Valors objectius
Estació	Fixa	
Àrea geogràfica	Vall central	
Zona	Engolasters	
Tipus	Periurbana	
Màxim de les mitjanes 8-horàries (µg/m ³)	133	
Nombre de dies de superacions de les mitjanes 8-horàries de 120 µg/m ³ . Mitjana calculada sobre 3 anys. Període 2019 - 2021	11	25
Valor AOT 40 (µg/m ³ .h). Mitjana calculada sobre 5 anys. Període 2017 - 2021	17.633	18.000
Nombre de superacions del llindar d'informació de 180 µg/m ³	0	
Nombre de superacions del llindar d'alerta de 240 µg/m ³	0	

Taula 7. Resultats d'O₃ a l'estació fixa

Des de l'any 2005, s'han enregistrat superacions del llindar d'informació a l'estació de referència periurbana de la vall central, situada a Engolasters, l'any 2006, l'any 2017 i l'any 2018, i no s'ha enregistrat mai cap superació del llindar d'alerta.

El valor objectiu per a la protecció de la salut humana estableix que el màxim de les mitjanes octohoràries del dia no pot superar el valor de 120 µg/m³ més de 25 dies per any civil sobre un període de tres anys.

El valor per al trienni 2019-2021 és de 11 dies i, per tant no se supera el valor màxim de 25 dies.

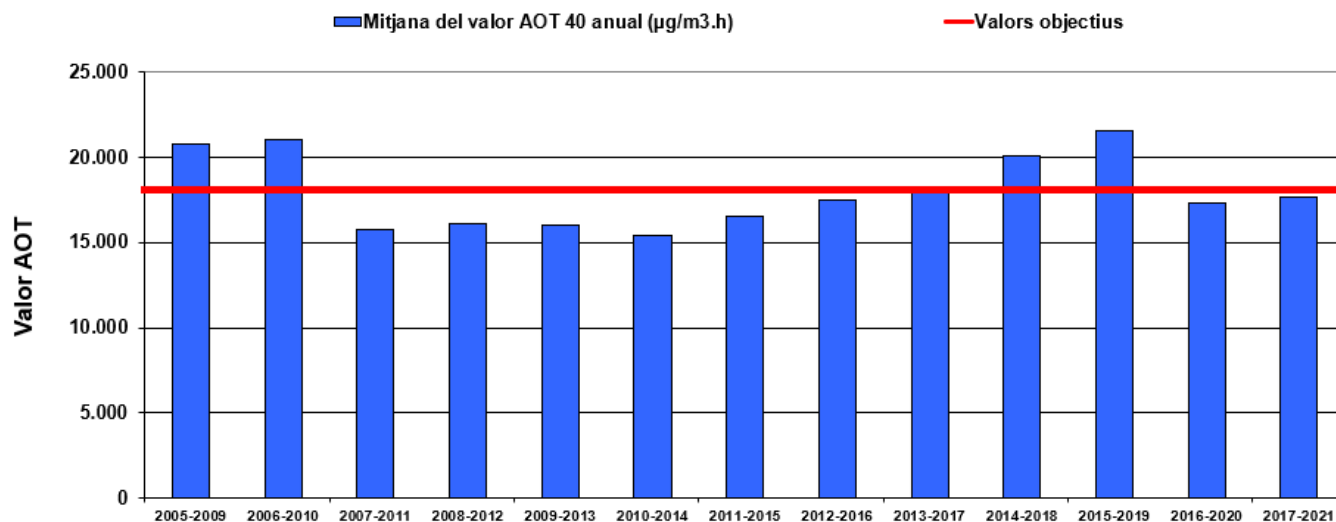


Gràfic 11. Evolució històrica del nombre de dies de superacions de 120 µg/m³.

El valor màxim octohorari registrat aquest any 2021 és de 133 µg/m³, i es va registrar el dia 23 de juliol. Aquest valor és superior al valor màxim de l'any 2020 (113 µg/m³).

L'OMS estableix un valor màxim de 100 µg/m³ en mitjana octohorària que no es pot superar més de 4 dies l'any; per tant, aquest any 2021 s'ha incomplert aquest valor en 71 ocasions.

El valor objectiu de l'indicador establert al Reglament, l'AOT40² de protecció de la vegetació, correspon a la mitjana d'un període de cinc anys. Al 2021 es disposa de la tretzena sèrie completa de mitjana sobre 5 anys, que ha proporcionat un valor de l'AOT40 de 17.633. Aquest valor compleix el límit normatiu de 18.000.



Gràfic 12. Evolució històrica dels valors de l'AOT40

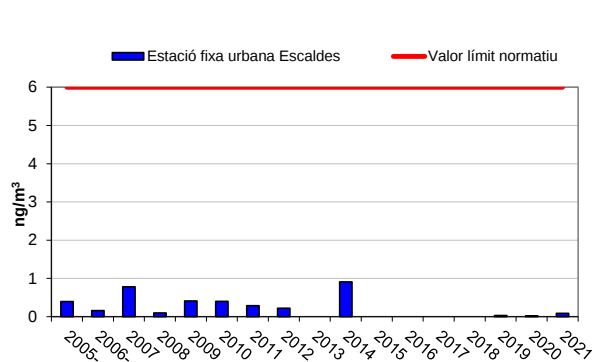
² AOT40 significa la suma de la diferència entre les concentracions horàries superiors a 80 µg/m³ i 80 µg/m³ durant un període donat, utilitzant únicament els valors horaris mesurats quotidianament entre les 8:00 h i 20:00 h.

4.2.6. Metalls en suspensió

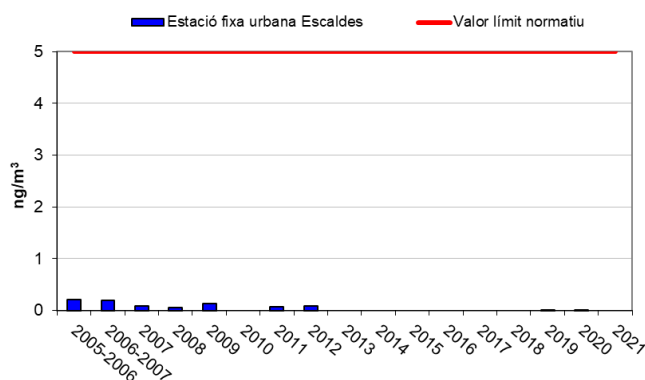
Els metalls provenen de la combustió del carbó, del petroli o dels residus sòlids urbans i d'alguns procediments industrials particulars. Es retroben generalment al nivell de les partícules (excepte el mercuri, que és principalment gasós). El consum generalitzat de la gasolina sense plom ha provocat una disminució considerable d'aquest contaminant a l'aire.

Els metalls contaminen els sòls i els aliments, s'acumulen en els éssers vius i pertorben els equilibris i els mecanismes biològics. Alguns líquens o molses s'utilitzen per vigilar els metalls en el medi ambient i serveixen de bioindicadors. Els metalls s'acumulen en l'organisme i provoquen efectes tòxics a curt i a llarg termini. Poden afectar el sistema nerviós i les funcions renals, hepàtiques, respiratòries o d'altres.

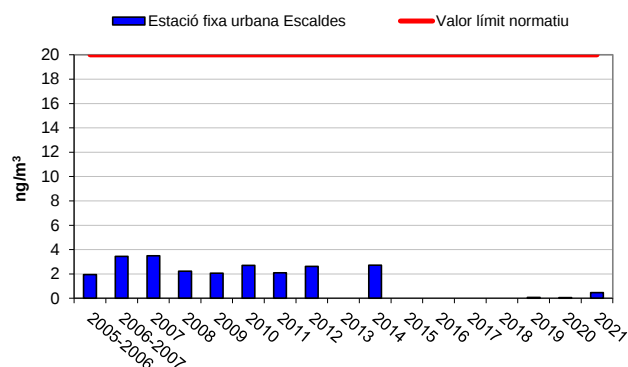
Els nivells d'immissió dels metalls en suspensió en la fracció PM₁₀ del material particulat s'obtenen amb la mesura d'un captador de baix volum que forma part de la xarxa manual de vigilància de la qualitat de l'aire, ubicat a l'estació fixa de referència urbana d'Escaldes-Engordany. Aquest captador mesura en continu les PM₁₀, d'aquests filtres s'analitzen els metalls durant quatre campanyes l'any, i cada campanya té una durada de 14 dies. Els filtres diaris exposats durant dos setmanes han estat fusionats per analitzar-ne el contingut dels metalls reglamentats: arsènic (As), cadmi (Cd), níquel (Ni) i plom (Pb). L'evolució d'aquests pol·luents mesurats en els darrers anys es recull en els gràfics següents:



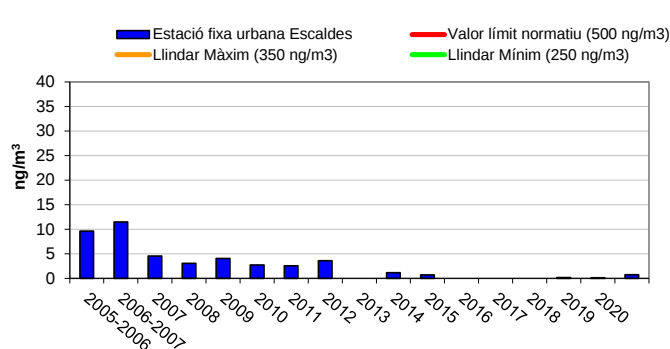
Gràfic 13. Evolució de l'arsènic (període 2005-2021)



Gràfic 14. Evolució del cadmi (període 2005-2021)



Gràfic 15. Evolució del níquel (període 2005-2021)



Gràfic 16. Evolució del plom (període 2005-2021)

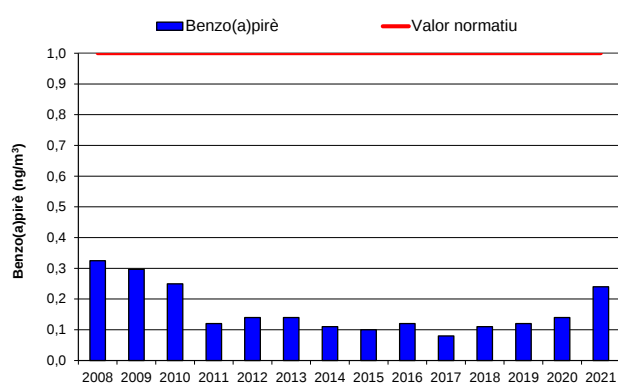
A partir de l'any 2019, i donades les baixes concentracions detectades els anys anteriors, les campanyes de metalls passen a ser de 14 dies en lloc de campanyes setmanals, i consegüentment s'han adaptat els límits de detecció.

Tal com es pot observar en els gràfics, les concentracions de metalls en suspensió es troben molt inferiors al límit fixat per la normativa vigent. Per tant, avui dia no tenen cap repercussió pel que fa a la qualitat de l'aire.

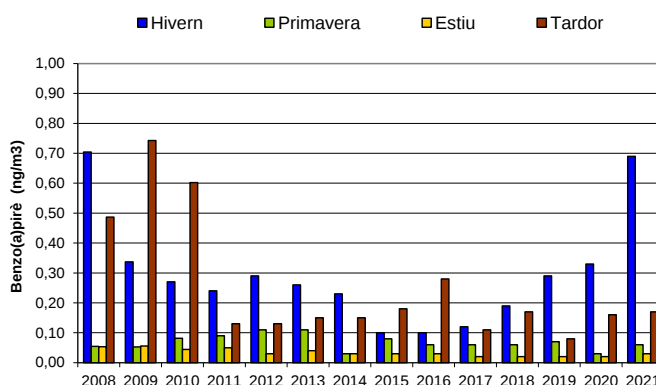
4.2.7. Hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP): benzo(a)pirè

Els hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP) es mesuren amb un captador de partícules de baix volum situat a l'interior de l'estació fixa de referència urbana de la vall central. S'han dut a terme quatre campanyes estacionals de 14 dies consecutius de mostreig amb filtres diaris i s'han respectat les condicions de més del 14% del temps de mesura anual.

L'hidrocarbur aromàtic policíclic que està reglamentat per la normativa és el benzo[a]pirè. El valor objectiu per a la protecció de la salut humana és d'1 ng/m³ anual (mitjana calculada sobre l'any civil a partir del contingut total de la fracció PM₁₀). El valor anual obtingut el 2021 ha estat de 0,24 ng/m³.



Gràfic 17. Evolució del benzo(a)pirè. Anys 2008 a 2021



Gràfic 18. Evolució estacional del benzo(a)pirè

El valor anual obtingut és molt inferior a l'establert per la normativa vigent. La tendència és que a l'estiu es troben els valors més baixos i a l'hivern els més elevats. Durant l'any 2021 s'han registrat uns valors de 0,03 ng/m³ i 0,69 ng/m³ respectivament.

Els HAP es troben en concentracions molt inferiors els mesos en què les temperatures són més elevades a causa d'una sèrie de factors com poden ser les següents:

- S'ha reduït l'ús de les calefaccions domèstiques i el trànsit rodat.
- A l'estiu hi ha una degradació més gran dels HAP.
- Amb les temperatures elevades els HAP es volatilitzen.
- A l'hivern les condicions atmosfèriques són més estables i això fa que hi hagi menys dispersió dels contaminants.

4.3. RESULTATS DE LA XARXA MANUAL

Els resultats de diòxid de nitrogen (NO₂) obtinguts mitjançant la xarxa manual perenne de mostrejadors passius complementen els de les estacions automàtiques i permeten localitzar geogràficament les variacions de les concentracions segons el tipus de mesurament (periurbà, urbà i trànsit).

4.3.1. Períodes de mesura

L'estratègia de les mesures de mostrejadors passius de NO₂ s'ha vist modificada en quant al nombre de punts de mesura per any. Anteriorment les campanyes eren d'aproximadament 55 punts de mesura. Actualment, s'ha establert fer una reducció dels punts de mesura a 18, no obstant cada 3 anys es realitzarà una campanya ampliada amb una cinquantena de punts de mesura.

L'any 2021 s'han dut a terme quatre campanyes d'un mes cadascuna en 18 punts de mesura. Les campanyes fetes de mitjans de juny a mitjans d'agost són representatives de temporada baixa i les dels mesos de novembre i desembre són representatives de temporada alta.

La xarxa de mostrejadors passius permet conèixer la concentració d'NO₂ a les diferents parròquies del país. Aquesta informació complementa el registre de l'estació de referència urbana incorporant-hi dades de l'àmbit urbà i de proximitat al trànsit. Els punts de mesura en l'àmbit periurbà només es realitzaran per les campanyes triennals atès que, els resultats estant molt per sota del límit que estableix la normativa vigent de 40 µg/m³.

Les mesures es prenen en diferents dies segons les quatre zones següents:

- Oriental: mitjana dels valors de les parròquies de Canillo, nucli d'Encamp i nucli del Pas de la Casa
- Nord: mitjana dels valors de les parròquies d'Ordino i la Massana
- Central: mitjana dels valors de les parròquies d'Andorra la Vella i Escaldes-Engordany
- Sud: mitjana dels valors de la parròquia de Sant Julià de Lòria

	Zones	Períodes de mesura
CAMPANYA 1	Central	22/06/2021 al 20/07/2021
	Nord, Sud i Oriental	23/06/2021 al 21/07/2021
CAMPANYA 2	Central	20/07/2021 al 17/08/2021
	Nord, Sud i Oriental	21/07/2021 al 18/08/2021
CAMPANYA 3	Central	02/11/2021 al 30/11/2021
	Nord, Sud i Oriental	03/11/2021 al 01/12/2021
CAMPANYA 4	Central	30/11/2021 al 28/12/2021
	Nord, Sud i Oriental	01/12/2021 al 29/12/2021

4.3.2. Síntesi de les concentracions mitjanes anuals per tipologia

	Concentracions mitjanes anuals 2021 de NO ₂ (µg/m ³) Síntesi per tipologia		
	Mitjana	Mínim	Màxim
Proximitat trànsit (7 punts)	47,2	38,7	70,1
Urbà (11 punts)	27,9	14,23	59,7

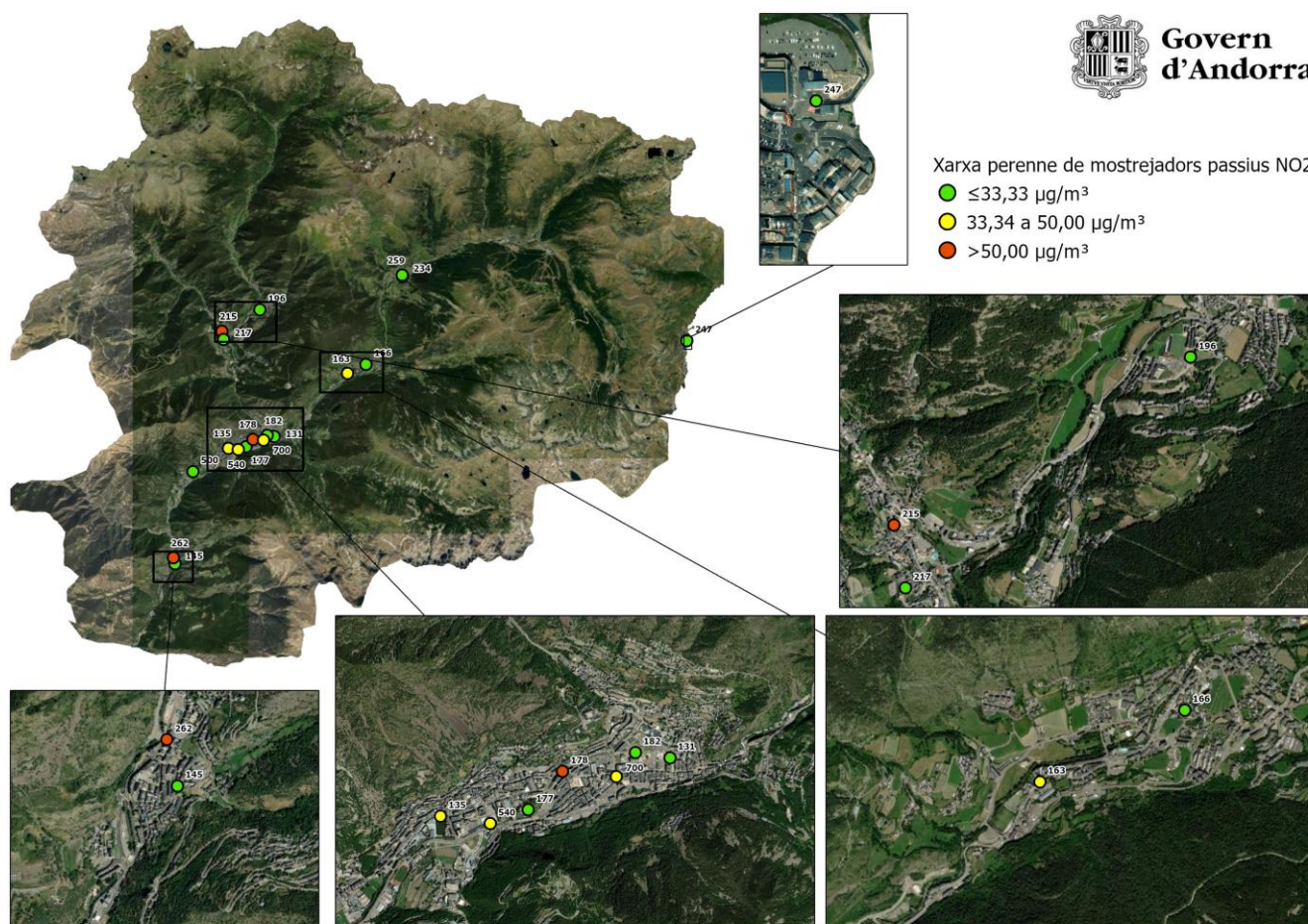
Les concentracions d'NO₂ són més elevades a prop del trànsit, ja que és la font majoritària de les emissions d'aquest contaminant.

Cal recordar que el valor límit anual per a la protecció de la salut humana és de 40 µg/m³.

La metodologia emprada comporta una incertesa del +/-20% que s'ha de tenir en compte en el moment d'analitzar els resultats dels gràfics.

Es presenten els resultats dels punts mostrejats distribuïts en tres franges de concentracions d'NO₂ que integren la incertesa associada a la metodologia de mostreig:

Concentracions de NO ₂ (µg/m ³)	Percentatge d'estacions de mesura per franja
0 - 33,33	55,60%
33,34 - 50	27,80%
> 50	16,70%



Imatge 2. Repartició geogràfica de les concentracions d'NO₂ del país

Les concentracions més elevades d'NO₂ es troben en els punts situats a prop del trànsit rodat o bé en zones on la configuració no permet una bona dispersió dels contaminants.

Les parròquies de Canillo (32 µg/m³), d'Encamp (nucli d'Encamp, 30 µg/m³, i Pas de la Casa, 14 µg/m³) i d'Ordino (24 µg/m³) presenten uns nivells globals inferiors al valor normatiu.

Pel que fa a les estacions properes al trànsit, les parròquies de Canillo, d'Encamp i d'Andorra la Vella presenten uns nivells al voltant del límit normatiu.

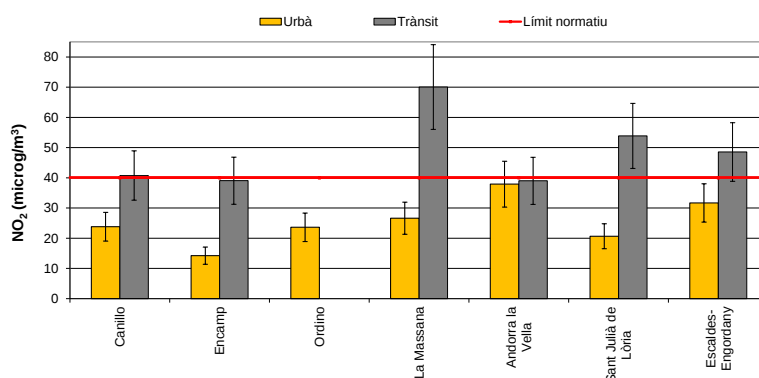
Les parròquies de Sant Julià de Lòria (37 µg/m³) i d'Escaldes-Engordany (37 µg/m³) presenten un valor global al voltant del límit normatiu anual de 40 µg/m³, però les estacions properes al trànsit superen el valor normatiu.

La parròquia de La Massana supera el límit normatiu tant a nivell global ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) com a proximitat del trànsit ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Al gràfic 19 es presenten els nivells anuals d' NO_2 per parròquia segons el tipus d'estació de mesurament (urbà i de trànsit).

En el conjunt de les estacions manuals urbanes, en la parròquia d'Andorra la Vella s'enregistren nivells al voltant del límit normatiu, mentre que a la resta de parròquies els nivells són inferiors. El valor global en zona urbana per a tot el país és de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

S'incompleixen els valors a les estacions properes al trànsit seguint el criteri zonal establert al país. El valor global en zona de trànsit per a tot el país és de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Gràfic 19. Representació dels nivells de NO_2 de les zones urbanes i de proximitat al trànsit per parròquia

De la mitjana global de les mesures efectuades tant en zona urbana com de trànsit en l'àmbit parroquial, s'observa que les parròquies d'Andorra la Vella, de Sant Julià de Lòria i d'Escaldes-Engordany tenen nivells globals al voltant normatiu de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre que la parròquia de la Massana supera aquest límit normatiu.

6. COMPORTAMENTS DELS CONTAMINANTS

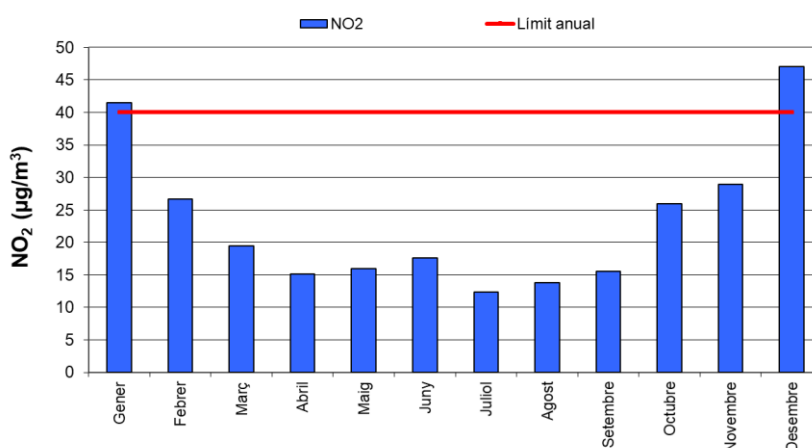
A efectes informatius, es fa una anàlisi general del comportament de diversos contaminants:

COMPORTAMENT ESTACIONAL

Casos de l' NO_2 , l' SO_2 i el CO

Es constata que durant els mesos de tardor i hivern els nivells són superiors en relació a la resta d'estacions de l'any.

Per a l' NO_2 el nivell d'immissió durant els mesos de gener i desembre supera el límit normatiu, ateses les condicions d'estabilitat atmosfèrica i l'augment de les emissions a causa de les calefaccions.



Gràfic 22. Evolució estacional de l' NO_2 a l'estació de referència urbana (any 2021).

Cas de les partícules en suspensió PM₁₀ i PM_{2,5}

No responen a un comportament típicament estacional.

Cas de l'O₃

Té un caràcter molt estacional centrat a la primavera i a l'estiu a causa de les condicions meteorològiques favorables a la seva formació.

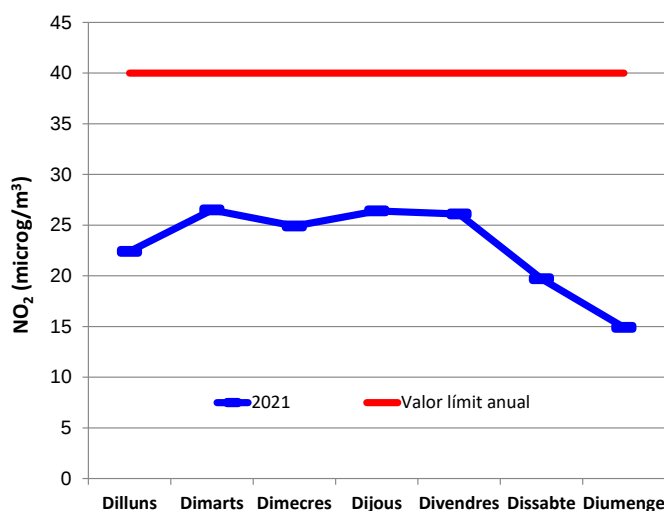
COMPORTAMENT SETMANAL

Casos de l'NO₂, l'SO₂, el CO i les PM

La disminució dels nivells d'immissió dels contaminants primaris durant el cap de setmana és significativa. La circulació de vehicles particulars i de repartiment de mercaderies es manté alta i constant durant la majoria de dies laborables d'un exercici. La contribució de les emissions degudes al trànsit corresponents als caps de setmana és inferior i desigual al llarg de tot l'any.

Cas de l'O₃

No s'aprecia una variació significativa entre els dies laborables i els caps de setmana.



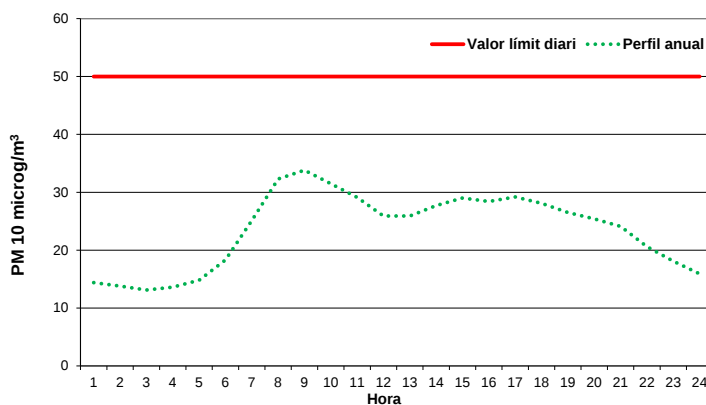
Gràfic 23. Perfil setmanal de l'NO₂ a la vall central

COMPORTAMENT DIARI

Casos de l'NO₂, l'SO₂, el CO i les PM₁₀

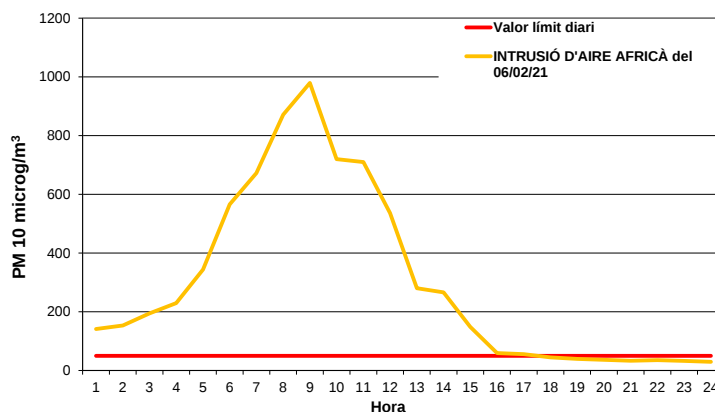
El perfil anual de PM₁₀ correspon a la mitjana de tots els mesuraments diaris del 2021 i confirma el comportament diari esperat per a un contaminant primari (línia discontinua).

Diàriament es registra, durant el matí, un primer màxim de contaminació; al migdia, un mínim; un segon màxim menys important a la tarda, i a la nit s'enregistren els nivells més baixos, a causa del ritme feble de l'activitat humana.



Gràfic 24. Perfil diari de partícules PM₁₀ a la vall central

En el gràfic 25 es presenta una situació d'intrusió de pols en suspensió provinent del nord d'Àfrica corresponent al dia 6 de febrer del 2021. Durant aquest episodi, a les 10 h del matí es va registrar el valor més alt mai vist, de 979 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des de l'any 2005.

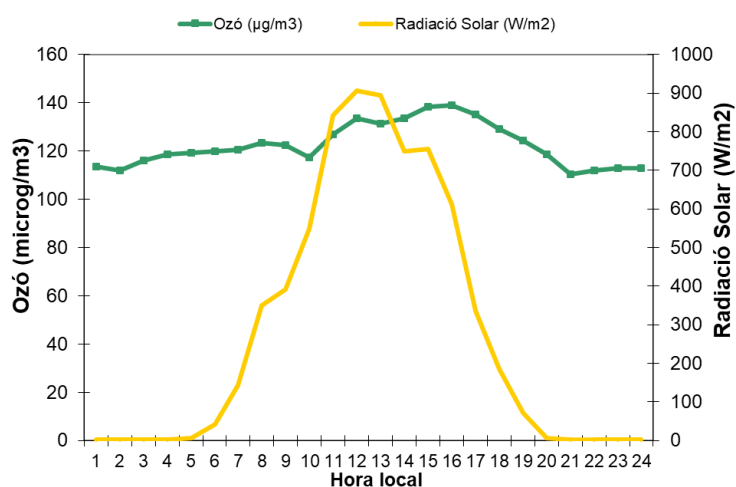


Gràfic 25. Perfil de partícules PM_{10} del dia 06/02/2022 a la vall central

Cas de l'O₃

L'ozó és un contaminant secundari que prové de la transformació química en l'atmosfera d'alguns contaminants primaris (en particular els NO_x i els COV) sota l'efecte dels rajos solars.

Per tant, cada dia se n'incrementen progressivament els nivells fins a assolir generalment els valors més importants durant la tarda i el vespre en les zones periurbanes.



Gràfic 26. Perfil diari de l'ozó en el periurbà de la vall central (23/07/2021)

7. CONCLUSIÓ

Dels resultats dels mesuraments per a l'any 2021 a les estacions fixes de referència urbana i periurbana, representatives dels nivells de fons de la vall central, i dels mostrejadors passius de diòxid de nitrogen de la xarxa manual perenne de tot el territori, es conclou el següent:

a) Es compleixen els valors límit reglamentaris dels contaminants següents:

- El diòxid de nitrogen (NO₂) pel valor límit anual i pel nombre de superacions del límit horari a la vall central, en les zones periurbanes i generalment en les zones urbanes.
- El diòxid de sofre (SO₂).
- El monòxid de carboni (CO).
- Les partícules inferiors a 10 micres (PM₁₀).
- Les partícules inferiors a 2,5 micres (PM_{2,5}).
- L'ozó (O₃) pel llindar d'informació a la població i pel llindar d'alerta a la població.
- L'ozó (O₃) pel valor objectiu anual per a la protecció de la salut humana i pel valor objectiu per a la protecció de la vegetació.

b) S'incompleixen els valors límits reglamentaris dels contaminants següents:

- El diòxid de nitrogen (NO_2) pel valor límit anual en zones properes al trànsit.
- Els òxids de nitrogen (NO_x) pel valor límit anual per a la protecció de la vegetació.

Entre els anys 2005 i 2021, l'any 2006 va ser el més desfavorable pel que fa a l'estat de la qualitat de l'aire d'Andorra. Des del 2006, els nivells de contaminació han davallat significativament fins a estabilitzar-se en els darrers anys. L'any 2019, es va adaptar l'IQA als criteris europeus i es va fer més restrictiu. Tot i això, l'any 2021 la qualitat de l'aire ha estat excel·lent o bona durant un 84% del temps, ha estat regular durant un 11% del temps i deficient o dolenta durant un 5%. Cal destacar, però, que el 2021 s'ha registrat el valor mitjà anual més baix de diòxid de nitrogen (NO_2) des de l'any 2005 degut a les restriccions de mobilitat entre els països veïns per la COVID-19 durant el primer quadrimestre de l'any. Remarcar també, que dels últims tretze anys ha estat l'any amb l'índex de qualitat deficient i dolenta més elevat causat per l'augment d'episodis d'intrusió d'aire provinents del nord d'Àfrica.