Cleanair@schools: Projecte de ciència ciutadana a escoles de Girona - any 2019

Cleanair@schools: Projecte de ciència ciutadana a escoles de Girona - any 2019

Cleanair@schools: Projecte de ciència ciutadana a escoles de Girona - any 2019

Jaume Targa, Lorena Banyuls i Anna Ripoll

4sfera Innova SLU
B55061873
www.4sfera.com

Oficina Girona
C/Maluquer Salvador 2, 6e 1a
Girona - CP 17002
Tel.: +34 679380101

Oficina Barcelona
C/Sants 125, 4t 3a
Barcelona - CP 08028
Tel.: +34 635874181

Projecte AD02902
Restringit-comercial

L'objectiu d'aquest informe és presentar els resultats de qualitat de l'aire del projecte de ciència ciutadana "Cleanair@School", portat a terme a la ciutat de Girona l'any 2019.

Cleanair@School és una iniciativa que pretén millorar el coneixement dels alumnes sobre la seva exposició a un contaminant atmosfèric clau com és el diòxid de nitrogen (NO_2). Això es porta a terme mitjançant campanyes de ciència ciutadana al voltant de les escoles a diferents països d'Europa. Els nens i nenes de les escoles participants aprenen sobre la contaminació de l'aire i els seus efectes per a la salut. A més a més, tant professors, alumnes com pares veuen com el trànsit afecta la qualitat de l'aire que respiren. Finalment la qüestió clau és si amb aquests coneixements els pares canvien algunes pautes de conducta relacionades, sobretot, amb la mobilitat (deixen de portar els seus fills a l'escola amb cotxe, van a treballar amb transport públic, ...).

El projecte s'ha executat amb l'ajut del Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) i l'Ajuntament de Girona, a 9 centres educatius distribuïts per diferents barris de la ciutat. D'aquesta manera s'ha obtingut una bona cobertura espacial amb dades de qualitat de l'aire de quasi tota la ciutat. Els 9 centres educatius inclosos en l'estudi són:

- Escola Bosc de la Pabordia
- Escola Domeny
- Escola FEDAC Pont Major
- Escola Dr. Masmitjà
- Escola Migdia
- Escola Pla de Girona
- Institut La Salle Girona
- Escola Sta. Eugènia
- Escola Vedruna

El projecte ha involucrat 9 centres educatius i més de 300 alumnes de la ciutat en la preparació i selecció dels punts de mesura. L'activitat de col.locació i retirada dels sensors de qualitat de l'aire ha estat realitzada pels alumnes de cicle mitjà i cicle superior de primària, amb l'ajuda dels professors de cada centre, i en algun cas, amb la col.laboració dels pares. Els resultats presentats en aquest informe seran utilitzat pels

centres educatius per treballar el tema de la contaminació de l'aire i possibles canvis d'hàbits durant el curs escolar.

A nivell de qualitat de l'aire, els resultats obtinguts indiquen que les concentracions de NO_2 a la ciutat de Girona oscil.len entre 10.8 i 61 ug/m^3, amb una mitjana de 29 ug/m^3.

Concretament, el fons urbà de la ciutat varia entre 13.1 ug/m^3 i 38.7 ug/m^3, amb una mitjana de 24.2 ug/m^3. Per tant tots els punts de fons són inferiors al valor límit de 40 ug/m^3. Aquests nivells tendeixen a ser representatius de zones més amplies on està exposada més població que no els punts de trànsit. Els nivells de fons estan amb concordança amb els nivells de fons d'altres ciutats pròximes a Girona.

Les concentracions més altes de NO_2 s'han registrat en els punts de més trànsit, com era d'esperar. En particular, les concentracions en les zones de trànsit oscil.len entre 14.6 ug/m^3 i 61 ug/m^3 amb una mitjana de 32. Només 22 punts de 129 presenten concentracions superiors a 40 ug/m^3. Els punts amb nivells més alts són deguts a l'elevada quantitat de vehicles motoritzats que hi circulen i a la poca dispersió dels contaminants a causa de la orografia urbana.

Tot i així, l'impacte als nivells de qualitat de l'aire als interiors de les aules és menor. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula de totes les escoles estudiades oscil.len entre 10.8 ug/m^3 i 29.9 ug/m^3, amb una mitjana de 20.3 ug/m^3.

La variació de concentracions de NO_2 a l'entorn dels centres educatius varia entre els diferents centres, depenent de la seva ubicació, proximitat a vies principals i distribució dels edificis dins el recinte escolar.

La millora de la qualitat de l'aire en zones urbanes, i concretament al voltant de les escoles, és un tema complexa però important. En els últims anys, arreu d'Europa diferents actuacions s'han portat i s'estan portant a terme per millorar la qualitat d'aquestes zones sensibles. Segons els resultats obtinguts en aquest estudi es recomanen els següents punts relacionats amb la millora de la qualitat de l'aire a nivell municipal:

- Seguiment més exhaustiu dels centre educatiu amb nivells mitjans-elevats (incorporant estudis d'exposició)

- Seguiment d'altres receptors sensible com ara centres de la gent gran.
- Elaboració de Plans Espacials per fer el seguiment de les escoles més problemàtiques.
- Estudiar millores en el trànsit de les zones amb nivells elevats i fer carrers amb prioritat per als vianants (concretament al voltant de les escoles).
- Pla de qualitat de l'aire municipal, incorporant la qualitat de l'aire dins la política municipal (sobretot en el Pla de Mobilitat).
- Continuar treballant amb eines per reduir les emissions.
- Modelar la qualitat de l'aire a la ciutat de Girona.

1 Introducció

El Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) ha encarregat l'execució d'un projecte de Ciència Ciutadana per millorar el coneixement sobre la contaminació de l'aire i els seus efectes per a la salut a les escoles de la ciutat de Girona.

Cleanair@School és un projecte sobre la qualitat de l'aire al voltant de les escoles. Aquest projecte està coordinat per l'Agència Europea del Medi Ambient i desenvolupat per la xarxa Europea d'Agències de Protecció Ambiental (EPAs). Hi participen els següents països: Bèlgica, Suècia, Irlanda, Malta, Estònia, Holanda, Espanya, Escòcia, Gal.les i Itàlia.

La realització de les mesures de la qualitat de l'aire es porta a terme mitjançant la participació ciutadana (alumnes, professors, pares i mares, ...) amb el suport de les EPAs corresponents a cada país que voluntàriament s'han adherit al projecte. Les EPAs proporcionen un protocol harmonitzat per a la realització de les mesures i una estratègia comuna pel processament, l'anàlisi i la comunicació pública de les dades obtingudes.

1.1 Objectius

Els objectius d'aquest projecte són:

- Sensibilitzar la ciutadania sobre la qualitat de l'aire i veure si amb els coneixements adquirits canvien algunes pautes de conducta relacionades, sobretot, amb la mobilitat.
- A nivell més tècnic, aquesta iniciativa també vol valorar si les dades recollides per la ciutadania poden complementar les mesures "oficials" de qualitat de l'aire per proporcionar un millor coneixement i comprensió de la qualitat de l'aire local
- Donar suport a la comprovació de l'aptitud de la informació i seguiment de la Comissió Europea: Acció 8: "Impulsar un ús més ampli de la ciència ciutadana per complementar la informació ambiental"

La qualitat de l'aire s'ha mesurat utilitzant dosímetres passius de NO_2 del tipus Palmes. Aquests dosímetres s'han utilitzat extensivament al Regne Unit i en altres campanyes a Catalunya i Espanya.

2 La contaminació atmosfèrica

La contaminació de l'aire és un problema global amb conseqüències locals, ja que afecta la salut de les persones i els ecosistemes. Les accions efectives per reduir la contaminació atmosfèrica, i per tant el seu impacte, requereixen un bon coneixement de les seves causes: quines són les principals fonts de contaminació, i com es transporten i transformen els contaminants a l'atmosfera. A més a més, la col.laboració i coordinació d'accions a nivell internacional, nacional i local és fonamental per tal de disminuir la contaminació de l'aire. Després del canvi climàtic, la contaminació atmosfèrica és la preocupació més gran que tenen els europeus en matèria de medi ambient (EuropeanCommission, 2017).

En els últims anys la majoria de la població europea que viu en zones urbanes ha estat respirant aire contaminat, que incompleix els valors de referència recomanats per la directiva de la Unió Europea (UE) i per l'Organització Mundial de la Salut (OMS) (EuropeanEnvironmentAgency, 2018). S'estima que l'exposició a una mala qualitat de l'aire causa al voltant de 400.000 morts prematures a l'any a Europa (GBD 2016 Risk Factors Collaborators, 2017; HEI, 2018; Lim, 2012; WHO, 2014, 2016). A més a més, l'exposició a curt i llarg termini de nens i adults a la contaminació atmosfèrica pot reduir la capacitat pulmonar, provocar infeccions respiratòries, i agreujar l'asma, entre altres malalties. També s'ha observat que l'exposició de dones embarassades a una mala qualitat de l'aire afecta el desenvolupament dels fetus (WHO, 2005, 2013).

Segons l'informe anual de la qualitat de l'aire a Catalunya realitzat pel departament de territori i sostenibilitat mitjançant les dades oficials registrades en les estacions de referència (GeneralitatDeCatalunya, 2018), els contaminants més problemàtics a Catalunya durant el 2018 van ser el diòxid de nitrogen (NO_2), l'ozó troposfèric (O_3), el sulfur d'hidrogen (H_2S), i el clorur d'hidrogen (HCl).

2.1 El diòxid de nitrogen (NO_2)

El diòxid de nitrogen és un gas format per dos àtoms d'oxigen i un de nitrogen. És de color marronós i té una olor forta. És un dels elements que forma el boirum fotoquímic i precursor de l'àcid nítric, que és un dels constituents de la pluja àcida, a més a

més és precursor de partícules secundàries. La principal font d'emissió del NO_2 és la combustió, tant l'antropogènica, derivada del transport (terrestre, aeri i/o marítim) i la industria, com la natural, procedent de la crema de biomassa i/o altres processos naturals (volcans, ...). La quantitat de NO_2 emesa depèn de les condicions de la combustió i de la quantitat de combustible cremat. En concentracions superiors a 200 ug/m^3 (valor límit horari segons la normativa europea) el NO_2 provoca una inflamació significativa de les vies respiratòries. Estudis epidemiològics mostren que una exposició prolongada a concentracions elevades de NO_2 augmenta els símptomes de bronquitis en nens asmàtics i una reducció de la funció pulmonar de la població sana.

3 Legislació de referència per avaluar la qualitat de l'aire

L'objectiu de la legislació en matèria de contaminació atmosfèrica és preservar la qualitat de l'aire a fi d'evitar, prevenir o reduir els potencials efectes nocius que la presència de determinats compostos a l'aire pugui ocasionar en la salut humana i el medi ambient en el seu conjunt (www.gencat.net/mediamb). Per assolir aquesta finalitat la legislació estableix els instruments necessaris per:

- Limitar les emissions a l'atmosfera d'agents contaminants.
- Definir i establir uns valors de referència per als nivells de contaminació a l'aire ambient (nivells d'immissió).

Per fer la valoració de l'estat de la qualitat de l'aire, es comparen els valors mesurats en el territori amb uns nivells de referència que estableix la legislació.

3.1 Legislació Europea

A causa de les conseqüències per a la salut humana i el medi ambient que la contaminació atmosfèrica provoca, s'ha creat una legislació específica pels contaminants més importants. La Unió Europea ha introduït diverses directives per establir nivells estàndards i objectius per anys futurs. Les concentracions de diòxid de nitrogen (NO_2) a l'aire ha estat regulada a Europa des de l'any 1995 amb la Directiva 85/203 i amb la Directiva Filla 1999/30 des del gener de 2000. Actualment, l'avaluació de la qualitat de l'aire es fa d'acord amb la legislació vigent (Directiva 2008/50/CE), Els estats membres han hagut d'adoptar aquestes directives per tal de prevenir els efectes coneguts per a la salut i el medi ambient anteriorment esmentats. A l'estat Espanyol, aquesta la Directiva 2008/50/CE ha sigut transposada amb el Reial Decret 102/2011.

Aquestes lleis tenen com a objectiu establir estàndards a que cada estat hauria d'arribar per tal de protegir les persones dels efectes del diòxid de nitrogen i contribuir a la protecció del medi ambient a llarg termini. La UE requereix mètodes precisos i acurats per mesurar les immissions de NO_2 per tots els estat membres. Per tal de complir amb les directives esmentades, les mesures de diòxid de nitrogen s'han d'obtenir utilitzant el mètode de referència de quimioluminescència. Per aquesta raó, xarxes

automàtiques de mesura s'han hagut d'implementar per tota la Comunitat Europea. A Catalunya el responsable d'avaluar la qualitat de l'aire és el Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya, a partir de les dades recollides amb la Xarxa de Vigilància i Prevenció de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA). Les dades recollides amb la XVPCA se centralitzen al Servei de Vigilància i Control de l'Aire per avaluar la qualitat de l'aire i ser enviades al Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO) de l'Administració de l'Estat, a l'Agència Europea del Medi Ambient (EEA) i a la Comissió Europea (EC).

A part de la tècnica automàtica de quimioluminescència necessària per cumplir amb les directives europees mencionades per avaluar els nivells estàndards, una altra metodologia anomenada indicativa pot ser utilitzada per mesurar les immissions de diòxid de nitrogen. La secció Metodologia amplia la informació d'aquest mètode utilitzat en aquest estudi.

3.2 Legislació estatal

La legislació espanyola sobre qualitat de l'aire actualment en vigor ve representada per les següents normes:

- Llei 34/2007, de 15 de novembre, de qualitat de l'aire i protecció de l'atmosfera.
- Reial Decret 102/2011, de 28 de gener, relatiu a la millora de la qualitat de l'aire.

A continuació es destaquen aquells apartats relacionas amb el diòxid de nitrogen i l'avaluació de la qualitat de l'aire.

3.2.1 Llei 34/2007

La Llei 34/2007 actualitza la base legal per als desenvolupaments relacionats amb l'avaluació i la gestió de la qualitat de l'aire a Espanya, i té com a fi últim el d'aconseguir uns nivells òptims de qualitat del aire per evitar, prevenir o reduir riscos o efectes negatius sobre la salut humana, el medi ambient i altres béns de qualsevol naturalesa. Mitjançant la mateixa s'habilita el Govern a definir i establir els objectius de qualitat de l'aire i els requisits mínims dels sistemes d'avaluació de la qualitat de l'aire, i serveix

de marc regulador per a l'elaboració dels plans nacionals, autonòmics i locals per a la millora de la qualitat de l'aire.

S'hi estableixen, doncs, els principis essencials en matèria de prevenció, vigilància i reducció de la contaminació atmosfèrica. Val la pena destacar els següents:

- Els fonaments de l'avaluació i gestió de la qualitat del aire, basat en tres pilars: els contaminants a avaluar i els seus objectius de qualitat (article 9), les obligacions de l'avaluació (article 10), i la zonificació del territori (article 11), segons els nivells de contaminants per als quals s'hagin establerts objectius de qualitat.
- La planificació, centrada en l'elaboració de plans i programs per a la protecció de l'atmosfera i per minimitzar els efectes negatius de la contaminació atmosfèrica (art. 16).
- El deure de les comunitats autònomes i, si escau, entitats locals, de disposar d'estacions, xarxes i altres sistemes d'avaluació de la qualitat de l'aire suficients per al compliment de les seves obligacions, d'acord amb el que indica la norma (art. 28).

3.2.2 Reial Decret 102/2011

Es destaca la norma del Reial Decret 102/2011, ja que resulta essencial en l'avaluació i gestió de la qualitat de l'aire a Espanya.

El Reial Decret 102/2011, de 28 de gener, relatiu a la millora de la qualitat de l'aire, transposa a l'ordenament jurídic espanyol el contingut de la Directiva 2008/50/CE, de 21 de maig del 2008. S'aprova amb la finalitat d'evitar, prevenir i reduir els efectes nocius de les substàncies esmentades sobre la salut humana, el medi ambient en el seu conjunt i altres béns de qualsevol naturalesa, el que al seu torn comporta la consecució de diversos objectius parcials:

- Definir i establir objectius de qualitat de l'aire pel que fa a les concentracions de diòxid de sofre, diòxid de nitrogen i òxids de nitrogen, partícules, plom, benzè, monòxid de carboni, ozó, arsènic, cadmi, níquel i benzo (a) pirè en l'aire ambient;

- Determinar la informació a la població i a la Comissió Europea sobre les concentracions i els dipòsits de les substàncies esmentades en els apartats anteriors, el compliment dels seus objectius de qualitat de l'aire, els plans de millora i altres aspectes regulats en la norma;

Per a això, el Reial Decret:

- Defineix les actuacions a dur a terme, en l'àmbit de les seves respectives competències, per les Administracions públiques, en concret, pel MITECO (a través de la Direcció General de Qualitat i Avaluació Ambiental i Medi Natural i de l'Agència Estatal de Meteorologia), per l'Institut de Salut Carlos III, i per les comunitats autònomes i entitats locals (article 3).
- Determina els Objectius de Qualitat de l'Aire per a cada un dels contaminants regulats (és a dir, SO_2, NO_2 I NOx, PM_{10}, $PM_{2,5}$, Pb, C_6H_6, CO, O_3, As, Cd, Ni i B(a)P), així com els criteris d'agregació i càlcul corresponents (article 4 i Annex I).
- Estableix l'obligació de dividir el territori de les diferents comunitats autònomes en zones i aglomeracions, en les que es duran a terme les activitats d'avaluació i gestió de la qualitat de l'aire (article 5).

De forma resumida, posa les bases de l'avaluació de la qualitat de l'aire, enfocada a tres tipus de contaminants o grups de contaminants:

- Avaluació de la qualitat de l'aire en relació al diòxid de sofre, el diòxid de nitrogen, els òxids de nitrogen, les partícules, el plom, el benzè, el monòxid de carboni, el arsènic, el cadmi, el níquel, el mercuri, el benzo (a) pirè i els altres hidrocarburs aromàtics policíclics (HAP). Per tots aquests contaminants excepte el mercuri i els HAP, s'obliga a la classificació de cada zona o aglomeració en funció dels llindars de avaluació establerts tenint en compte els principis d'implantació de les estacions de mostreig i determina el mètode de avaluació (mesuraments fixos, tècniques de modelització, campanyes de mesuraments representatives indicatives o una combinació dels mateixos). També concreta aspectes relacionats amb els mesuraments, com ara: els criteris d'ubicació dels punts de mostreig o la

determinació del nombre mínim de aquests en mesurament fix (Annex IV), els objectius de qualitat de les dades (annexos V i VI) o els mètodes de referència per a l'avaluació (annex VII).

El Reial Decret també s'ocupa de la gestió de la qualitat de l'aire, ja que:

- Fixa diverses obligacions pel que fa als terminis de compliment i de la necessitat d'elaborar llistats diferenciats per contaminant on s'indiqui els llindars i límits legislats superats, per zones i aglomeracions, així com al estipular una sèrie mesures aplicables segons la superació o no superació dels límits, objectius i/o llindars establerts, segons el cas.
- Considera la possibilitat de sol.licitar pròrrogues dels terminis de compliment, i exempcions en l'obligació d'aplicar certs valors límit.

Com a conseqüència de tot l'anterior, El Reial Decret estipula que quan en determinades zones o aglomeracions els nivells de contaminants en l'aire ambient superin qualsevol valor límit o valor objectiu, les comunitats autònomes aprovaran plans de qualitat de l'aire per a aquestes zones i aglomeracions per tal de aconseguir respectar el valor límit o el valor objectiu corresponent.

Finalment, el Reial decret regula l'intercanvi d'informació (entre les administracions públiques i la població) i estableix el règim sancionador per l'incompliment del que disposa el mateix.

4 Metodologia

4.1 Ciència ciutadana

El projecte s'ha executat amb l'ajut del Ministerio para la Transición Ecológica i l'Ajuntament de Girona, amb el que s'amplia el coneixement de la qualitat de l'aire a nivell local. S'han analitzat 195 punts de mesura repartits per tota la ciutat a nivell de carrer i de forma sincronitzada.

Es va escollir la ciutat de Girona com a punt de partida del projecte CleanAir@Schools ja que durant el curs escolar 2018/2019 ja s'havia fet una prova pilot a una escola de la ciutat i també s'han realitzat mesures de qualitat de l'aire a la ciutat des del l'any 2008 (des del 2000 discontínuament).

4.2 Selecció d'escoles

Les escoles contactades per a realitzar el projecte van ser proposades per l'Ajuntament de Girona ja que formen part del programa Escoles Verdes que promou el Departament de Territori i Sostenibilitat (Generalitat de Catalunya). Dels centres contactats, 9 van acceptar participar a l'estudi, entre els que hi ha una barreja de centres públics i concertats (taula 1 i figura 1).

Taula 1: *Centres educatius de la ciutat inclosos en l'estudi*

Centre educatiu
Escola Bosc de la Pabordia
Escola Domeny
Escola FEDAC Pont Major
Escola Dr. Masmitjà
Escola Migdia
Escola Pla de Girona
Institut La Salle Girona
Escola Sta. Eugènia
Escola Vedruna

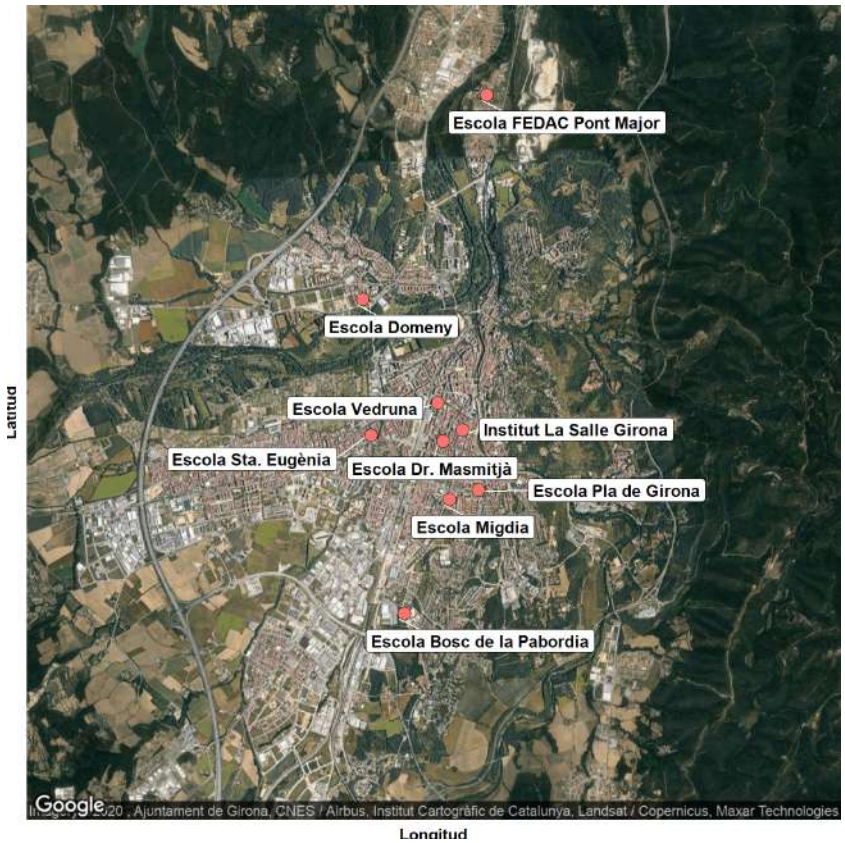

Figura 1: *Mapa de les escoles seleccionades.*

L'activitat la van realitzar els alumnes de cicle mitjà i cicle superior de primària amb els professors de cada centre, i en algun cas, amb la col.laboració dels pares.

Una de les escoles que havia acceptat participar en el projecte es va fer enrere al moment d'instal.lar els sensors perquè no va veure clara l'organització amb els alumnes a l'hora de realitzar l'activitat. Llavors vam oferir a l'escola de secundària La Salle Girona participar en el projecte perquè tenien molt interès en realitzar projectes ambientals.

Les campanyes a les escoles s'han reforçat amb la xarxa de punts de la ciutat de Girona i amb l'estació automàtica de referència del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya.

Cada centre educatiu designa una persona com a punt de contacte per facilitar la coordinació de l'activitat. Es deixa llibertat als centres per a que organitzin l'activitat segons la naturalesa i funcionament de l'escola.

4.3 Calendari i execució

A més a més de les reunions entre 4sfera Innova i l'Ajuntament de Girona on s'estableixen els objectius del projecte i es pre-defineix el calendari, es fan diverses reunions amb els centres educatius on s'explica l'activitat i es concreta el calendari.

Les escoles preparen l'activitat i treballen amb els alumnes per involucrar-los des del començament amb l'activitat.

4.3.1 Primera reunió amb els centres participants: 8 de maig - Centre Cívic Barri Vell

- Presentació dels diversos aspectes del projectes, metodologia, protocols i primera discussió d'on posar els sensors. A més a més, es distribueix una guia d'ús on es descriu pas a pas com s'han d'escollir els punts i com es fa la instal.lació del sensor.
- Es decideix que cada escola tindrà 20 punts a distribuir al voltant del centre, sempre tenint en compte que hi haurà punts de tipus de trànsit i de fons urbà i que s'instal.larà un punt a l'entrada principal de l'escola, un a dintre d'una aula i un al pati principal.
- S'acorda que els centres faran una proposta dels punts on volen posar els dosímetres seguint el full de càlcul model proposada per l'Agència Europea del Medi Ambient. En aquest document es dona un codi únic a cada punt, es descriu el tipus de punt i es detalla la seva localització amb la latitud i altitud. Amb aquestes dades, 4sfera representa en un mapa la distribució de punts de totes les escoles.

4.3.2 Segona reunió amb els centres participants: 19 de juny - Centre Cívic Barri Vell

- Revisió de les propostes de distribució de punts de mesura de cada centre. S'acorda amb els centres el calendari de la instal.lació i recollida dels tubs per les dues campanyes.

4.3.3 Tercera reunió amb els centres participants: 23 de setembre - Centre Cívic Barri Vell

- Posada en comú dels mapes de la ciutat, resolució d'últims dubtes i recollida de tubs.

4.3.4 Primera campanya de mesura: 25 de setembre - centres educatius

- Col.locació dels sensors a tot Girona. Finestra horària per col.locar els sensors (entre les 9h i les 17h), des de cada escola en els indrets preacordats i de forma sincronitzada. Cada centre es divideix en grups petits on hi ha un nombre determinat d'alumnes i com a mínim un professor i es distribueixen els punts a instal.lar. Són els alumnes els que fan la instal.lació del suport i el sensor als punts predeterminats. A cada punt es fa una foto del punt i de la localització i s'anota l'hora de instal.lació.
- També s'instal.len els tubs de la xarxa de l'Ajuntament de Girona i a l'estació automàtica de la Generalitat.

4.3.5 Recollida de tubs primera campanya i instal.lació de la segona campanya: 23/24 de setembre - centres educatius

- Recollida de sensors de forma sincronitzada amb tots els centres.
- Col.locació dels sensors a tot Girona. Finestra horària per col.locar els sensors (entre les 9h i les 17h), des de cada escola en els indrets pre-acordats i de forma sincronitzada.
- Un cop acabada l'activitat, cada centre va portar els tubs recollits, junt amb el full amb les dades d'exposició de la primera campanya, a la Caseta.
- Revisió del material de la primera exposició i enviament al laboratori per part de 4sfera.

4.3.6 Recollida de tubs de la segona campanya: 20 de novembre - centres educatius.

- Recollida de sensors de forma sincronitzada amb tots els centres. Recopilació dels tubs de tots els centres a la Caseta.

- Revisió de material i enviament a laboratori per anàlisi per part de 4sfera.

Per coordinar millor l'activitat es va crear un grup de *whatsapp* amb un representant de cada centre, representats de l'Ajuntament i de 4sfera.

4.4 Mostreig de la qualitat de l'aire amb sensors passius

Els nivells de diòxid de nitrogen (NO_2) s'han mesurat com a indicador de la qualitat de l'aire utilitzant la tècnica de tubs passius de NO_2 del tipus Palmes (figura 2). Aquest mètode és considerat indicatiu, de manera que les dades que s'obtenen són indicatives i en cap cas es poden utilitzar com a dades de referència per compliment normatiu.

No obstant, la utilització dels dosímetres passius ha estat validada i utilitzada en nombrosos estudis arreu del món. Es tracta d'una tècnica que presenta moltes avantatges perquè no necessita ni manteniment, ni calibratge, ni electricitat, la qual cosa fa que es pugui aplicar fàcilment en qualsevol ambient i/o circumstàncies. S'utilitza sobretot en estudis preliminars i estudis base per investigar les distribucions espacials dels contaminants atmosfèrics tant en ambients urbans com rurals, ja que és un mètode que permet cobrir àrees molt extenses del territori.

Tot i els molts avantatges que presenta la tècnica, cal tenir en compte que els dosímetres passius s'han d'utilitzar amb precaució i degudament ja que poden donar problemes intrínsecs al mètode, és per això que la validació dels resultats és molt necessària.

Un tub passiu de NO_2 del tipus Palmes és un captador de gas que consisteix en un tub acrílic de 7.1 cm amb un diàmetre intern de 1.1cm. Una membrana impregnada de triethanolamine (TEA) col.locada al tap superior del captador (color gris a la figura 2) absorbeix el diòxid de nitrogen de l'aire. El transport del gas a través del tub és degut al procés físic de difusió (Targa, 2001).

Figura 2: *Dosímetre passiu NO_2 del tipus Palmes*

Amb els captadors passius, la resolució temporal és igual al període d'exposició d'aquest mateix que sol ser de 4-5 setmanes. És a dir, que els resultats obtinguts amb els captadors és igual a la mitjana del període. Per aquesta raó, **els resultats obtinguts només es poden comparar a valors referents a mitjanes mensuals/anuals** i no a mitjanes horàries ja que el mètode no és capaç de mesurar en una resolució de temps tan petita.

A continuació, es detalla la informació referent a la campanya de mostreig.

4.5 Període de mesura

Les campanyes de mesura de les concentracions de NO_2 s'han realitzat durant 2 períodes de 4 setmanes cada un. Concretament, els captadors passius van mesurar en les següents dates:

- 25/09/2019 i 23/10/2019
- 23/10/2019 i 20/11/2019

4.6 Estratègia de mesura

L'estratègia de mesura ha seguit l'objectiu principal de l'estudi que era veure de manera indicativa la distribució espacial de NO_2 al municipi i concretament a 9 escoles de la ciutat. Per avaluar la qualitat de l'aire s'han escollit com a mínim els següents tipus de punts:

- Punt interior en alguna aula pròxima a vies amb trànsit principal (I)
- Punt exterior en el pati principal
- Punt a l'entrada principal de l'escola
- Punts de fonts allunyats del trànsit (UB)
- Punts pròxims a vies transitades (UT)

Amb l'objectiu d'obtenir la distribució espacial de NO_2 al voltant de les escoles, 195 punts es van col.locar a la ciutat de Girona (figura 3). L'estudi ha evitat la col.locació de tubs en cruïlles segons normes de micro-implantacions. La llista complerta dels punts s'inclou a la secció de cada escola. Aquesta és la primera campanya de mesura dels nivells de NO_2 amb captadors passius per l'estudi específic dels nivells al voltant de les escoles.

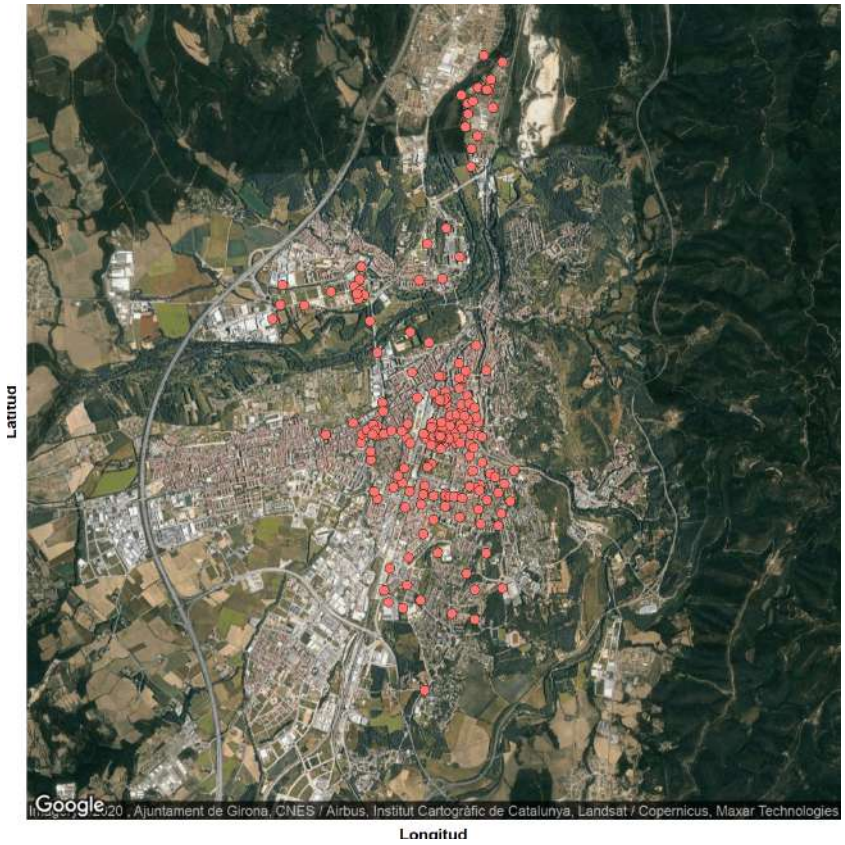

Figura 3: *Mapa dels punts de mostreig.*

4.7 Punts de mostreig dins i fora dels centres educatius

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme per part de la comunitat educativa a 9 escoles de Girona. Cada escola va disposar de material per mostrejar a 20 punts al voltant i dins del centre educatiu. Cada punt de mostreig ha sigut fotografiat per contextualitzar millor els resultats.

4.7.1 Escola Bosc de la Pabordia

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 19 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 4 punts de fons, 2 punts a l'interior d'una aula i 13 punts de trànsit.

El mapa de la figura 4 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 2 enumera les localitzacions i la seva descripció.

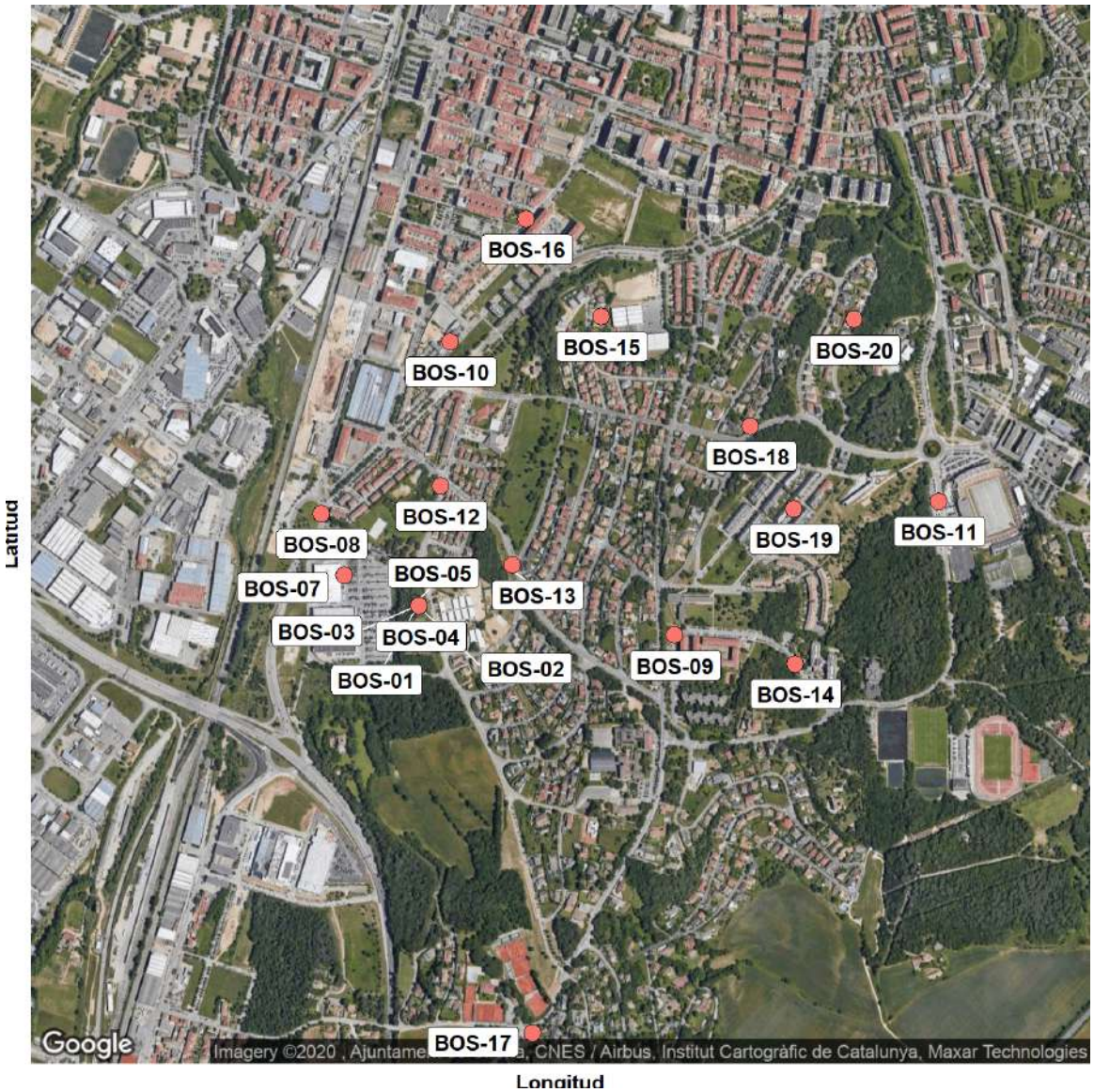

Figura 4: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Bosc de la Pabordia.*

Taula 2: *Punts de mostreig de l'Escola Bosc de la Pabordia*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
BOS-01	41.95927	2.813624	UB	PORTA ENTRADA ESCOLA
BOS-02	41.95927	2.813624	I	MENJADOR ESCOLA
BOS-03	41.95927	2.813624	UB	PATI CICLE SUPERIOR
BOS-04	41.95927	2.813624	UB	PATI CICLE INICIAL
BOS-05	41.95927	2.813624	I	BIBLIOTECA
BOS-07	41.95986	2.811693	UT	ENTRADA DECATHLON
BOS-08	41.96104	2.811092	UT	ROTONDA MC DONALDS
BOS-09	41.95870	2.820247	UT	BOSTON JOCS OLIMPICS
BOS-10	41.96437	2.814429	UT	ESCOLA MARTA MATA
BOS-11	41.96128	2.827089	UT	CAMP GIRONA MONTILIVI
BOS-12	41.96158	2.814182	UB	PARC DE BAIX DE L'ESCOLA
BOS-13	41.96006	2.816049	UT	ERMESSENDA
BOS-14	41.95815	2.823377	UT	RESIDÈNCIA AVIS PALAU
BOS-15	41.96485	2.818345	UT	PAVELLÓ PALAU
BOS-16	41.96673	2.816403	UT	CARRER MIGDIA, DREAMS
BOS-17	41.95103	2.816575	UT	MONTESSORI
BOS-18	41.96274	2.822210	UT	MAS ABELLA
BOS-19	41.96114	2.823337	UT	YTER
BOS-20	41.96479	2.824903	UT	FONT DE L'ABELLA

4.7.2 Escola Domeny

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 18 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 5 punts de fons, 1 punt a l'interior d'una aula i 12 punts de trànsit.

El mapa de la figura 5 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 3 enumera les localitzacions i la seva descripció.

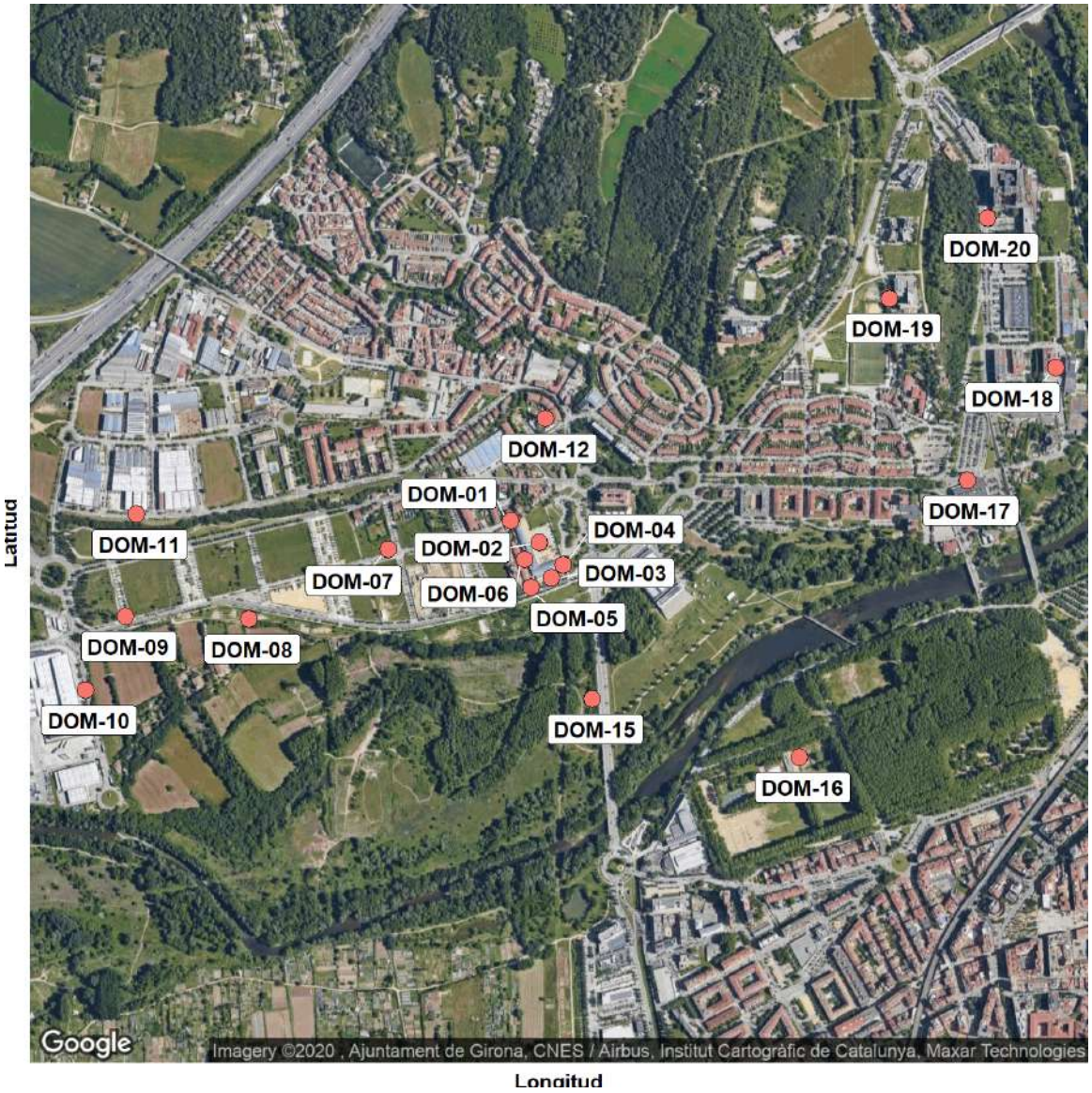

Figura 5: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Domeny.*

Taula 3: *Punts de mostreig de l'Escola Domeny*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
DOM-01	41.99148	2.807141	UB	sorral
DOM-02	41.99106	2.807877	UB	pati escola
DOM-03	41.99038	2.808194	UB	pati infantil
DOM-04	41.99063	2.808480	UT	Entrada pàrquing
DOM-05	41.99020	2.807657	UT	Entrada Roberto Bolaño
DOM-06	41.99073	2.807488	I	Aula 6è A
DOM-07	41.99094	2.803958	UB	Residencial Domeny c/ Bullidors amb c/ Damià Escude
DOM-08	41.98959	2.800342	UT	Parc de Domeny
DOM-09	41.98963	2.797134	UT	Roberto Bolaño amb C/Xirinacs
DOM-10	41.98821	2.796104	UT	Nestlé
DOM-11	41.99161	2.797423	UT	Bo de Bo
DOM-12	41.99345	2.808036	UT	Celler de Can Roca
DOM-15	41.98804	2.809237	UT	Pont de Fontajau
DOM-16	41.98692	2.814623	UB	Devesa zona Agility
DOM-17	41.99226	2.818970	UT	Ocine
DOM-18	41.99442	2.821281	UT	GEIEG
DOM-19	41.99577	2.816954	UT	Can Sunyer
DOM-20	41.99731	2.819500	UT	Trueta

4.7.3 Escola FEDAC Pont Major

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 16 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 3 punts de fons, 1 punt a l'interior d'una aula i 12 punts de trànsit.

El mapa de la figura 6 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 4 enumera les localitzacions i la seva descripció.

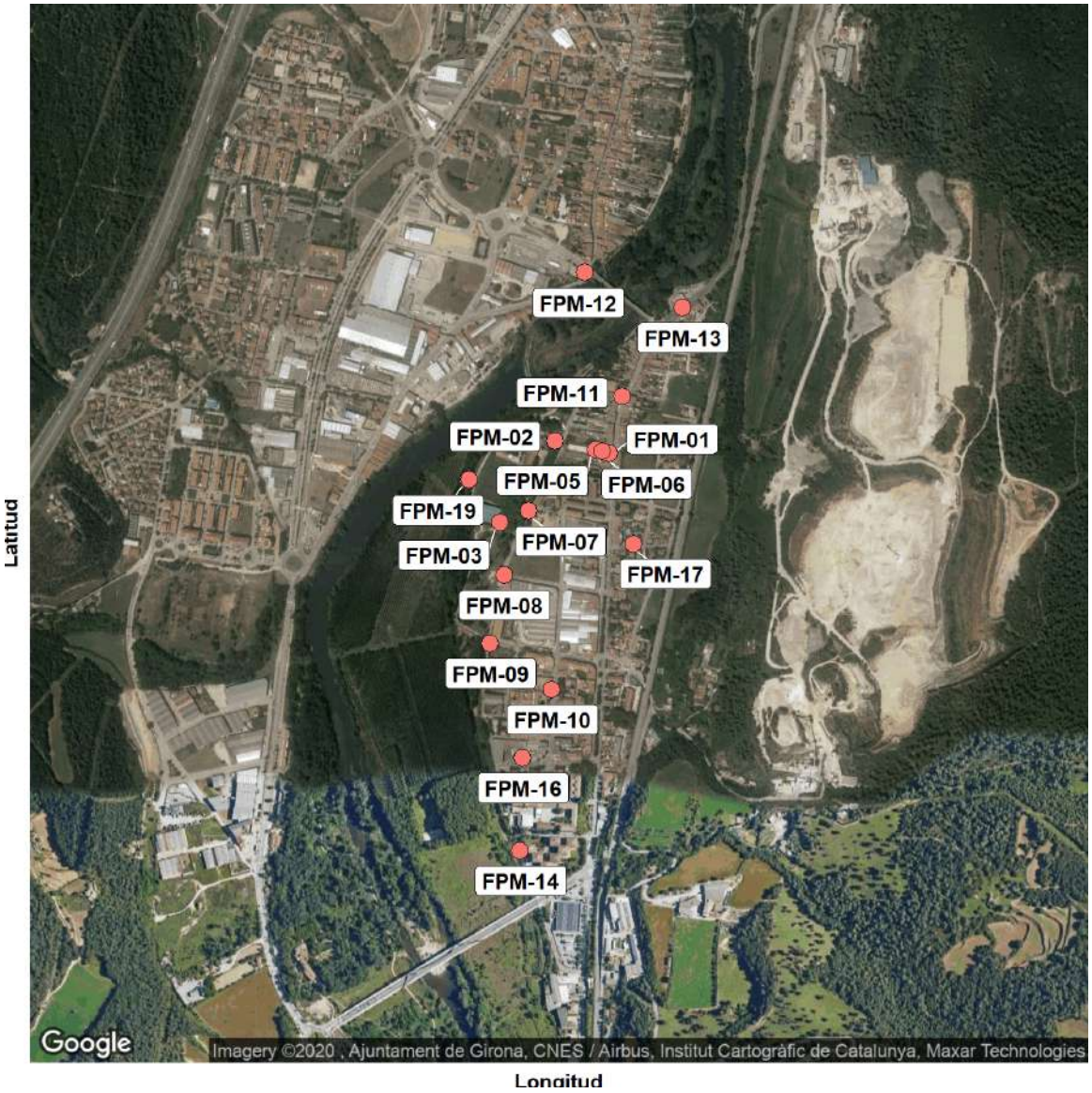

Figura 6: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola FEDAC Pont Major.*

Taula 4: *Punts de mostreig de l'Escola FEDAC Pont Major*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
FPM-01	42.01112	2.825165	UT	porta principal
FPM-02	42.01136	2.823761	UT	porta del darrera
FPM-03	42.00979	2.822330	UB	davant pavelló
FPM-05	42.01119	2.824811	UT	pati de l'escola
FPM-06	42.01116	2.824989	I	aula de 5è
FPM-07	42.01002	2.823077	UT	parc infantil
FPM-08	42.00877	2.822431	UT	Port lligat 12
FPM-09	42.00746	2.822066	UT	Pl. Isabel Vila
FPM-10	42.00657	2.823668	UT	Centre penit.
FPM-11	42.01222	2.825498	UT	Centre cívic
FPM-12	42.01461	2.824523	UT	C255 km0
FPM-13	42.01393	2.827055	UT	resta. Ca la P.
FPM-14	42.00346	2.822851	UT	carrer fuerteventura,10
FPM-16	42.00525	2.822914	UT	cantonda teisa
FPM-17	42.00937	2.825796	UB	carrer de na Carme Gubert,7
FPM-19	42.01061	2.821533	UB	darrere camp de fútbol

4.7.4 Escola Dr. Masmitjà

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 27 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 4 punts de fons, 2 punts a l'interior d'una aula i 21 punts de trànsit.

El mapa de la figura 7 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 5 enumera les localitzacions i la seva descripció.

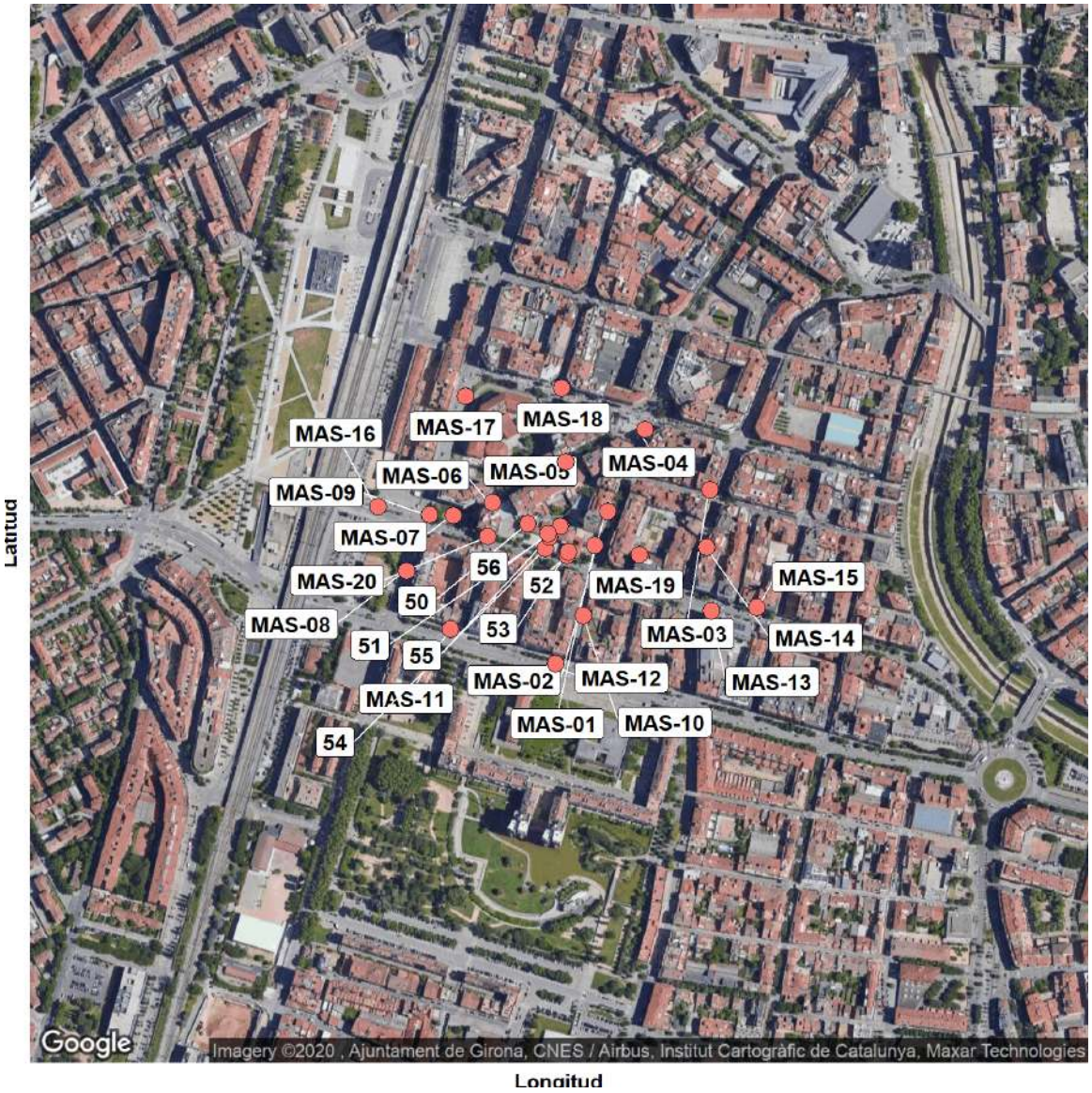

Figura 7: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Dr. Masmitjà.*

Taula 5: *Punts de mostreig de l'Escola Dr. Masmitjà*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
50	41.97659	2.818419	UB	Terrat
51	41.97657	2.818838	UB	Pati Magnolia
52	41.97629	2.818928	UT	P3B - fora C/Creu
53	41.97632	2.818949	I	P3B - DINS
54	41.97636	2.818646	UT	Pati Bàsquet (Tanca Creu)
55	41.97646	2.818698	UB	Pati Bàsquet (façana P4)
56	41.97650	2.818685	I	Dins classe P4 (costat bàsquet)
MAS-01	41.97638	2.819293	UT	Entrada escola
MAS-02	41.97671	2.819456	UT	Maragall, davant Dcasa
MAS-03	41.97692	2.820782	UT	Maluquer Salvador
MAS-04	41.97750	2.819940	UT	Parc davant Wsecret
MAS-05	41.97719	2.818910	UT	Francesc Ciurana
MAS-06	41.97680	2.817960	UT	Francesc Ciurana, davant pati escola
MAS-07	41.97667	2.817450	UT	Parc Creu/Barcelona
MAS-08	41.97614	2.816850	UT	Barcelona, 59
MAS-09	41.97668	2.817150	UT	Contonada Barcelona/Creu
MAS-10	41.97571	2.819137	UT	Balmes
MAS-11	41.97557	2.817420	UT	Emili Grahit/Manel Quer
MAS-12	41.97524	2.818783	UT	Emili Grahit
MAS-13	41.97575	2.820802	UT	Migdia, 36 Davant Caixa
MAS-14	41.97637	2.820735	UT	Migdia, davant Sedes
MAS-15	41.97578	2.821385	UT	Creu, BBVA
MAS-16	41.97676	2.816480	UT	Creu , Parquing Dia
MAS-17	41.97782	2.817610	UT	Barcelona, vorera davant Abacus
MAS-18	41.97790	2.818860	UT	Salle, Angelus
MAS-19	41.97630	2.819866	UB	Parc Santa Glòria
MAS-20	41.97647	2.817900	UT	Creu/Manel Quer

4.7.5 Escola Migdia

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 19 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 8 punts de fons, 2 punts a l'interior d'una aula i 9 punts de trànsit.

El mapa de la figura 8 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 6 enumera les localitzacions i la seva descripció.

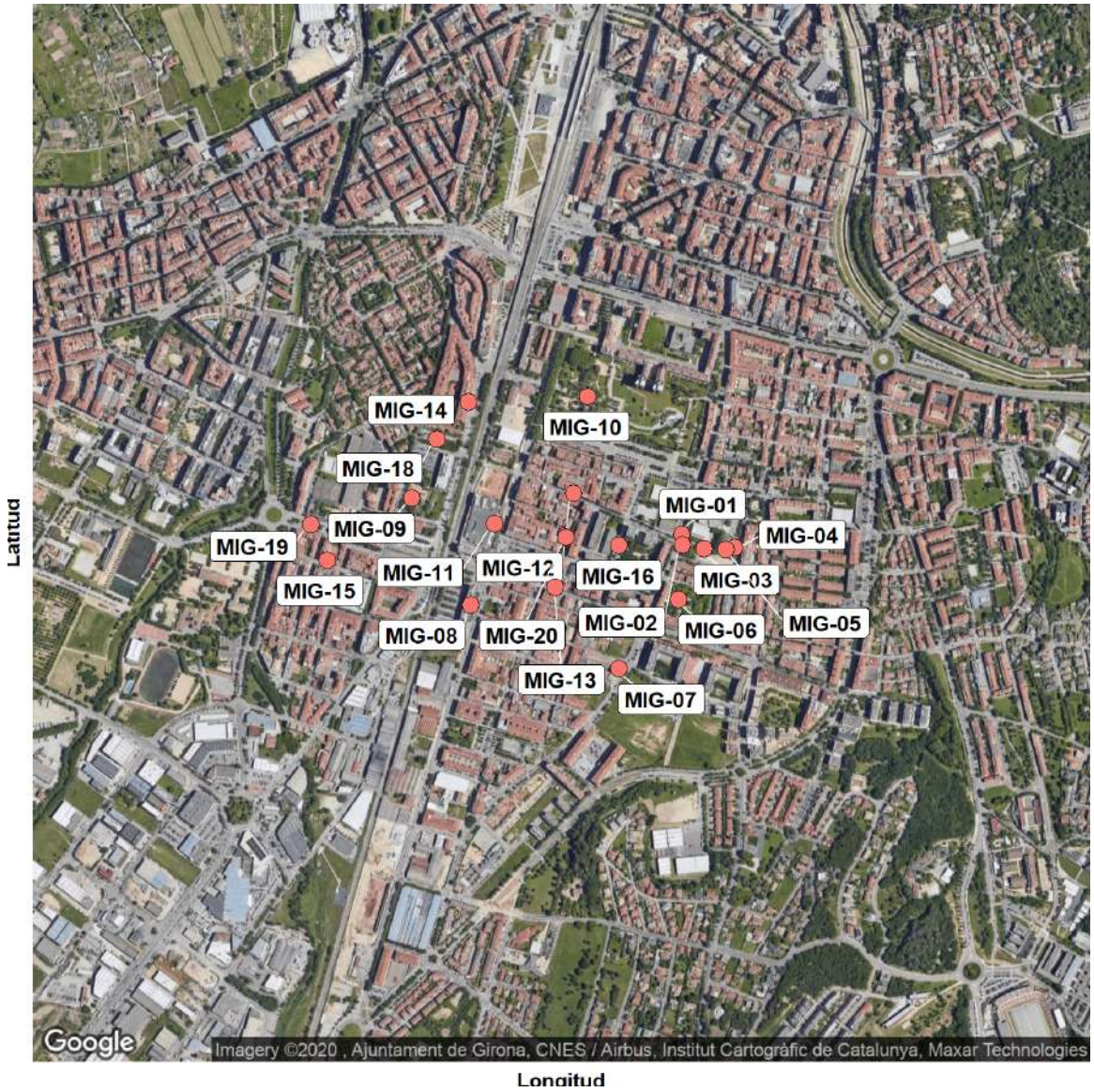

Figura 8: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Migdia.*

Taula 6: *Punts de mostreig de l'Escola Migdia*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
MIG-01	41.97073	2.819416	UT	entrada carrer migdia
MIG-02	41.97053	2.819423	I	interior infantil (p3-p5)
MIG-03	41.97045	2.819984	UB	pati
MIG-04	41.97048	2.820784	UT	entrada carrer Sant Agustí
MIG-05	41.97044	2.820561	I	interior primaria
MIG-06	41.96947	2.819328	UB	Plaça Josep Irla i Bosch
MIG-07	41.96814	2.817776	UT	bonpreu carrer migdia
MIG-08	41.96937	2.813926	UT	carrer Barcelona Hotel Melià
MIG-09	41.97143	2.812407	UB	parc de la comtessa ermessenda
MIG-10	41.97340	2.816965	UB	Parc Migdia
MIG-11	41.97094	2.814546	UT	carrer Barcelona hipercor
MIG-12	41.97153	2.816606	UT	carrer Saragossa
MIG-13	41.96971	2.816132	UT	Carrer Caldes de Montbui
MIG-14	41.97328	2.813883	UT	Carrer Oviedo
MIG-15	41.97023	2.810212	UT	Carrer Valladolid
MIG-16	41.97052	2.817774	UB	PLAÇA MANUEL VAZQUEZ MONTALBAN
MIG-18	41.97257	2.813048	UB	Carrer la pau
MIG-19	41.97093	2.809778	UB	Carrer Rafael Alberti
MIG-20	41.97067	2.816411	UB	Carrer Joan M. Pau i Campls

4.7.6 Escola Pla de Girona

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 19 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 5 punts de fons, 1 punt a l'interior d'una aula i 13 punts de trànsit.

El mapa de la figura 9 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 7 enumera les localitzacions i la seva descripció.

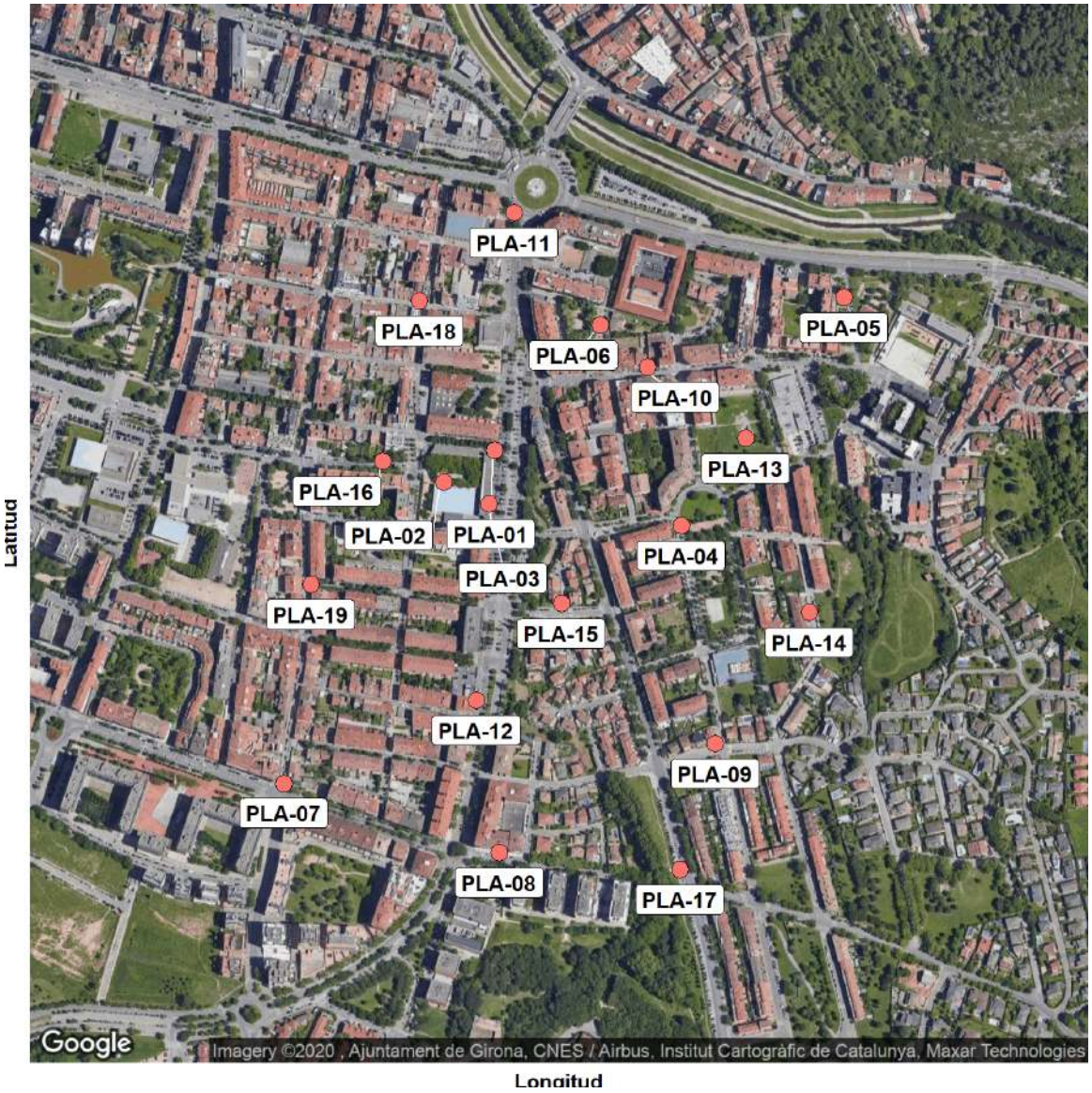

Figura 9: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Pla de Girona.*

Taula 7: *Punts de mostreig de l'Escola Pla de Girona*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
PLA-01	41.97158	2.824075	UT	Avd. Lluis Pericot, 16-18
PLA-02	41.97128	2.823411	UB	Pati de l'escola
PLA-03	41.97107	2.823997	I	Classe 4tB
PLA-04	41.97086	2.826494	UB	Plaça Ciutat de Figueres
PLA-05	41.97306	2.828606	UT	C/ Carles Bolós
PLA-06	41.97279	2.825444	UT	C/ Joaquim Botet i Sisó, 6
PLA-07	41.96838	2.821336	UT	C/ Rutlla i Caldes de Montbuí (cantonada)
PLA-08	41.96771	2.824136	UT	C/ Riera de Bugantó, 7
PLA-09	41.96876	2.826933	UT	C/ Francesc Romaguera
PLA-10	41.97239	2.826058	UT	C/ Andreu Tuyet i Santamaria, 15-9
PLA-11	41.97388	2.824325	UT	Avd. Lluis Pericot, 2
PLA-12	41.96918	2.823836	UT	Avd. Lluis Pericot, 38,46
PLA-13	41.97170	2.827333	UB	C/ del Castell de Solterra, 6
PLA-14	41.97002	2.828153	UT	C/ del Castell de Solterra
PLA-15	41.97011	2.824939	UT	C/ Francesc Palau i Quer 3-1
PLA-16	41.97148	2.822625	UB	C/ Joan Reglà, 12
PLA-17	41.96754	2.826475	UT	Avd. Montilivi
PLA-18	41.97303	2.823100	UT	C/ Josep Ametller i Viña, 38
PLA-19	41.97029	2.821689	UB	C/ Jaume Marqués Casanovas

4.7.7 Institut La Salle Girona

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 20 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 5 punts de fons, 1 punt a l'interior d'una aula i 14 punts de trànsit.

El mapa de la figura 10 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 8 enumera les localitzacions i la seva descripció.

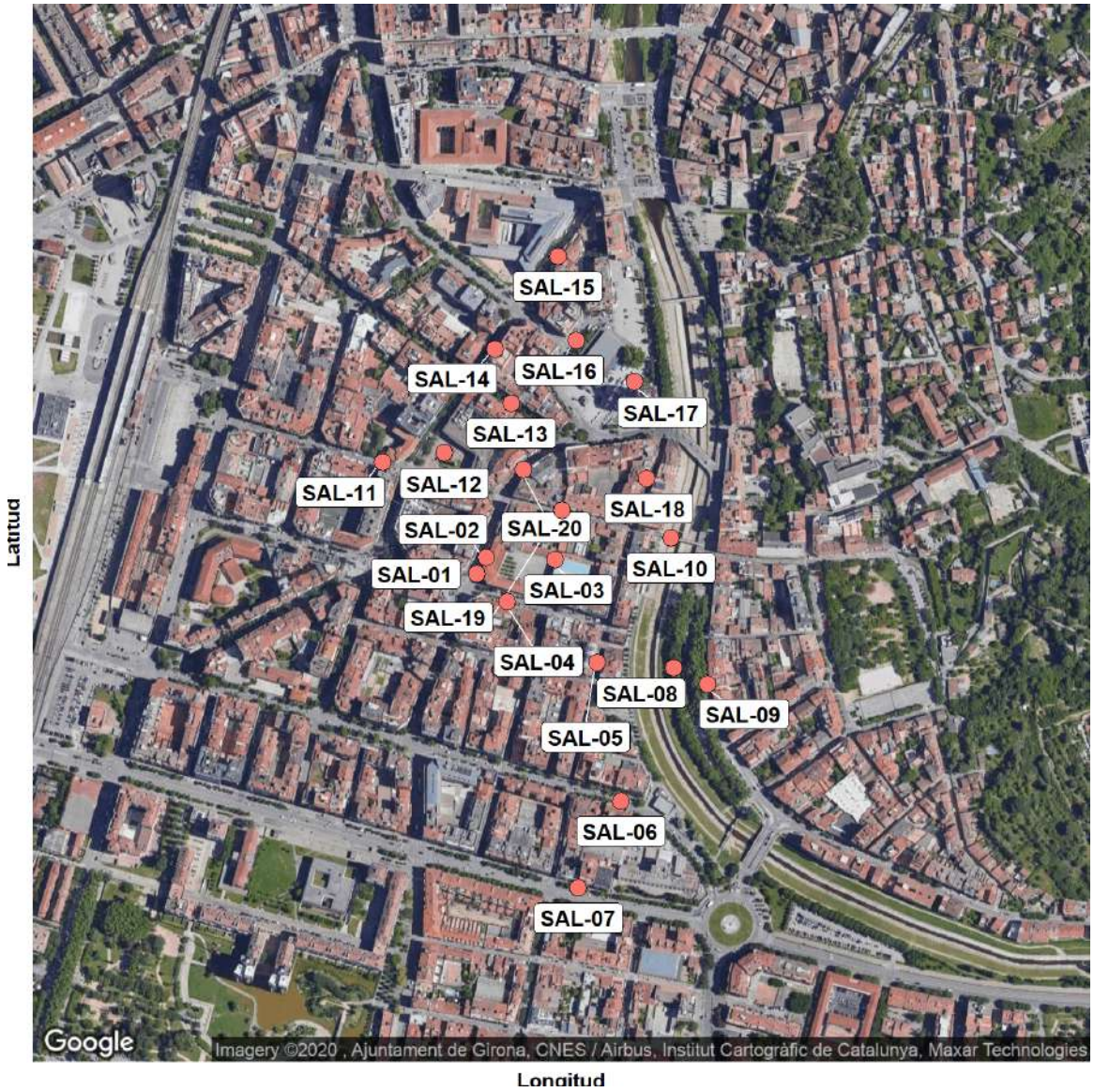

Figura 10: *Localització dels punts de mostreig de l'Institut La Salle Girona.*

Taula 8: *Punts de mostreig de l'Institut La Salle Girona*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
SAL-01	41.97752	2.821310	UT	Entrada escola
SAL-02	41.97767	2.821435	I	Interior escola (Migdia)
SAL-03	41.97765	2.822331	UB	Pati
SAL-04	41.97725	2.821707	UT	C/Salle 13 (passat Dia)
SAL-05	41.97666	2.822871	UT	C/Rutlla (entre 68 i 70) - oposat a granel
SAL-06	41.97532	2.823180	UT	C/ Creu (aprop Gasolinera)
SAL-07	41.97448	2.822631	UT	C/ Emili Grahit (davant eica)
SAL-08	41.97661	2.823864	UB	Parc carrer del carme
SAL-09	41.97645	2.824306	UT	C/ del Carme (canto de les cases)
SAL-10	41.97786	2.823829	UB	Pont carrer bisbe Lorenzana
SAL-11	41.97859	2.820088	UT	C/ Lorenzana 35 (vorera Col·legi Verd)
SAL-12	41.97868	2.820893	UB	Plaça Miquel Santaló i Pavor
SAL-13	41.97916	2.821759	UT	R. S Antoni M. Claret (davant Abacus)
SAL-14	41.97969	2.821545	UT	C/ Joan Maragall 21 (costat Cottet)
SAL-15	41.98058	2.822362	UT	C/ Joan Maragall (entre Tenzenis i pimkie)
SAL-16	41.97977	2.822604	UT	Gran Via Jaume I / Mercat Lleó (costa pas de zebra)
SAL-17	41.97937	2.823358	UB	Plaça Calvet i Rubalcaba (MERCAT)
SAL-18	41.97844	2.823514	UT	C/ de la Rutlla 14
SAL-19	41.97813	2.822413	UT	C/ Bisbe Lorenzana 18 (façana)
SAL-20	41.97852	2.821919	UT	C/Ultonia

4.7.8 Escola Sta. Eugènia

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 20 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 5 punts de fons, 1 punt a l'interior d'una aula i 14 punts de trànsit.

El mapa de la figura 11 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 9 enumera les localitzacions i la seva descripció.

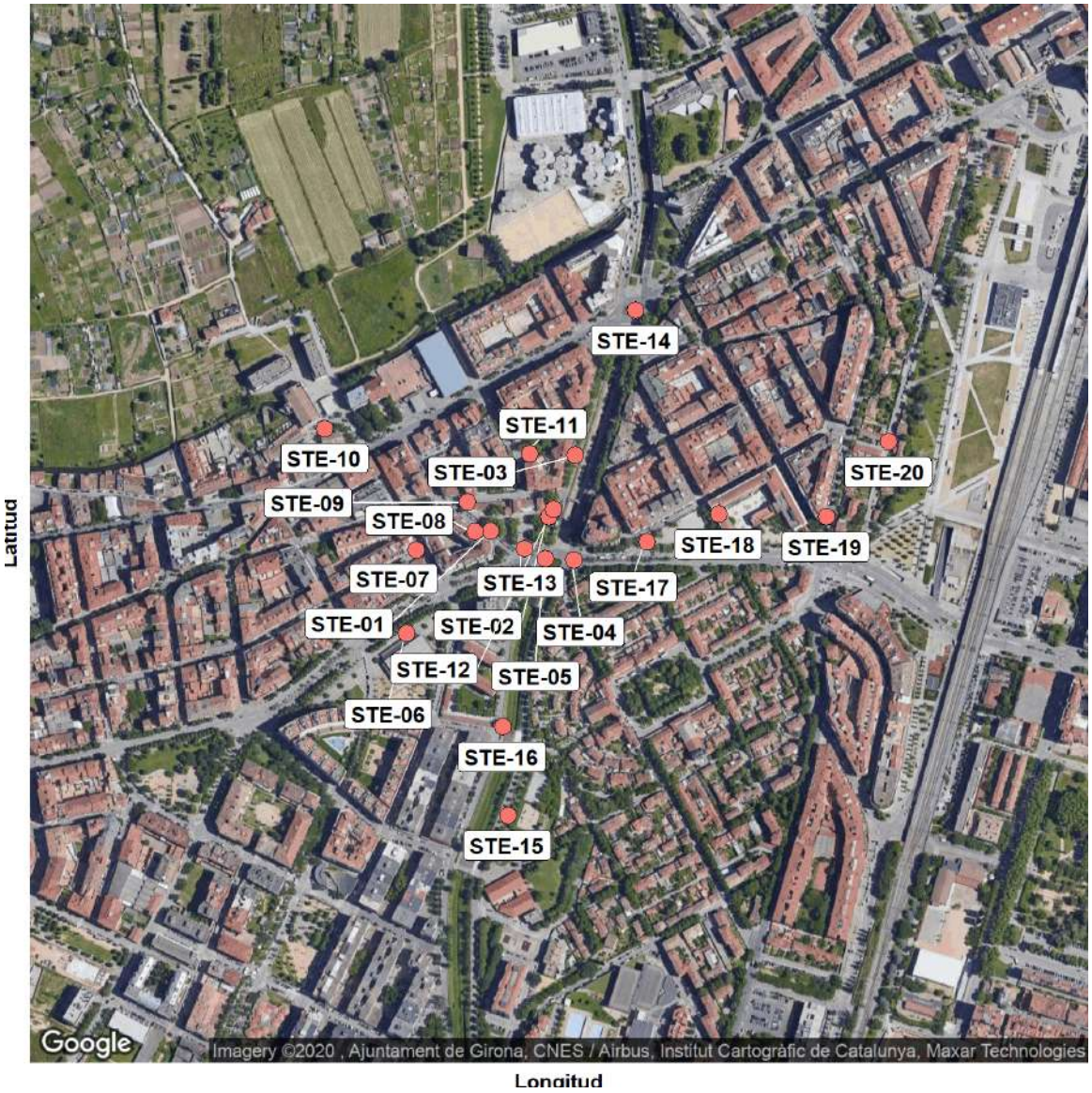

Figura 11: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Sta. Eugènia.*

Taula 9: *Punts de mostreig de l'Escola Sta. Eugènia*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
STE-01	41.97686	2.809118	UT	pati escola porta
STE-02	41.97700	2.809879	UT	pàrquing escola
STE-03	41.97759	2.810218	UT	Marzen restaurant
STE-04	41.97659	2.810200	UT	farmàcia pont Dimoni
STE-05	41.97659	2.809834	UT	rotonda xino
STE-06	41.97588	2.808031	UB	pavelló santa Eugènia
STE-07	41.97668	2.808155	UB	locutori
STE-08	41.97686	2.808916	UT	carrer mare Déu salut
STE-09	41.97715	2.808821	UT	plaça petita escola
STE-10	41.97785	2.806971	UT	Biblioteca
STE-11	41.97761	2.809627	UT	parc darrera Marzen
STE-12	41.97707	2.809937	I	aula 3r
STE-13	41.97669	2.809562	UT	pati gran escola
STE-14	41.97899	2.810998	UT	rotonda Maristes
STE-15	41.97412	2.809345	UB	parc Sant Narcís
STE-16	41.97498	2.809275	UT	pont nou Sant Narcís
STE-17	41.97676	2.811144	UT	passeig d'Olot altura escola FEDAC
STE-18	41.97703	2.812083	UB	c/Ramón Muntaner n11
STE-19	41.97700	2.813475	UT	av. Sant Narcís 47
STE-20	41.97772	2.814281	UB	c/Bisbe Sivilla 3

4.7.9 Escola Vedruna

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 19 punts de mesura al voltant i dins del centre educatiu. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 8 punts de fons, 5 punts a l'interior d'una aula i 6 punts de trànsit.

El mapa de la figura 12 il·lustra la localització dels diferents punts de mostreig i la taula 10 enumera les localitzacions i la seva descripció.

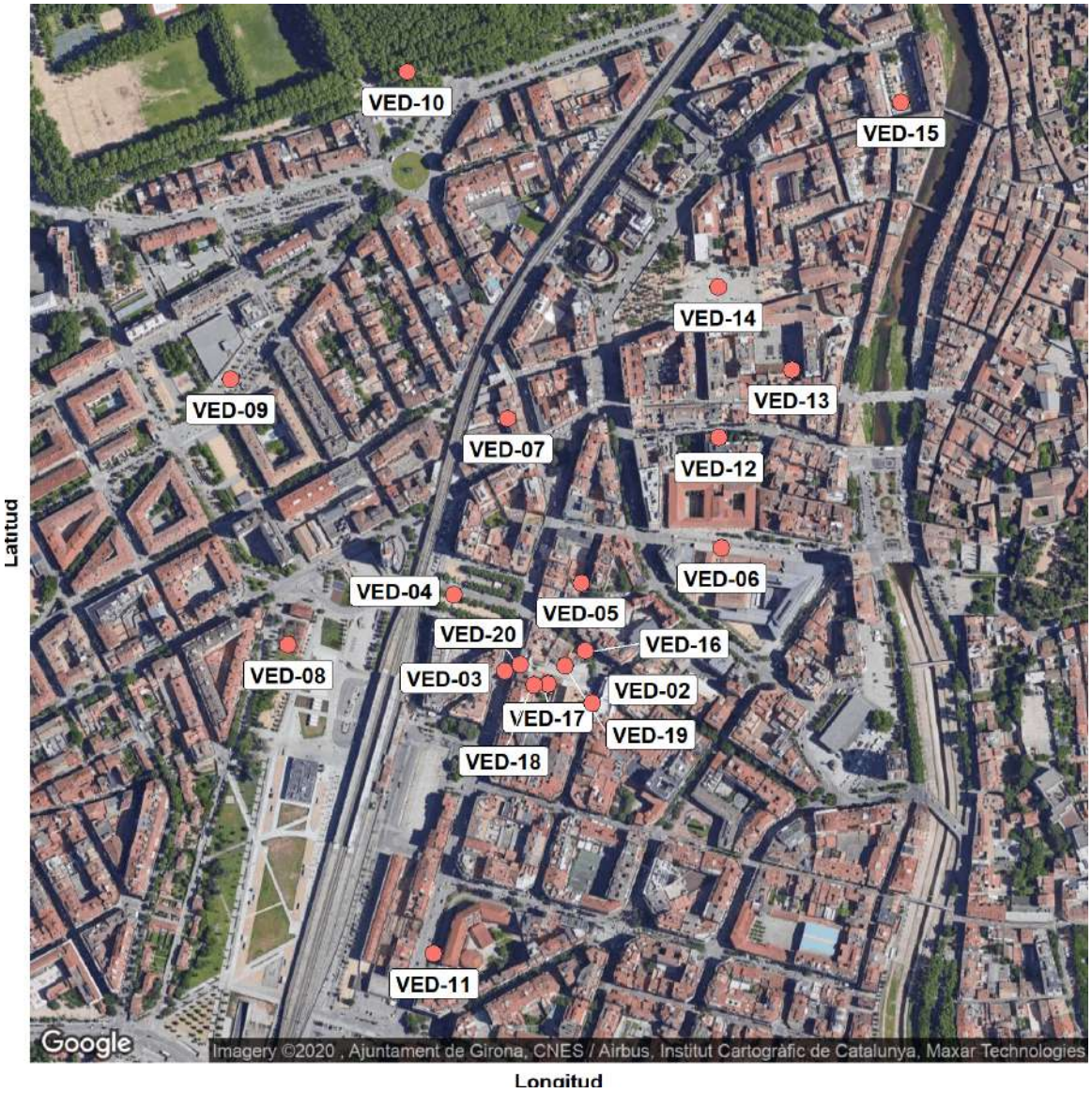

Figura 12: *Localització dels punts de mostreig de l'Escola Vedruna.*

Taula 10: *Punts de mostreig de l'Escola Vedruna*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
VED-02	41.97978	2.819577	UT	Porta Vedruna, Carrer Juli Garreta
VED-03	41.98009	2.818446	UT	Carretera Barcelona, 21
VED-04	41.98083	2.817785	UT	Plaça Poeta Marquina
VED-05	41.98094	2.819437	UT	C/ Ferran Agulló, 9
VED-06	41.98127	2.821261	UB	Plaça Hospital, 6 (Davant Casa Cultura)
VED-07	41.98252	2.818481	UT	Avda. Sta Eugènia, 22 (Can Rigau)
VED-08	41.98034	2.815634	UB	Parc Central
VED-09	41.98290	2.814891	UB	Pl Miquel de Palol (Cantonada C/ Riu Guell)
VED-10	41.98587	2.817179	UB	Plaça Sardana (Devesa-Davant Gesemé)
VED-11	41.97736	2.817528	UT	Carretera Barcelona, 30
VED-12	41.98234	2.821227	UB	Carrer Nou, 16
VED-13	41.98300	2.822173	UB	Plaça Josep Pla
VED-14	41.98379	2.821216	UB	Plaça 1 d'Octurbre (tocant Jaume I)
VED-15	41.98557	2.823584	UB	Plaça Independència
VED-16	41.98028	2.819496	I	Escola Vedruna Cantonada Escola 1ESO
VED-17	41.97996	2.819008	I	Classe 4t B Primaria
VED-18	41.97996	2.818825	I	Classe 2A primaria
VED-19	41.98014	2.819233	I	Sala Profes ESO
VED-20	41.98016	2.818647	I	Classe 5e

4.8 Punts de mostreig de la xarxa semipermanent de l'Ajuntament de Girona

En paral·lel al projecte de Ciència Ciutadana, durant les dues campanyes també es van portar a terme mesures a la xarxa semipermanent de l'Ajuntament de Girona. La malla consisteix en 18 punts de mesura que s'il·lustren a la figura 13 i a la taula 11.

La xarxa inclou els següents punts:

- Punts de fons urbà dins del municipi
- Punts pròxims a vies transitades
- Punts a zones cèntriques de la ciutat

La configuració de la xarxa segueix les recomanacions d'estudis anteriors a la ciutat de Girona on s'identifiquen diferents punts conflictius dins la ciutat. Aquests punts semblen indicar la possible superació del valor límit de la mitjana anual dels nivells de NO_2. La xarxa semipermanent és necessària per valorar el risc d'aquestes superacions.

A més a més dels punts orientats al trànsit rodat, la xarxa també inclou punts de fons. Aquests estan distribuïts en punts allunyats del trànsit (a més de 20 metres de la vorera d'una via principal). En la majoria de casos, aquests punts estan situats dins de parcs urbans (Parc de Migdia, Plaça Europa...).

En total es van mostrejar 18 punts repartits pels diferents barris, dels quals 3 punts són de fons i 15 punts són de trànsit.

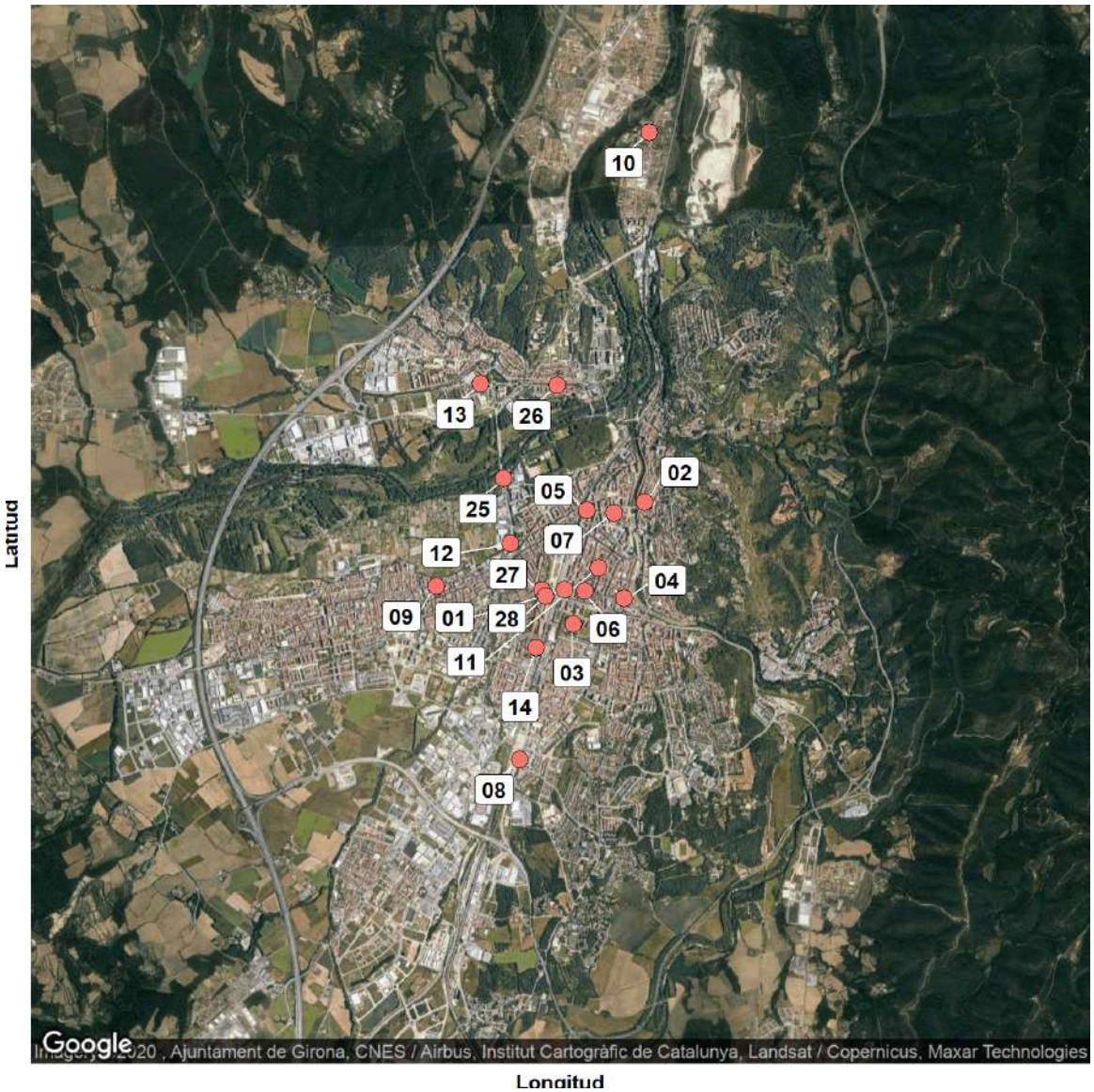

Figura 13: *Localització dels punts de mostreig de la xarxa semipermanent.*

Taula 11: *Punts de mostreig de la xarxa semipermanent.*

Punt	Latitud	Longitud	Tipus	Descripció
01	41.97637	2.816534	UT	Estació Escola de Música
02	41.98308	2.824869	UB	Pl. del Vi
03	41.97370	2.817484	UB	Parc del Migdia
04	41.97565	2.822714	UT	C. Rutlla
05	41.98248	2.818874	UT	Ronda Ferran Puig
06	41.97626	2.818647	UT	C. de la Creu
07	41.98226	2.821688	UT	C. Sant Francesc
08	41.96324	2.811908	UT	Ctra Barcelona - Bolera
09	41.97662	2.803268	UT	Santa Eugènia
10	42.01158	2.825323	UT	C. Pont Major
11	41.97801	2.820088	UT	C. Maragall
12	41.97989	2.810926	UT	Maristes
13	41.99223	2.807821	UT	Crta Sant Gregori
14	41.97185	2.813601	UT	C. Oviedo
25	41.98490	2.810200	UT	Devesa - Rotonda
26	41.99210	2.815800	UT	Rambla Xavier Culgat
27	41.97630	2.814200	UT	Pl. Europa
28	41.97580	2.814600	UB	Pl. Europa (so)

4.9 Col.locació de captadors a l'estació de referència

Seguint el procediment habitual desenvolupat per 4sfera, 1 punt de mostreig es va posar a l'estació de referència més propera a la zona d'estudi. En aquest cas es va posar a l'estació de qualitat de l'aire que hi ha a Girona mateix, a l'estació anomenada: Girona (Escola de Música). Aquesta estació està equipada amb un analitzador automàtic de quimioluminescència, que és l'aparell de mesura de referència (veure figura 14 per la localització de l'estació).

Figura 14: *Localització de l'estació de referència.*

En aquest punt de l'estació de referència els dosímetres passius es van posar en triplicat, 3 tubs (figura 15). Aquest exercici es porta a terme per calcular la precisió i exactitud de la campanya. A més a més, si s'escau convenient, es pot calcular un factor d'ajustament per compensar la tendència a sobre estimar dels tubs tipus Palmes.

Figura 15: *Col.locació del triplicat de control a l'estació automàtica*

4.10 openair - R package per l'anàlisi de dades de qualitat de l'aire

L'eina *Openair* (Carslaw i Ropkins, 2012) ha sigut escollida per poder realitzar una anàlisi més profunda de les dades automàtiques i il.lustrar de forma molt visual els resultats de l'estudi.

Openair és un paquet del programa R desenvolupat per tal d'analitzar les dades de qualitat de l'aire - o més generalment les dades de composició de l'atmosfera. El paquet s'utilitza àmpliament en el món acadèmic , el sector públic i privat. El projecte va ser finançat inicialment pel Natural Environment Research Council (NERC) del Regne Unit (NERC, s. d.), amb fons addicionals de Departament Britànic de Medi Ambient (DEFRA) (DEFRA, s. d.). L'eina d'*Openair* dóna la possibilitat d'introduir diferents variables en l'anàlisi de dades de qualitat de l'aire per poder identificar i quantificar el focus emissor de contaminants de la qualitat de l'aire. *Openair* va més enllà de les simples roses de vent on les úniques variables són velocitat i direcció del vent i el contaminant. *Openair* és una innovadora tècnica d'anàlisi de dades de qualitat de l'aire. Aquestes poderoses eines donen un millor coneixement de la contaminació de l' aire que permet obtenir una àmplia informació de les dades de les xarxes de vigilància.

5 Resultats

A continuació es presenten els resultats obtinguts de l'estudi de les concentracions de NO_2 i la seva interpretació, però abans és important destacar que el mètode utilitzat és indicatiu i que per tant les dades obtingudes en cap cas es poden utilitzar com a dades de referència per a compliment normatiu.

5.1 Verificació de les dades

Tot i els molts avantatges que presenta la tècnica dels dosímetres passius, aquests s'han d'utilitzar amb precaució i degudament ja que poden donar problemes intrínsecs al mètode. És per això que 4sfera sempre realitza la verificació dels resultats obtinguts seguint els protocols internacionals relacionats amb aquesta tècnica. La verificació de les dades consisteix en calcular la precisió i l'exactitud de la mesura gràcies a la comparació dels dosímetres amb l'estació de referència.

5.1.1 Precisió de la mesura

La **precisió** es refereix a la proximitat d'una serie de mesures entre si (repetibilitat). En aquest cas la precisió ens dona una idea de com d'iguals són les dades obtingudes amb els tres tubs col.locats a l'estació de referència. Això s'obté mitjançant el càlcul del coeficient de variació (CV), que no és res més que el quocient entre la desviació estàndard i la mitjana dels tres tubs. Segons les recomanacions establertes per aquest mètode, el CV ha de ser inferior al 10% per tal que els resultats es puguin considerar acceptables.

En el present estudi el CV obtingut va de 1 a 7.4 % (taula 12), amb una mitjana de 4.2 %. Per tant la precisió de les dades es pot considerar bona ja que el CV no supera el 10%.

Taula 12: *Dades obtingudes en les dues campanyes*

Període	Tub 1	Tub 2	Tub 3	Mitjana tubs	DS	CV(%)	Mitjana referència
p1903	23.67	26.70	27.05	25.8	1.9	7.4	22
p1904	29.14	28.77	29.32	29.1	0.3	1.0	29

5.1.2 Exactitud de la mesura

L'**exactitud** correspon a la proximitat de la mesura al valor real. En aquest cas l'exactitud es refereix a com s'assemblen els resultats obtinguts amb els dosímetres passius i els de l'estació de referència (taula 12). Això s'obté mitjançant el càlcul del valor anomenat "Bias A", que s'utilitza per ajustar els resultats obtinguts.

En aquest estudi el valor obtingut del "Bias A" va ser de 0.93, això significa que els valors bruts obtinguts amb els dosímetres van ser 7% diferents als reals, és a dir, van sobre-estimar les concentracions de NO_2. Per tant, totes les concentracions de NO_2 s'han d'ajustar mitjançant el factor del "Bias A".

La figura 16 il.lustra la relació entre els resultats automàtics i els tubs passius. Aquesta correlació és força típica pels tubs on generalment tenen un tendència a sobreestimar els resultats. L'exactitud dels tubs ha sigut dins del +-10% establert.

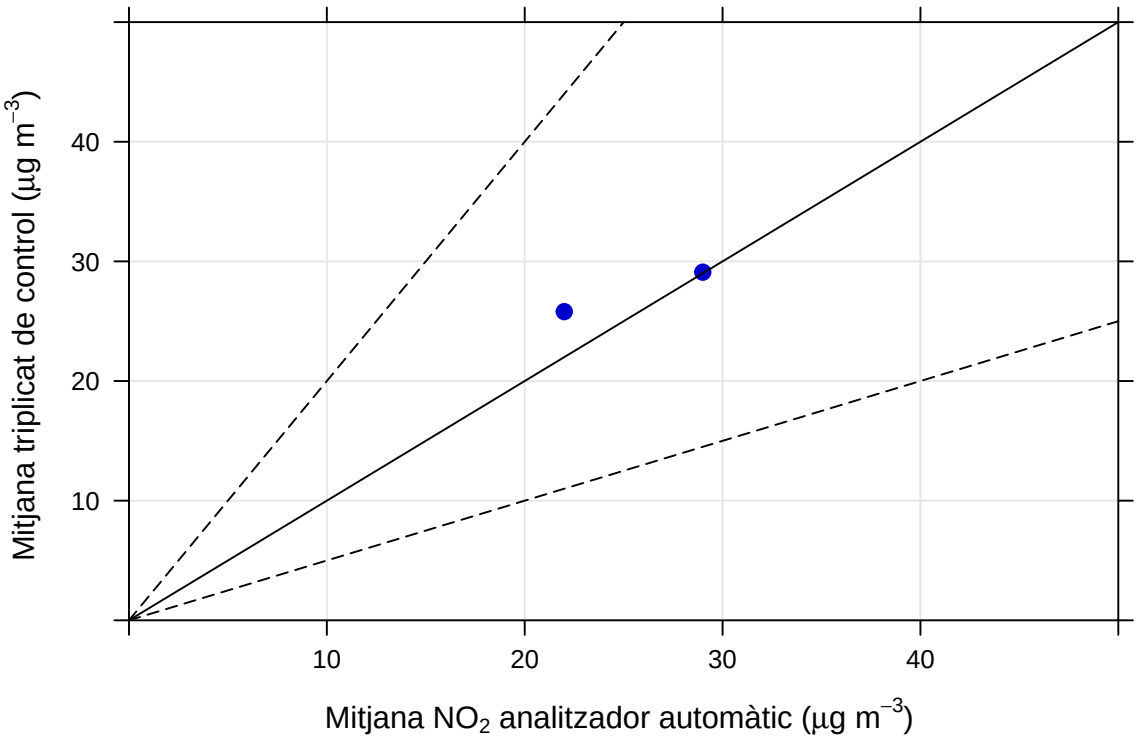

Figura 16: *Verificació dades de l'estudi amb dades automàtiques*

Seguint la guia anglesa de bones pràctiques en la gestió de les dades de qualitat de l'aire (LAQM.TG 2009), publicada pel departament de medi ambient del Regne Unit, s'ha

calculat també un factor d'ajust per "treure" la part estacional de les mesures, l'augment o la disminució pròpia de l'època de l'any. Això s'ha fet calculant la concentració mitjana de NO_2 a l'estació de referència durant els dos períodes i la mitjana durant tot l'any en que s'han realitzat les mesures (2019), i llavors s'ha fet la ràtio. En aquest cas la ràtio obtinguda ha estat de 1.01. Per tant, totes les concentracions de NO_2 s'han d'ajustar mitjançant aquest factor per tal de desestacionalitzar les dades.

5.2 Contextualització de les dades

Aquest informe inclou una petita anàlisi de les concentracions de NO_2 observades a l'estació de referència de Girona (Escola de Música) per tal de cotextualitzar els resultats obtinguts i donar valor afegit a les dades indicatives.

5.2.1 Concentracions de NO_2 a l'estació de Girona (Escola de Música)

La figura 17 il.lustra la mitjana anual de NO_2 a l'estació de Girona (Escola de Música) entre l'any 2011 i 2019. Els nivells anuals de NO_2 a aquesta estació han oscil.lat entre 26 ug/m^3 l'any 2019 i 36 ug/m^3 l'any 2012.

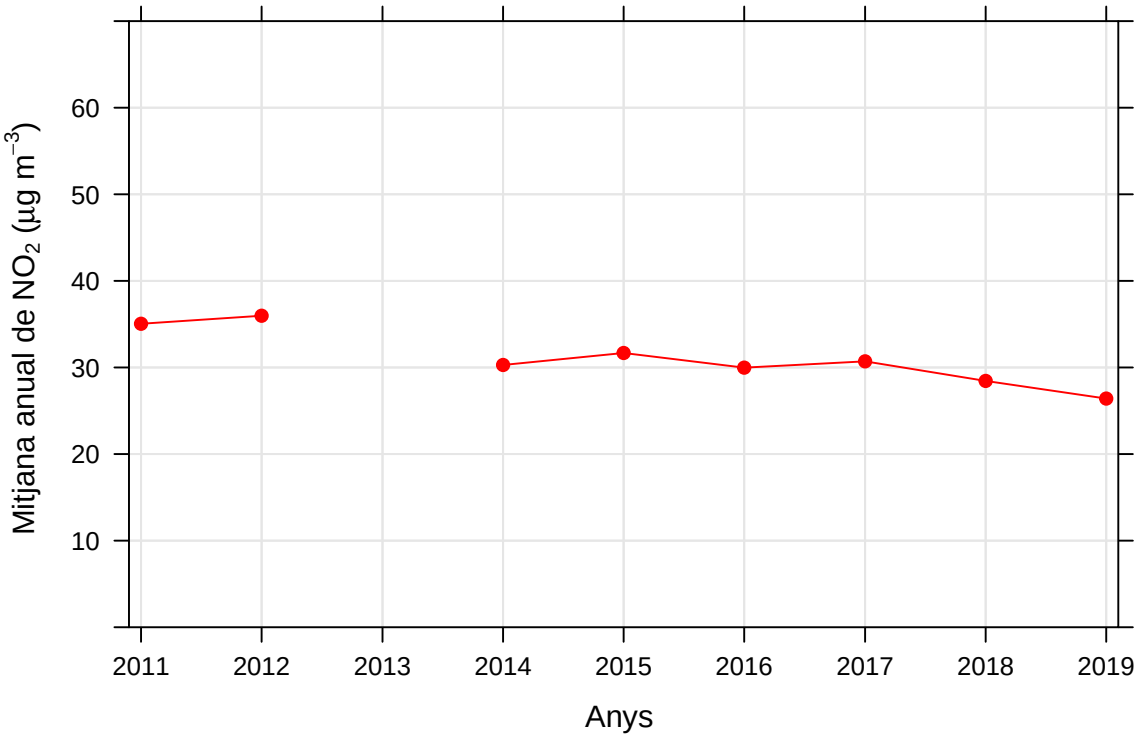

Figura 17: *Mitjanes anuals de NO_2 a l'estació de referència.*

La variació mensual dels nivells de NO_2 a l'estació s'observa a la figura 18, on es pot veure el cicle anual molt marcat amb concentracions màximes a l'hivern i mínimes a l'estiu.

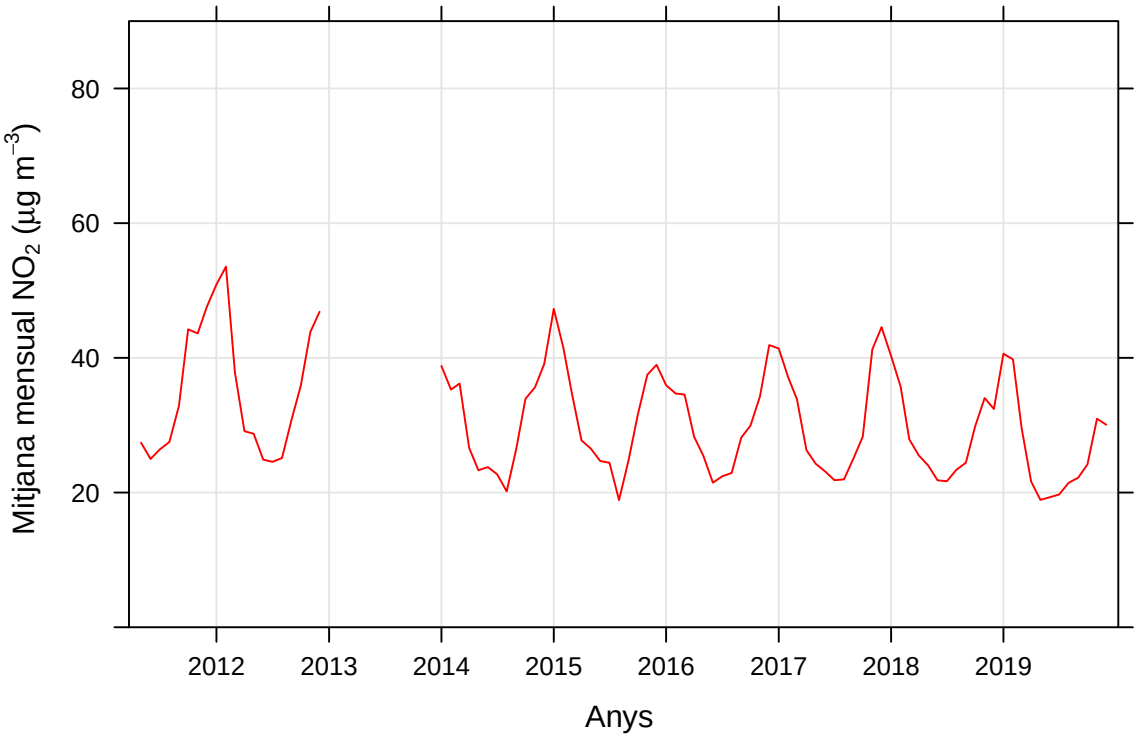

Figura 18: *Variació mensual de NO_2 a l'estació de referència.*

5.2.2 Anàlisi detallada de la variació temporal de les concentracions de NO_2

Les característiques dels nivells de NO_2 de l'estació de referència s'han estudiat mitjançant l'eina *openair*. L'anàlisi detallada de la variació temporal inclou les variacions: Diürnes (Dia / hores), Setmanals (dies de la setmana) i Mensuals (estacionals).

Aquesta anàlisi detallada s'il.lustra a les figures 19, 20 i 21. La variació que s'observa és típica d'una estació de trànsit. Aquesta variació es pot resumir en els següents punts:

- els nivells més elevats s'observen durant les hores punta del trànsit (matí i tarda),
- els nivells més baixos es registren al migdia i a la nit,
- les concentracions són més elevades durant els dies feiners (de dilluns a divendres) que al cap de setmana i
- el mínim anual s'observa a l'estiu (Juliol i Agost), mentre que les concentracions més elevades es donen a l'hivern.

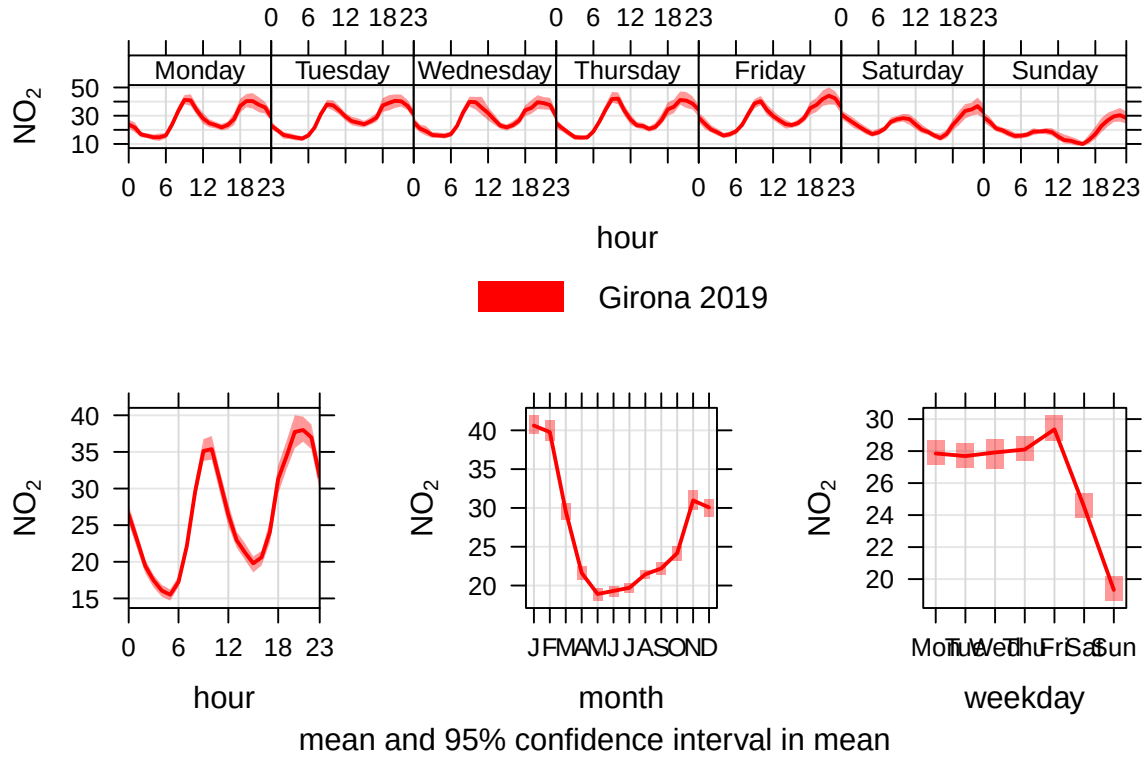

Figura 19: *Anàlisi detallada de la variació temporal de les concentracions de NO_2 durant el 2019.*

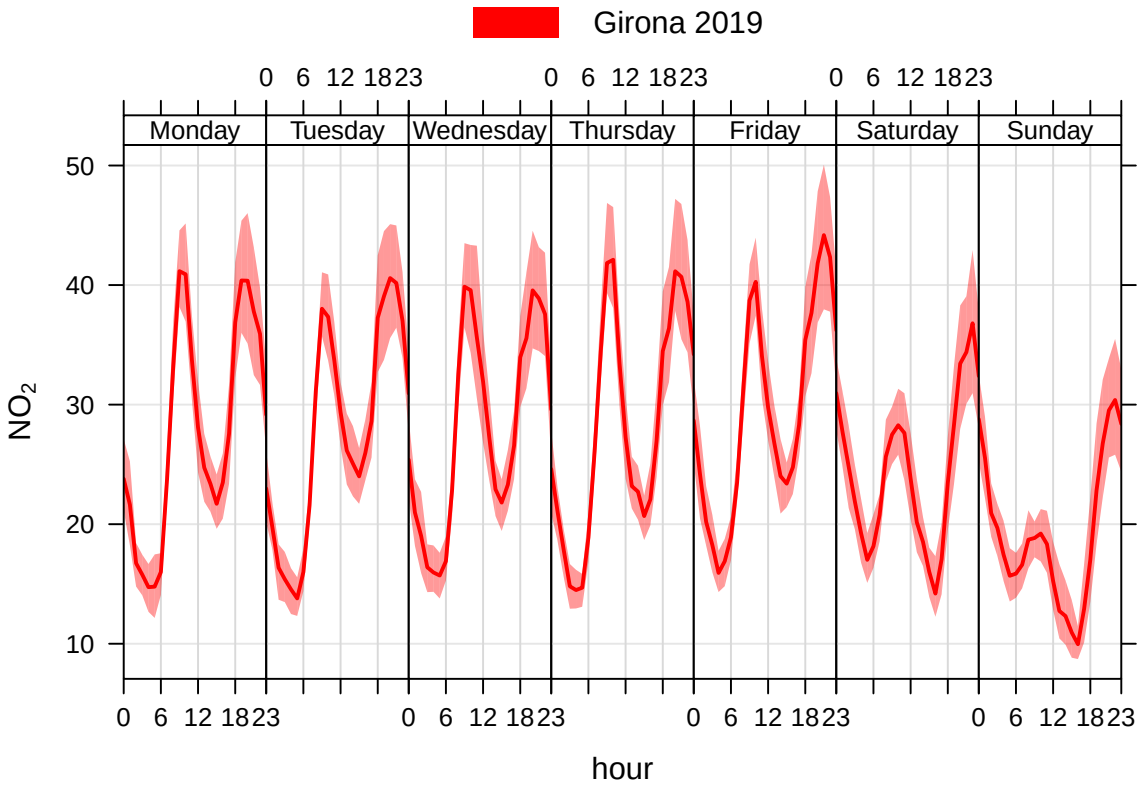

Figura 20: *Anàlisi detallada de la variació diria-setmanal durant el 2019.*

La variació de les concentracions de NO_2 durant l'any 2019 s'il.lustra a la figura 21. Aquesta variació és típica amb nivells baixos Juliol/Agost i més elevats Gener-Març i Octubre-Desembre.

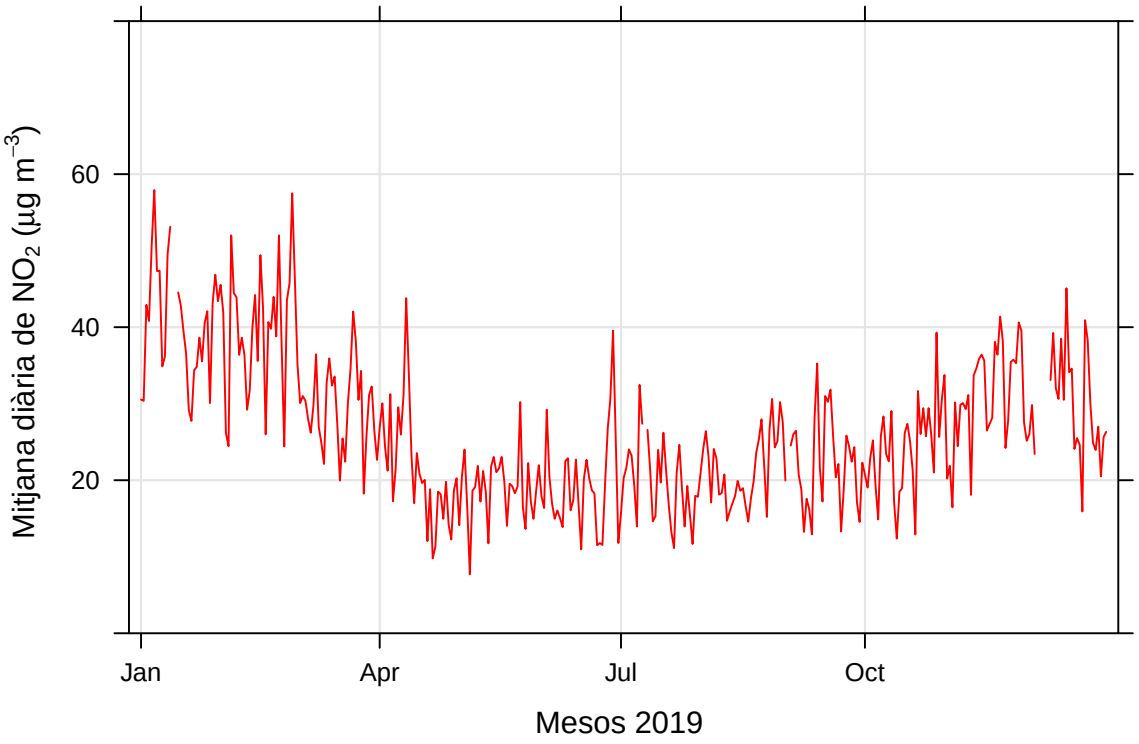

Figura 21: *Concentracions diàries de NO_2 durant l'any 2019.*

5.2.3 Variació de les concentracions de NO_2 durant l'estudi

Les concentracions de NO_2 a l'estació de referència durant els dos períodes de mostreig de dosímetres pasius es mostren a continuació. La figura 22 correspon al primer període de l'estudi i la figura 23 al segon període.

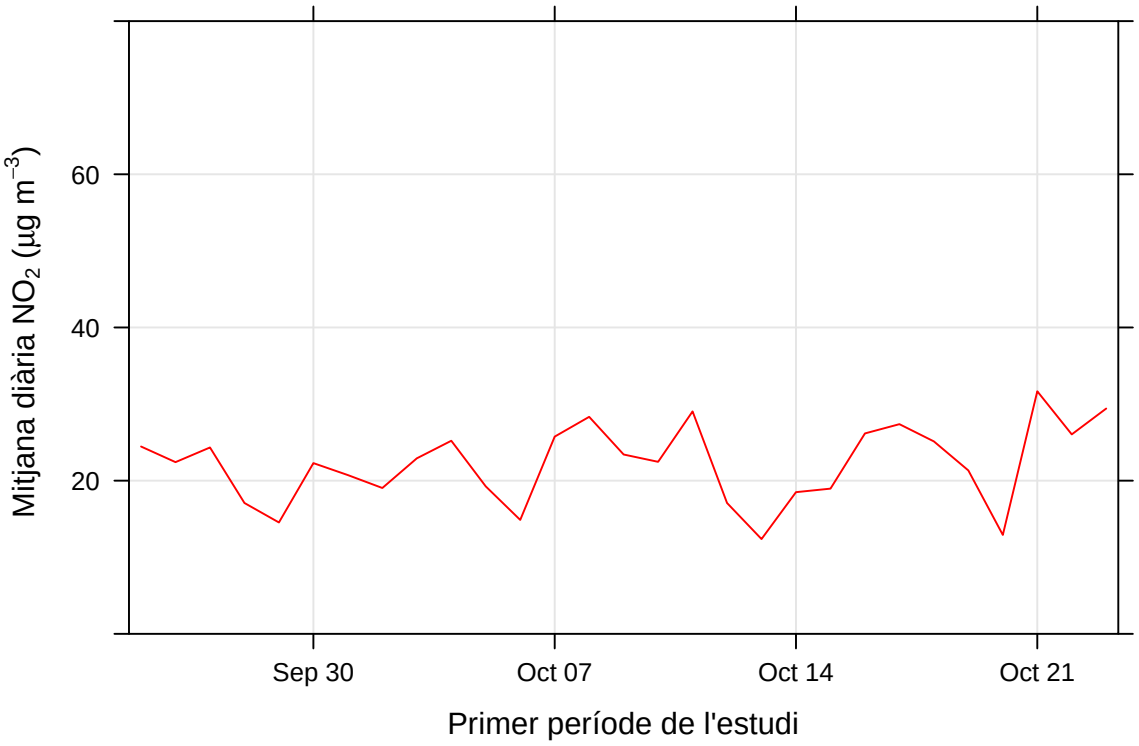

Figura 22: *Anàlisi detallada de la variació temporal de NO_2 durant el primer període.*

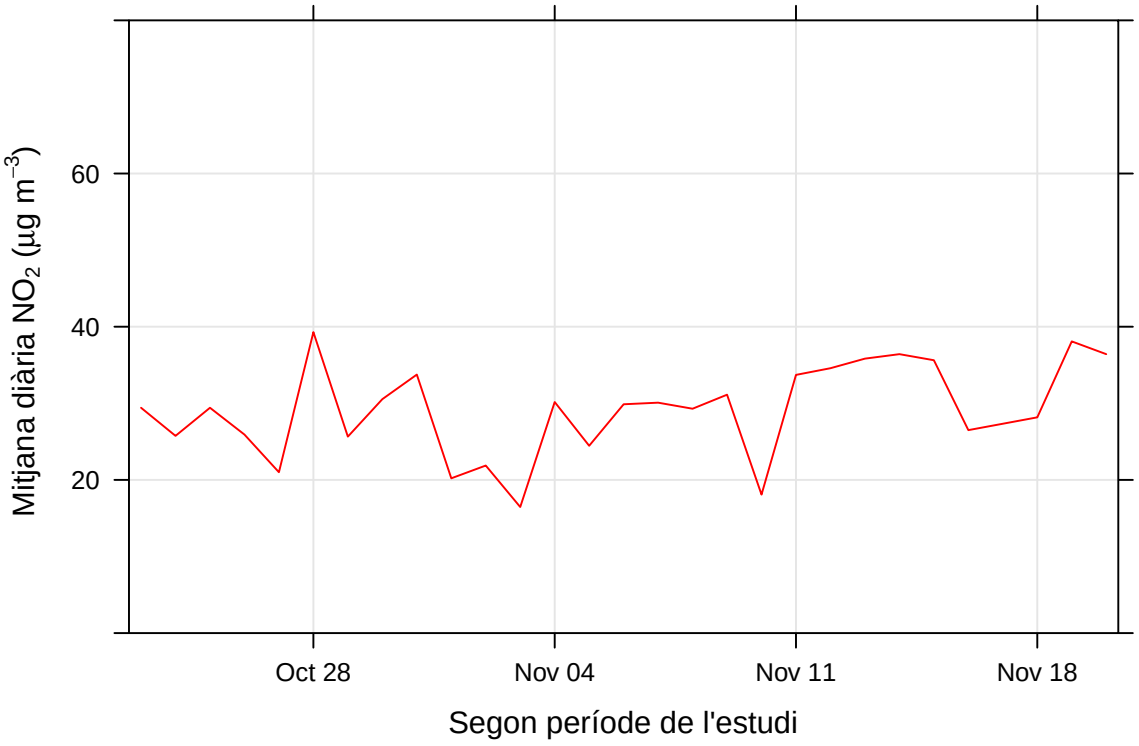

Figura 23: *Anàlisi detallada de la variació temporal de NO_2 durant el segon període.*

Com ja s'ha dit, les concentracions de NO_2 obtingudes mitjançant el mètode de dosímetres passius són indicatives i en cap cas es poden utilitzar per a compliment normatiu. Tot i això en algun cas els resultats s'han comparat amb el límit legal anual (40 ug/m^3). A continuació s'analitzen els resultats obtinguts amb els dosímetres passius.

5.3 Anàlisi de les concentracions de NO_2 a la ciutat de Girona

La gràfica de barres (figura 24) resumeix les mitjanes obtingudes pels 2 períodes tant als punts de la xarxa semipermanent com en els punts del projecte Cleanair@schools. Les concentracions de NO_2 a la ciutat de Girona oscil.len entre 10.8 i 61 ug/m^3, amb una mitjana de 29 ug/m^3.

Concretament, el fons urbà de la ciutat varia entre 13.1 ug/m^3 i 38.7 ug/m^3 amb una mitjana de 24 ug/m^3. Per tant tots els punts de fons són inferiors al valor límit de 40 ug/m^3 (figura 25).

Les concentracions més altes de NO_2 s'han registrat en els punts de més trànsit, com era d'esperar. En particular, les concentracions en les zones de trànsit oscil.len entre 14.6 ug/m^3 i 61 ug/m^3 amb una mitjana de 32. Només 22 punts de 129 presenten concentracions superiors a 40 ug/m^3.

Tot i així, l'impacte als nivells de qualitat de l'aire als interiors de les aules és menor. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula de totes les escoles estudiades oscil.len entre 10.8 ug/m^3 i 29.9 ug/m^3, amb una mitjana de 20.

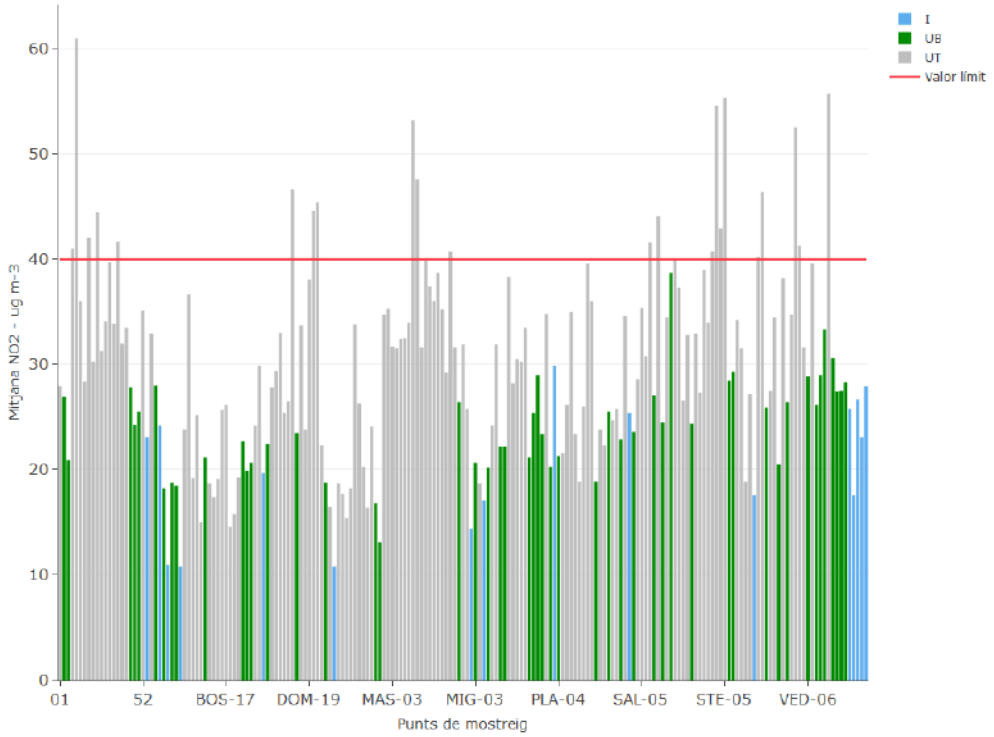

Figura 24: *Concentracions mitjanes de NO_2 dels dos períodes per a tots els punts mostrejats.*

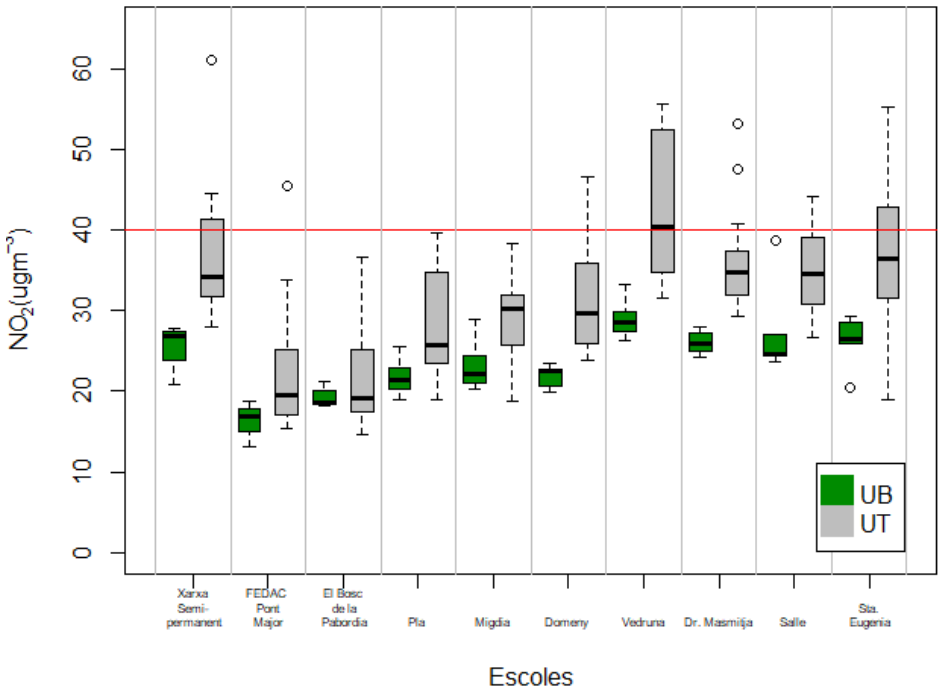

Figura 25: *Concentracions mitjanes de NO_2 dels dos períodes per als punts de fons i de trànsit.*

La distribució espacial de les concentracions mitjanes de NO_2 pels dos periodes s'il.lustra al mapa de la figura 26. Aquest mapa mostra tant els punts de trànsit com els de fons urbà de tota la ciutat.

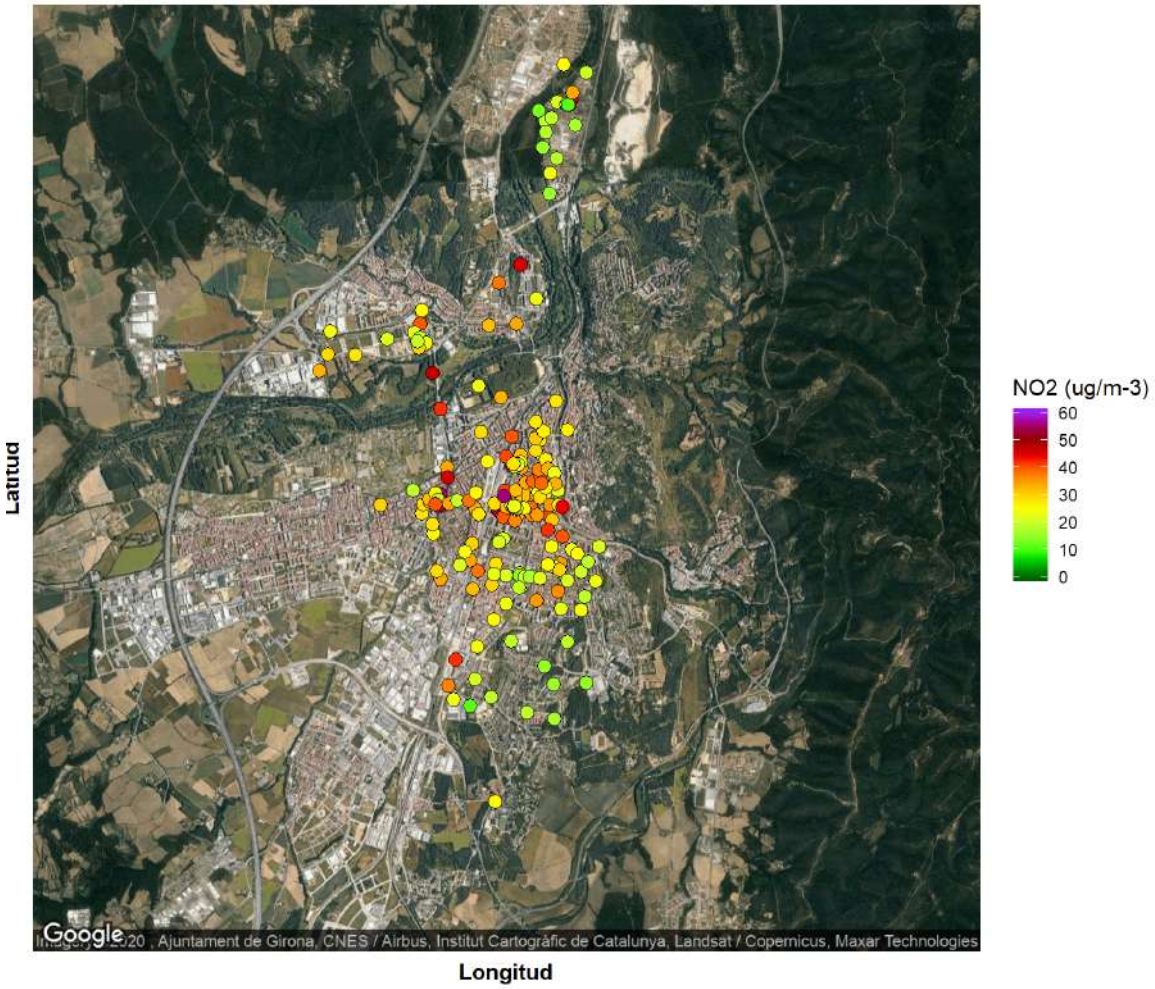

Figura 26: *Mapa de les concentracions mitjanes de NO_2.*

Les concentracions més elevades a les zones de trànsit s'han mesurat al punt 05 (Ronda Ferran Puig) amb 61 ug/m^3, seguit del punt VED-11 (Carretera Barcelona, 30) amb 55.7 ug/m^3 i del STE-05 (rotonda xino) amb 55.3 ug/m^3.

Els nivells de fons més elevats dins la ciutat de Girona són en el punt SAL-12 (Plaça Miquel Santaló i Pavor) amb 33.3 ug/m^3, seguit del punt VED-10 (Plaça Sardana (Devesa-Davant Gesemé)) amb 33.3 ug/m^3 i del VED-12 (Carrer Nou, 16) amb 30.6 ug/m^3.

5.4 Anàlisi de les concentracions de NO_2 a la xarxa semipermanent de l'Ajuntament de Girona

El mostreig de la xarxa semipermanent indica nivells que oscil·len entre 20.9 i 61 ug/m^3 (figures 27 i 28). La mitjana de tots els punts de fons urbà és de 25 ug/m^3 i la mitjana de tots els punts de trànsit és de 37 ug/m^3. Dels 18 punts de mostreig, 13 punts tenen resultats inferiors a 40 ug/m^3, per tant només 5 superaria el valor límit legal anual.

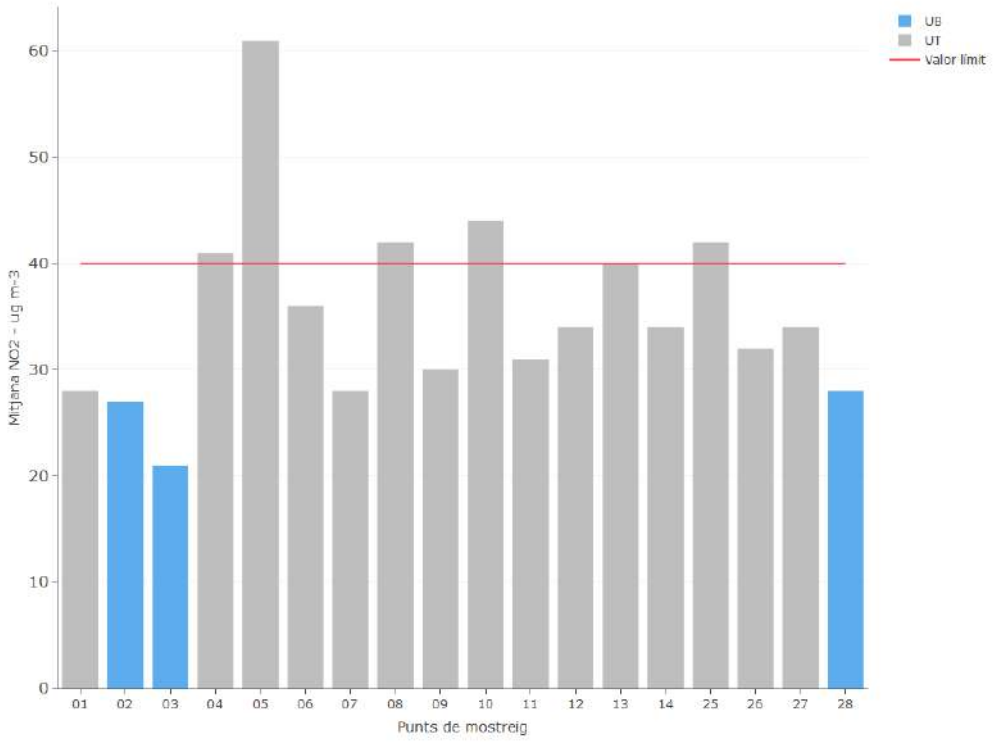

Figura 27: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 de la xarxa semipermanent.*

La distribució espacial de les concentracions mitjanes de NO_2 pels 2 períodes s'il·lustra al mapa de la figura 28. Aquest mapa mostra tant els punts de trànsit com els de fons urbà de tota la ciutat. Les concentracions més elevades es van mesurar al punt 05 (Ronda Ferran Puig) amb 61 ug/m^3, seguit del punt 10 (C. Pont Major) amb 44.5 ug/m^3 i del 08 (Ctra Barcelona - Bolera) amb 42 ug/m^3.

Les concentracions de fons més elevades dins la ciutat es van obtenir en el punt 28 (Pl. Europa (so)) amb 27.8 ug/m^3, seguit del punt 02 (Pl. del Vi) amb 26.9 ug/m^3 i del 03 (Parc del Migdia) amb 20.9 ug/m^3.

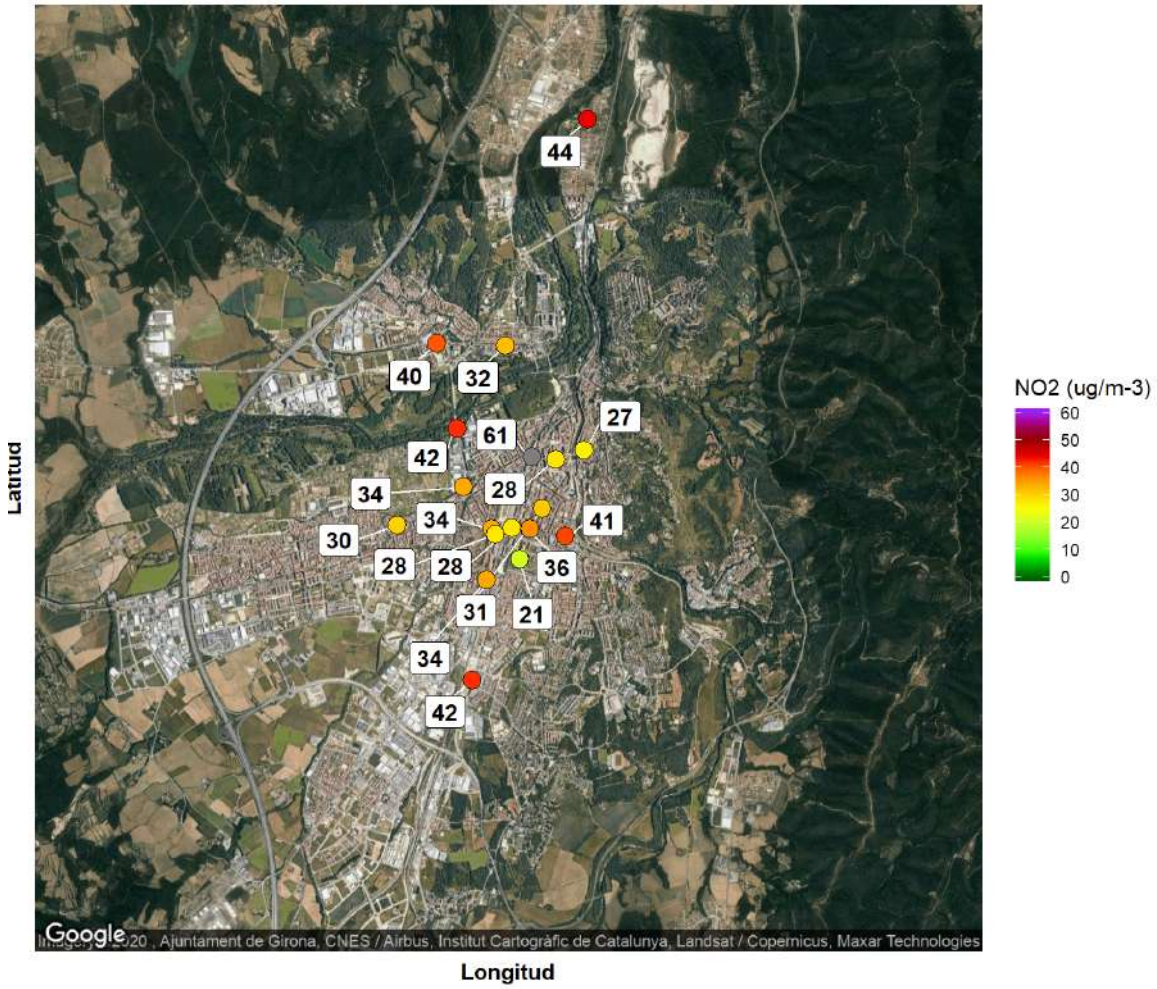

Figura 28: *Mapa de les concentracions de NO_2 a la xarxa semipermanent.*

La taula 13 conté les concentracions de NO_2 obtingudes a cada punt de la xarxa semipermanent.

Per entendre millor els resultats obtinguts a la xarxa semipermanent, aquest es presenten dividits per categories, segons si el punt és de fons o de trànsit.

Taula 13: *Nivells NO2 de la xarxa semipermanent.*

Punt	Tipus	NO2	Descripció
05	UT	61.0	Ronda Ferran Puig
10	UT	44.5	C. Pont Major
08	UT	42.0	Ctra Barcelona - Bolera
25	UT	41.7	Devesa - Rotonda
04	UT	41.0	C. Rutlla
13	UT	39.7	Crta Sant Gregori
06	UT	36.0	C. de la Creu
12	UT	34.1	Maristes
14	UT	33.9	C. Oviedo
27	UT	33.5	Pl. Europa
26	UT	32.0	Rambla Xavier Culgat
11	UT	31.3	C. Maragall
09	UT	30.3	Santa Eugènia
07	UT	28.4	C. Sant Francesc
01	UT	27.9	Estació Escola de Música
28	UB	27.8	Pl. Europa (so)
02	UB	26.9	Pl. del Vi
03	UB	20.9	Parc del Migdia

5.4.1 Concentracions de NO_2 al fons urbà de la xarxa

Dels 18 punts de la xarxa, 3 punts estan considerats de fons urbà, allunyats del trànsit (figura 29 i taula 14). La mitjana d'aquests punts va ser de 25 ug/m^3, amb una concentració màxima de 27.8 ug/m^3 al punt 28 (Pl. Europa (so)) i una mínima de 20.9 ug/m^3 al punt 03 (Parc del Migdia). Per tant, dels 3 punts cap presenta concentracions superiors a 40 ug/m^3.

Taula 14: *Nivells de NO2 en punts de fons urbà.*

Punt	Nom	Mitjana NO2
28	Pl. Europa (so)	27.8
02	Pl. del Vi	26.9
03	Parc del Migdia	20.9

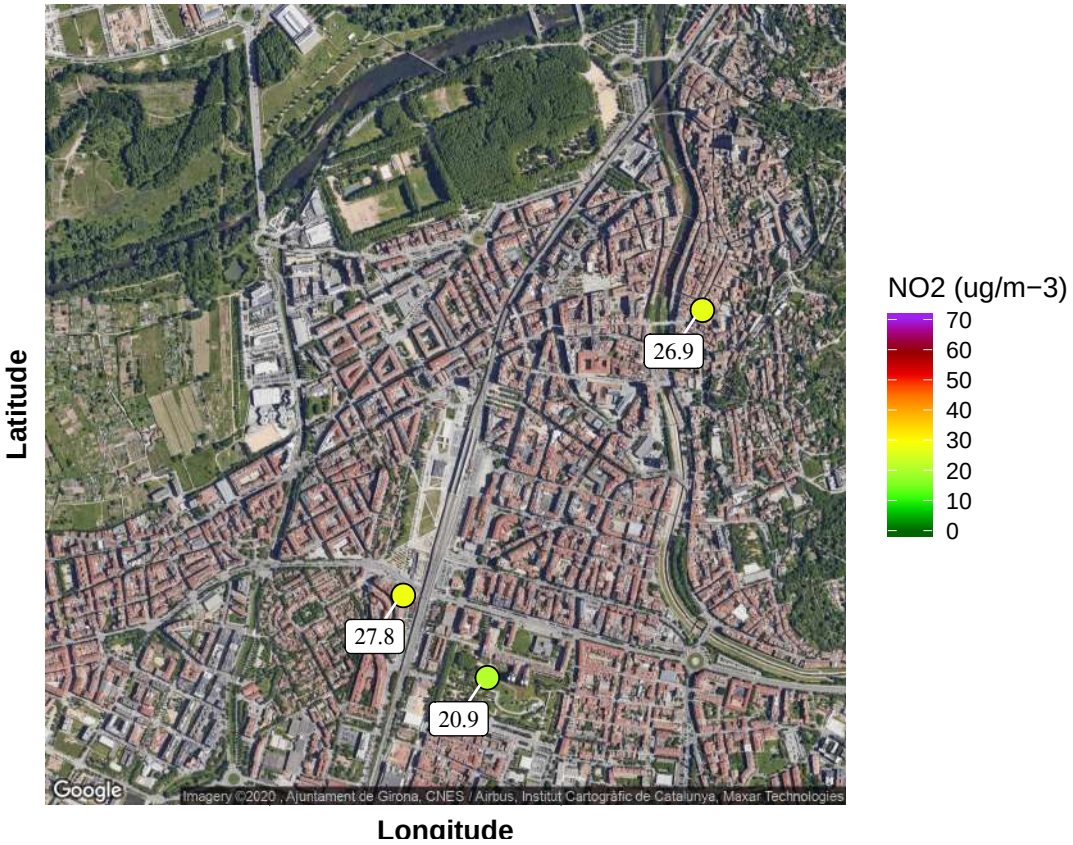

Figura 29: *Mapa de les mitjanes de NO_2 al fons urbà.*

5.4.2 Concentracions de NO_2 a les zones de trànsit de la xarxa

A la xarxa hi ha 15 punts considerats de trànsit urbà. La mitjana d'aquests punts va ser de 37 ug/m^3. A la taula 15 es poden veure les concentracions obtingudes a cada punt de trànsit. Les figures 30 i 31 mostren la distribució espacial de les concentracions de NO_2 als punts de trànsit.

La concentració més elevada obtinguda en els punts de trànsit va ser de 61 ug/m^3 al punt 05 (Ronda Ferran Puig) i la mínima va ser de 27.9 ug/m^3 al punt 01 (Estació Escola de Música). Dels 15 punts, només 5 punt va enregistrar concentracions superiors a 40 ug/m^3.

Taula 15: *Nivells de trànsit urbà*

Punt	Nom	Mitjana NO2
05	Ronda Ferran Puig	61.0
10	C. Pont Major	44.5
08	Ctra Barcelona - Bolera	42.0
25	Devesa - Rotonda	41.7
04	C. Rutlla	41.0
13	Crta Sant Gregori	39.7
06	C. de la Creu	36.0
12	Maristes	34.1
14	C. Oviedo	33.9
27	Pl. Europa	33.5
26	Rambla Xavier Culgat	32.0
11	C. Maragall	31.3
09	Santa Eugènia	30.3
07	C. Sant Francesc	28.4
01	Estació Escola de Música	27.9

Els 5 punts amb concentracions més crítiques de la xarxa són: Ronda Ferran Puig (punt 05) amb 61 ug/m^3; C. Pont Major (punt 10) amb 44.5 ug/m^3, Ctra Barcelona - Bolera (punt 08) amb 42 ug/m^3; Devesa - Rotonda (punt 25) amb 41.7 ug/m^3 i C. Rutlla (punt 04) amb 41 ug/m^3.

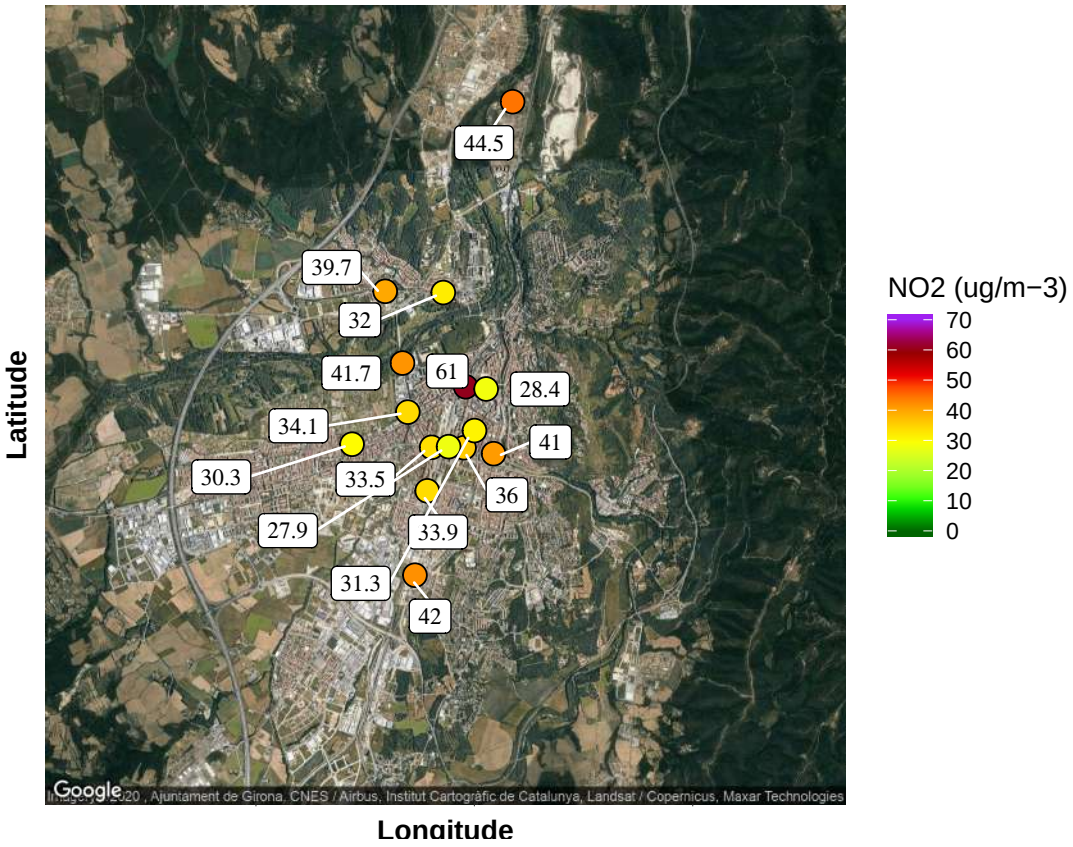

Figura 30: *Mapa de les mitjanes de NO_2 a punts urbans de trànsit*

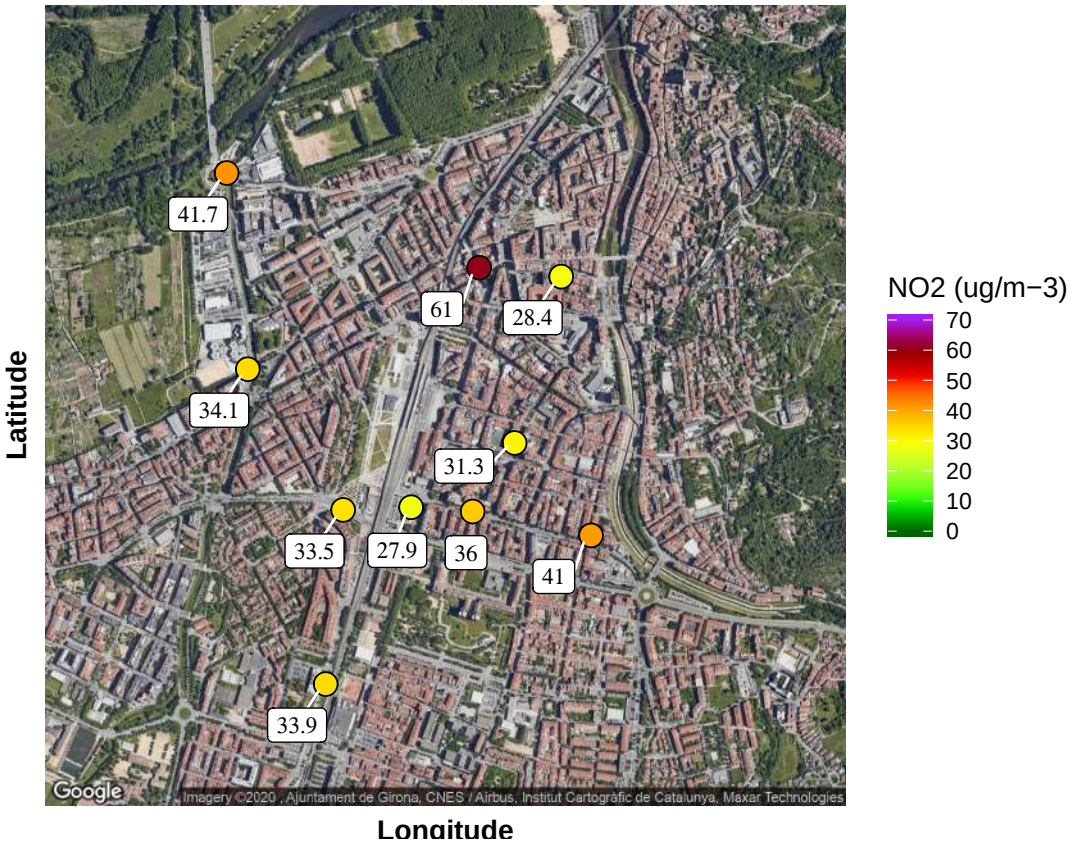

Figura 31: *Mapa de les mitjanes de NO_2 a punts urbans de trànsit (zoom)*

5.5 Anàlisi de les concentracions de NO_2 als centres educatius

A continuació es presenten les concentracions mitjanes obtingudes pels dos períodes individualment per cada escola.

5.5.1 Resultats: Escola Bosc de la Pabordia

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 10.8 i 36.7 ug/m^3 (figures 32 i 33) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 11 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 25.9 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

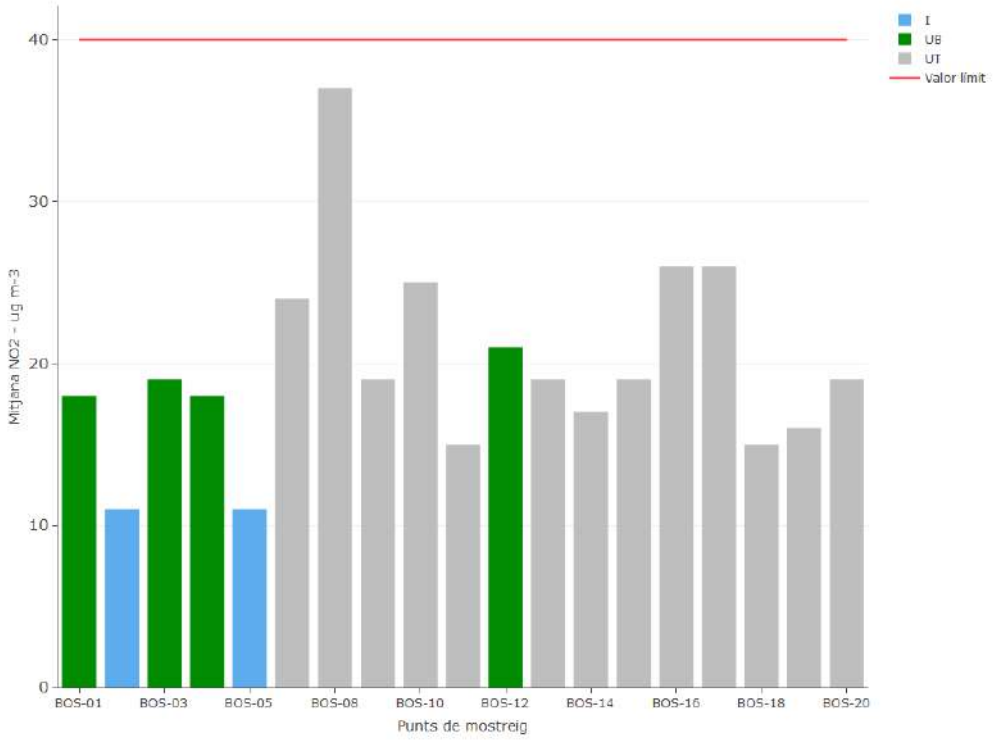

Figura 32: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Bosc de la Pabordia.*

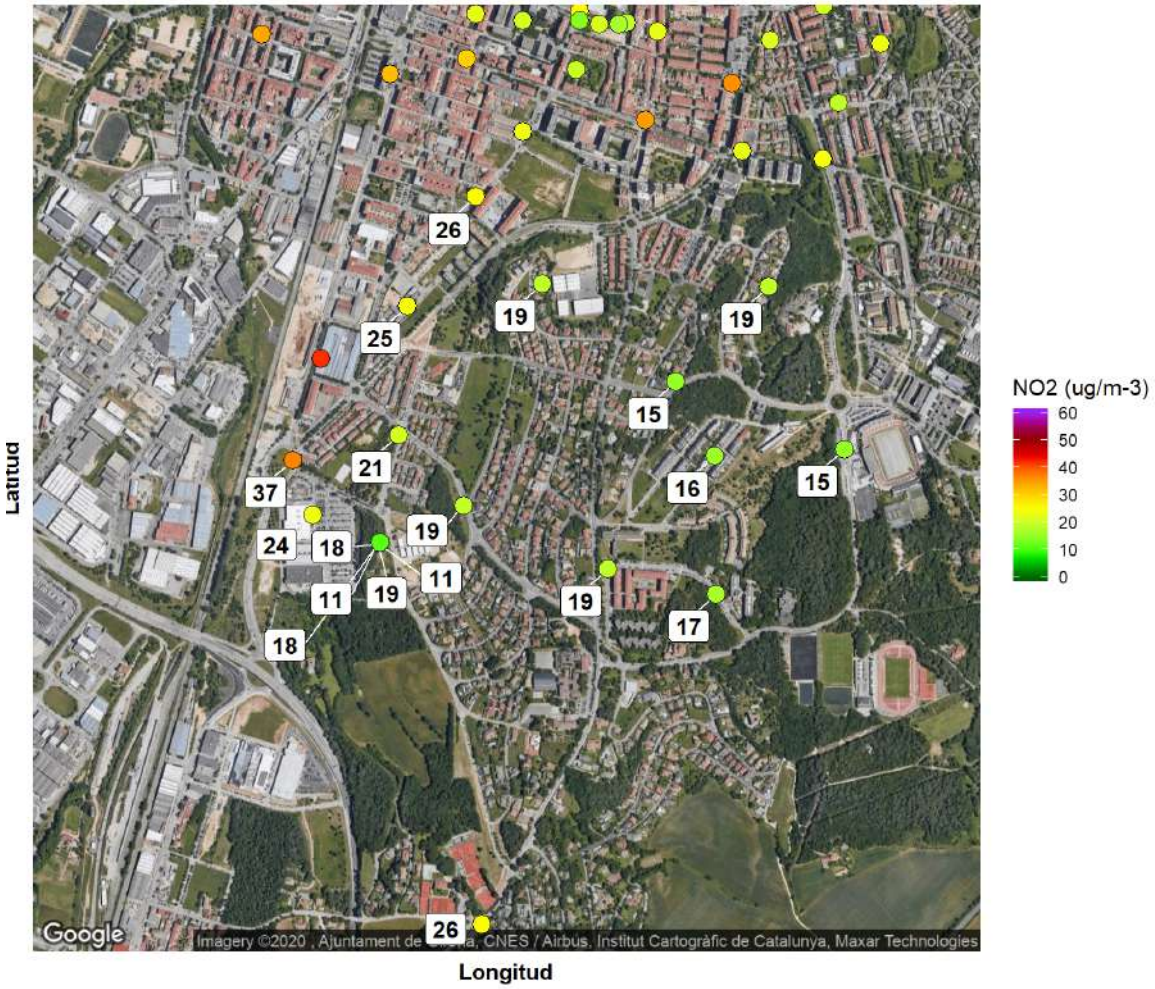

Figura 33: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Bosc de la Pabordia.*

La taula 16 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 16: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Bosc de la Pabordia*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
BOS-08	UT	36.7	Regular	ROTONDA MC DONALDS
BOS-17	UT	26.2	Bona	MONTESSORI
BOS-16	UT	25.7	Bona	CARRER MIGDIA, DREAMS
BOS-10	UT	25.2	Bona	ESCOLA MARTA MATA
BOS-07	UT	23.8	Bona	ENTRADA DECATHLON
BOS-12	UB	21.2	Bona	PARC DE BAIX DE L'ESCOLA
BOS-20	UT	19.3	Molt bona	FONT DE L'ABELLA
BOS-09	UT	19.2	Molt bona	BOSTON JOCS OLIMPICS
BOS-15	UT	19.1	Molt bona	PAVELLÓ PALAU
BOS-03	UB	18.8	Molt bona	PATI CICLE SUPERIOR
BOS-13	UT	18.7	Molt bona	ERMESSENDA
BOS-04	UB	18.5	Molt bona	PATI CICLE INICIAL
BOS-01	UB	18.2	Molt bona	PORTA ENTRADA ESCOLA
BOS-14	UT	17.4	Molt bona	RESIDÈNCIA AVIS PALAU
BOS-19	UT	15.8	Molt bona	YTER
BOS-11	UT	15.0	Molt bona	CAMP GIRONA MONTILIVI
BOS-18	UT	14.6	Molt bona	MAS ABELLA
BOS-02	I	11.0	Molt bona	MENJADOR ESCOLA
BOS-05	I	10.8	Molt bona	BIBLIOTECA

5.5.2 Resultats: Escola Domeny

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 19.7 i 46.6 ug/m^3 (figures 34 i 35) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 19.7 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 26.9 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

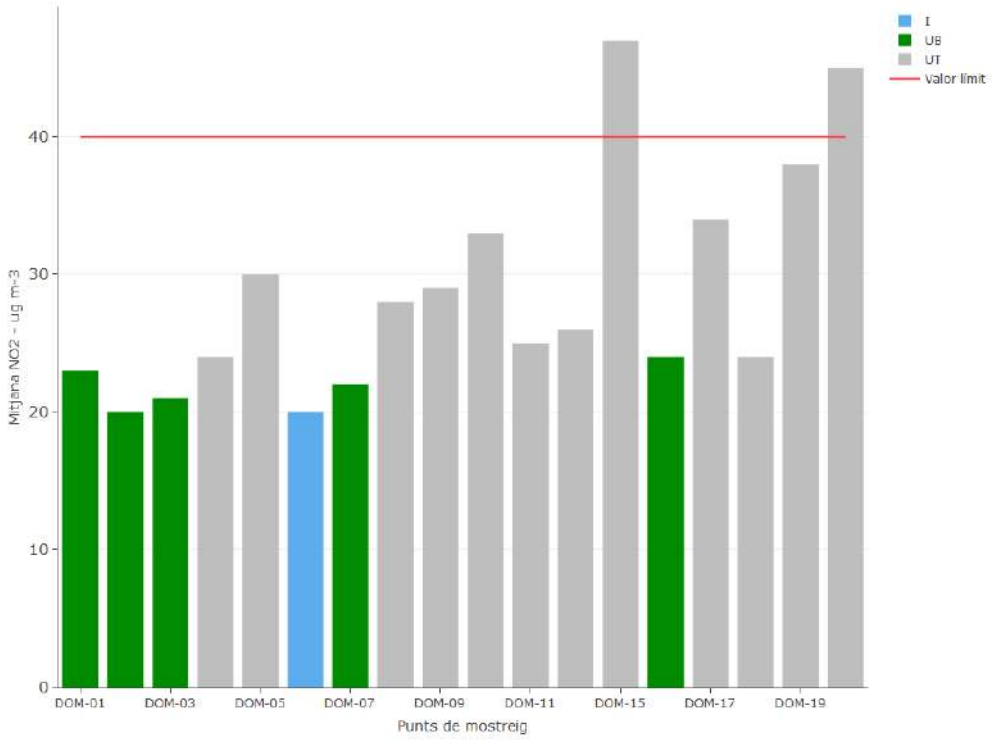

Figura 34: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Domeny.*

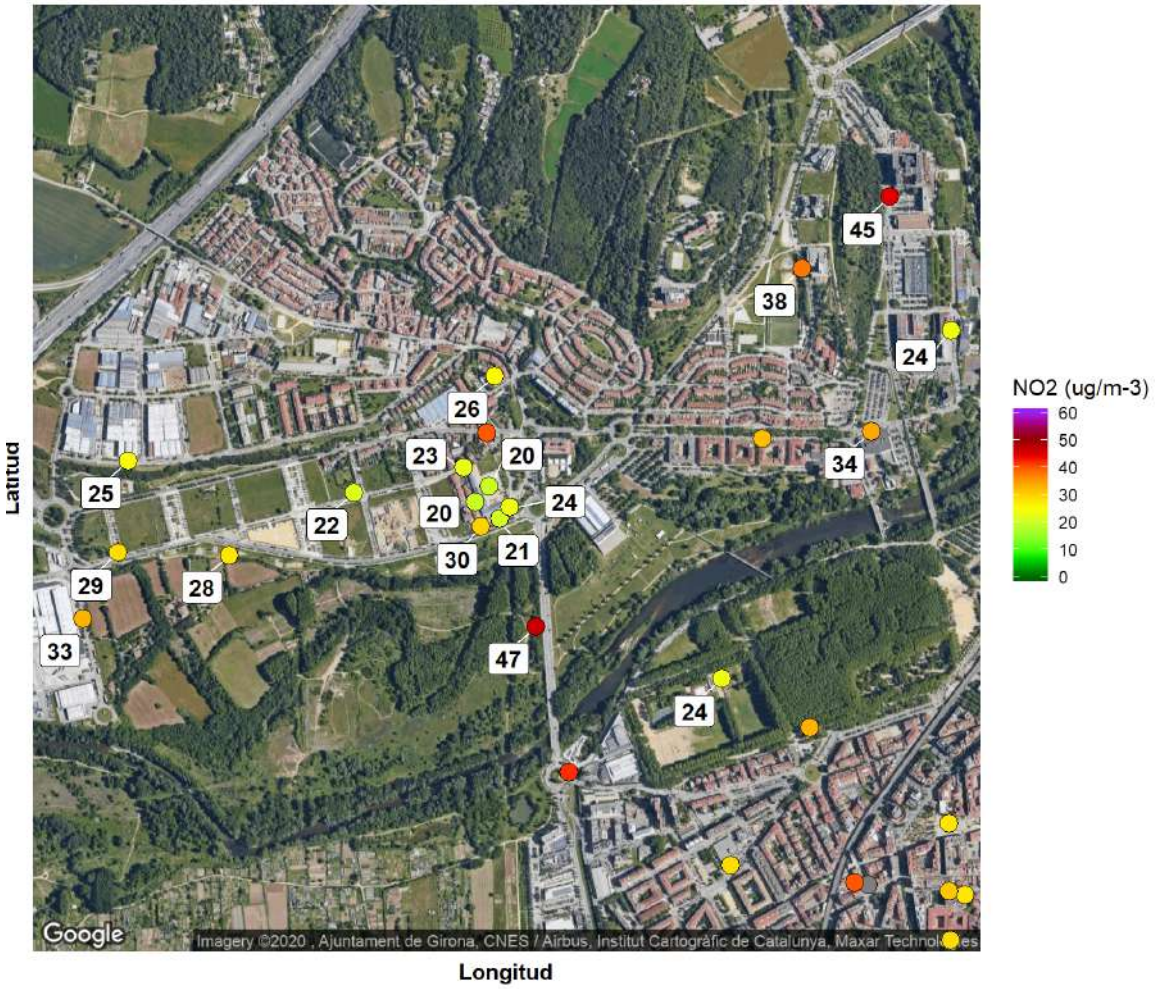

Figura 35: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Domeny.*

La taula 17 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 17: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Domeny*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
DOM-15	UT	46.6	Pobra	Pont de Fontajau
DOM-20	UT	44.6	Pobra	Trueta
DOM-19	UT	38.1	Regular	Can Sunyer
DOM-17	UT	33.7	Regular	Ocine
DOM-10	UT	33.0	Regular	Nestlé
DOM-05	UT	29.9	Bona	Entrada Roberto Bolaño
DOM-09	UT	29.4	Bona	Roberto Bolaño amb C/Xirinacs
DOM-08	UT	27.8	Bona	Parc de Domeny
DOM-12	UT	26.5	Bona	Celler de Can Roca
DOM-11	UT	25.4	Bona	Bo de Bo
DOM-04	UT	24.2	Bona	Entrada pàrquing
DOM-18	UT	23.8	Bona	GEIEG
DOM-16	UB	23.5	Bona	Devesa zona Agility
DOM-01	UB	22.7	Bona	sorral
DOM-07	UB	22.5	Bona	Residencial Domeny c/ Bullidors amb c/ Damià Escuder
DOM-03	UB	20.7	Bona	pati infantil
DOM-02	UB	19.9	Molt bona	pati escola
DOM-06	I	19.7	Molt bona	Aula 6è A

5.5.3 Resultats: Escola FEDAC Pont Major

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 10.8 i 45.4 ug/m^3 (figures 36 i 37) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 10.8 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 34.6 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

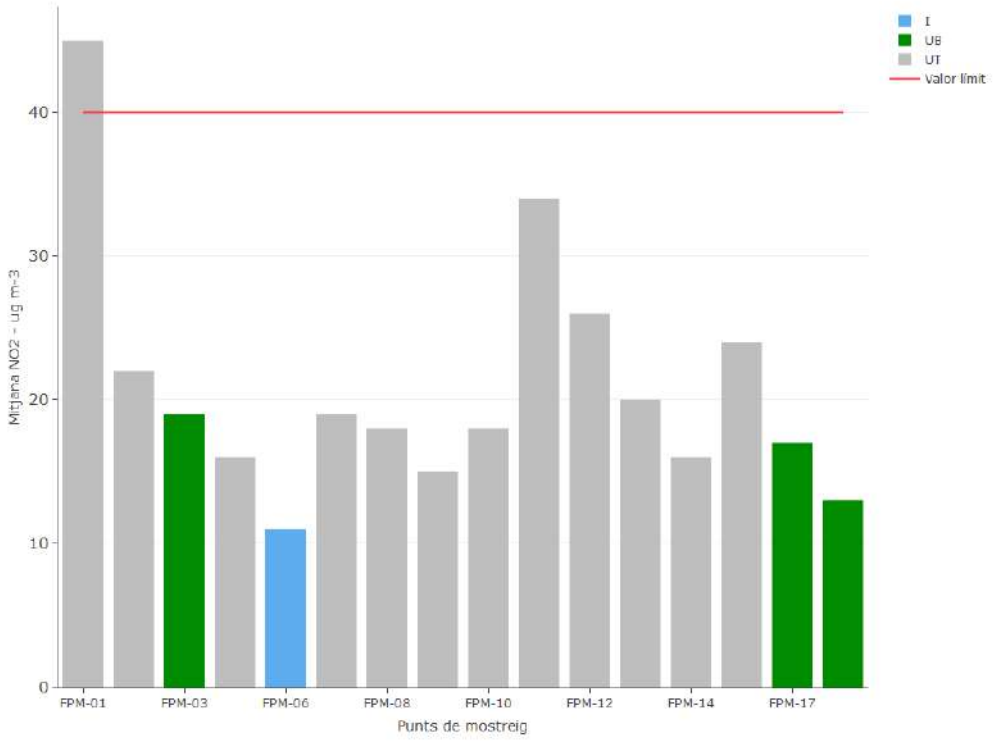

Figura 36: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola FEDAC Pont Major.*

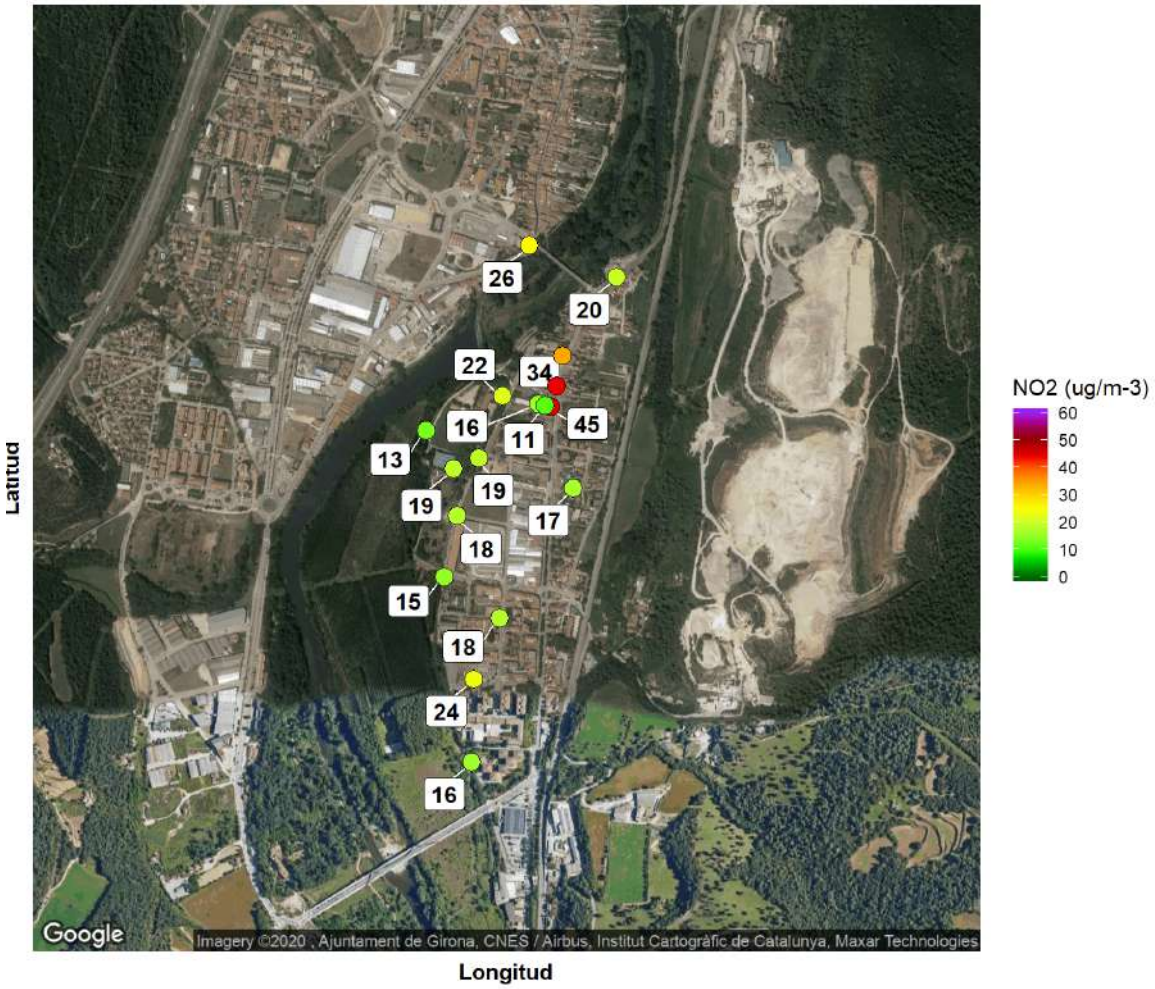

Figura 37: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola FEDAC Pont Major.*

La taula 18 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 18: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola FEDAC Pont Major*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
FPM-01	UT	45.4	Pobra	porta principal
FPM-11	UT	33.8	Regular	Centre cívic
FPM-12	UT	26.3	Bona	C255 km0
FPM-16	UT	24.1	Bona	cantonda teisa
FPM-02	UT	22.3	Bona	porta del darrera
FPM-13	UT	20.3	Bona	resta. Ca la P.
FPM-03	UB	18.8	Molt bona	davant pavelló
FPM-07	UT	18.7	Molt bona	parc infantil
FPM-10	UT	18.2	Molt bona	Centre penit.
FPM-08	UT	17.7	Molt bona	Port lligat 12
FPM-17	UB	16.8	Molt bona	carrer de na Carme Gubert,7
FPM-05	UT	16.5	Molt bona	pati de l'escola
FPM-14	UT	16.4	Molt bona	carrer fuerteventura,10
FPM-09	UT	15.4	Molt bona	Pl. Isabel Vila
FPM-19	UB	13.1	Molt bona	darrere camp de fútbol
FPM-06	I	10.8	Molt bona	aula de 5è

5.5.4 Resultats: Escola Dr. Masmitjà

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 23.1 i 53.2 ug/m^3 (figures 38 i 39) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 24.2 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 30.1 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

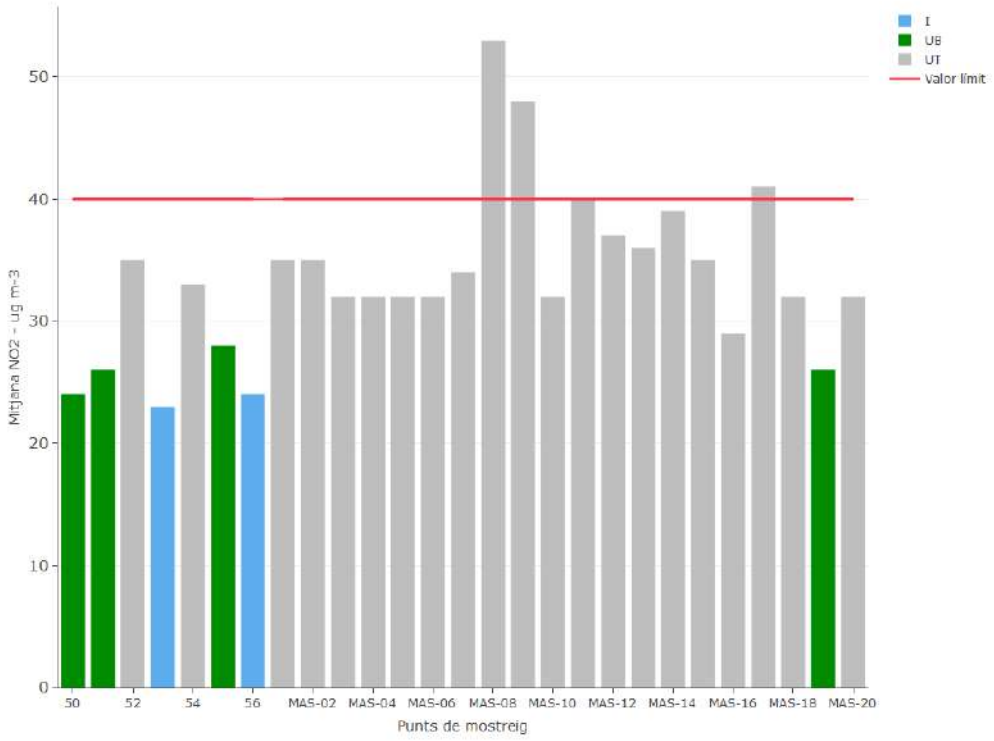

Figura 38: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Dr. Masmitjà.*

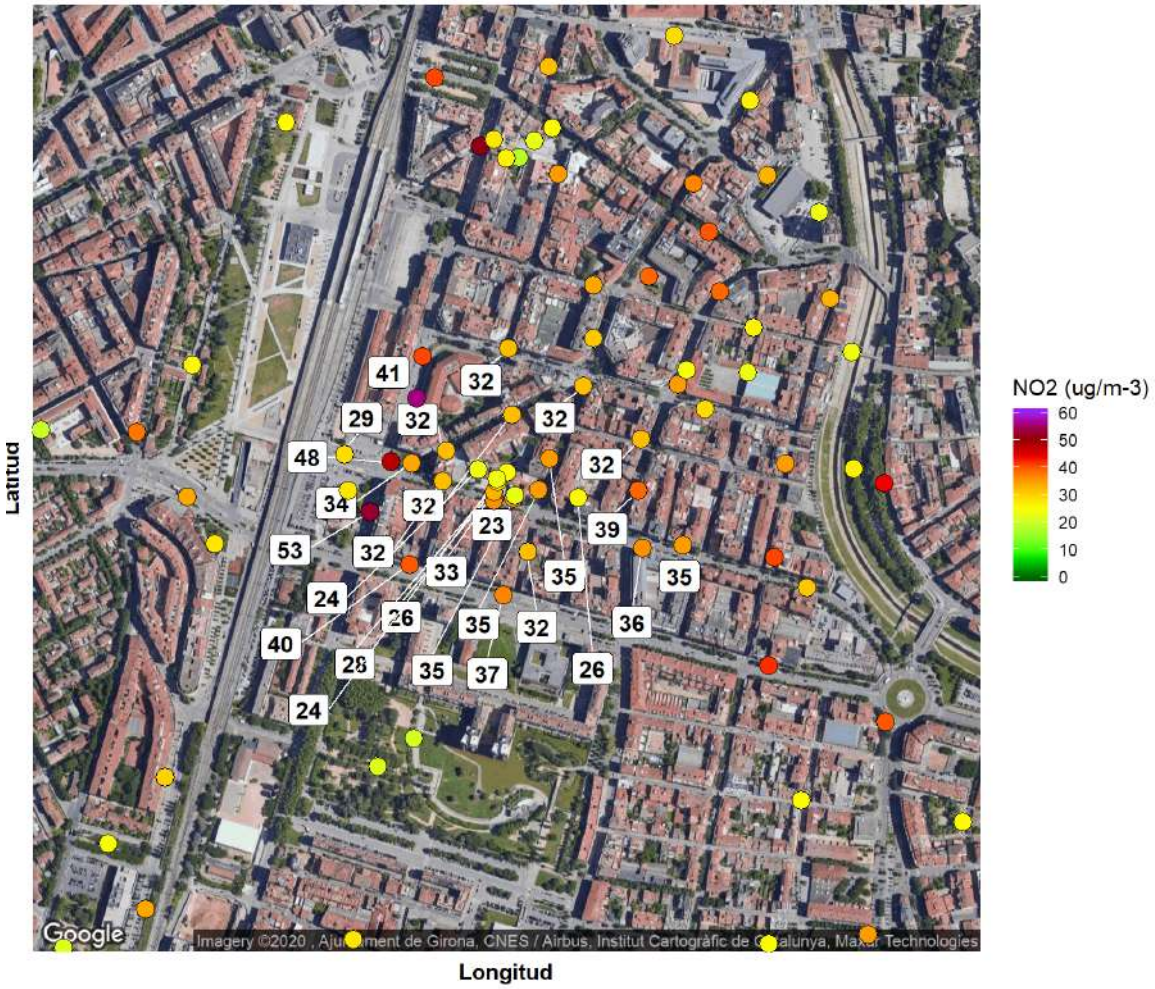

Figura 39: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Dr. Masmitjà.*

La taula 19 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 19: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Dr. Masmitjà*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
MAS-08	UT	53.2	Pobra	Barcelona, 59
MAS-09	UT	47.6	Pobra	Contonada Barcelona/Creu
MAS-17	UT	40.7	Pobra	Barcelona, vorera davant Abacus
MAS-11	UT	39.9	Regular	Emili Grahit/Manel Quer
MAS-14	UT	38.7	Regular	Migdia, davant Sedes
MAS-12	UT	37.4	Regular	Emili Grahit
MAS-13	UT	36.0	Regular	Migdia, 36 Davant Caixa
MAS-02	UT	35.3	Regular	Maragall, davant Dcasa
MAS-15	UT	35.2	Regular	Creu, BBVA
52	UT	35.1	Regular	P3B - fora C/Creu
MAS-01	UT	34.7	Regular	Entrada escola
MAS-07	UT	34.0	Regular	Parc Creu/Barcelona
54	UT	32.9	Regular	Pati Bàsquet (Tanca Creu)
MAS-06	UT	32.5	Regular	Francesc Ciurana, davant pati escola
MAS-05	UT	32.4	Regular	Francesc Ciurana
MAS-20	UT	31.9	Regular	Creu/Manel Quer
MAS-03	UT	31.7	Regular	Maluquer Salvador
MAS-10	UT	31.6	Regular	Balmes
MAS-18	UT	31.6	Regular	Salle, Angelus
MAS-04	UT	31.5	Regular	Parc davant Wsecret
MAS-16	UT	29.2	Bona	Creu , Parquing Dia
55	UB	28.0	Bona	Pati Bàsquet (façana P4)
MAS-19	UB	26.4	Bona	Parc Santa Glòria
51	UB	25.5	Bona	Pati Magnolia
50	UB	24.3	Bona	Terrat
56	I	24.2	Bona	Dins classe P4 (costat bàsquet)
53	I	23.1	Bona	P3B - DINS

5.5.5 Resultats: Escola Migdia

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 14.4 i 38.3 ug/m^3 (figures 40 i 41) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 17.1 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 23.9 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

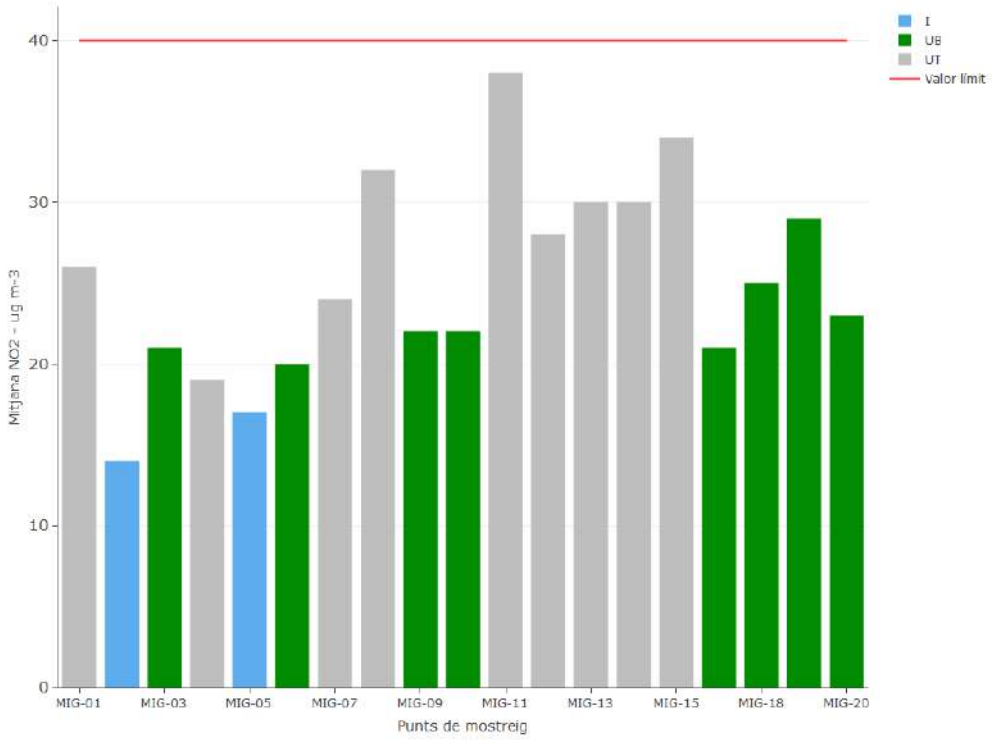

Figura 40: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Migdia.*

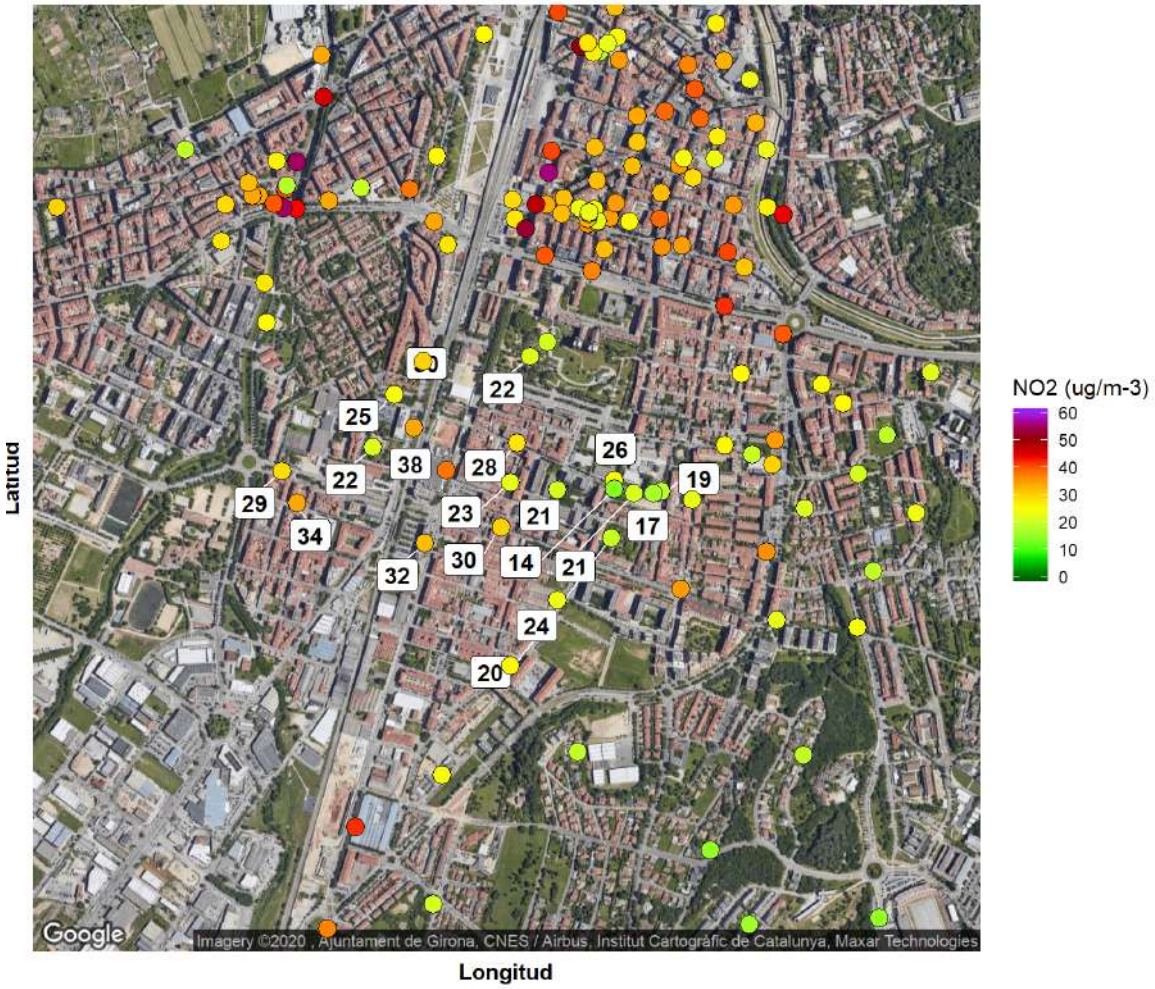

Figura 41: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Migdia.*

La taula 20 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 20: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Migdia*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
MIG-11	UT	38.3	Regular	carrer Barcelona hipercor
MIG-15	UT	33.5	Regular	Carrer Valladolid
MIG-08	UT	31.9	Regular	carrer Barcelona Hotel Melià
MIG-13	UT	30.5	Regular	Carrer Caldes de Montbui
MIG-14	UT	30.3	Regular	Carrer Oviedo
MIG-19	UB	29.0	Bona	Carrer Rafael Alberti
MIG-12	UT	28.2	Bona	carrer Saragossa
MIG-01	UT	25.8	Bona	entrada carrer migdia
MIG-18	UB	25.4	Bona	Carrer la pau
MIG-07	UT	24.2	Bona	bonpreu carrer migdia
MIG-20	UB	23.4	Bona	Carrer Joan M. Pau i Campls
MIG-09	UB	22.2	Bona	parc de la comtessa ermessenda
MIG-10	UB	22.2	Bona	Parc Migdia
MIG-16	UB	21.2	Bona	PLAÇA MANUEL VAZQUEZ MONTALBAN
MIG-03	UB	20.7	Bona	pati
MIG-06	UB	20.2	Bona	Plaça Josep Irla i Bosch
MIG-04	UT	18.7	Molt bona	entrada carrer Sant Agustí
MIG-05	I	17.1	Molt bona	interior primaria
MIG-02	I	14.4	Molt bona	interior infantil (p3-p5)

5.5.6 Resultats: Escola Pla de Girona

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 18.9 i 39.6 ug/m^3 (figures 42 i 43) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 29.9 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 20.7 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

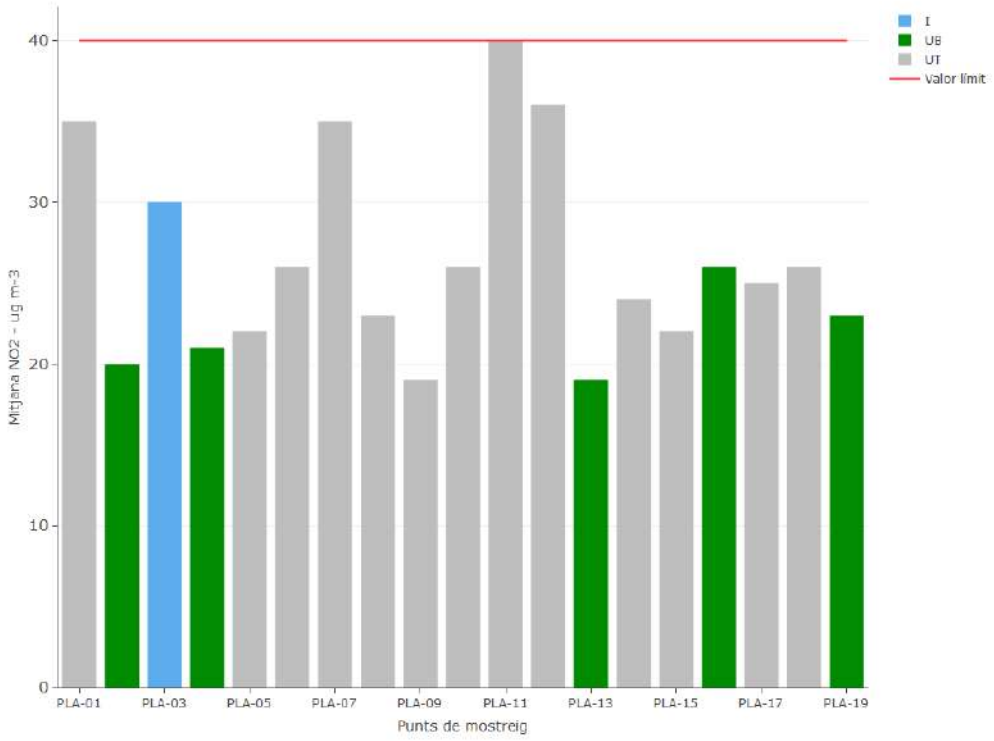

Figura 42: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Pla de Girona.*

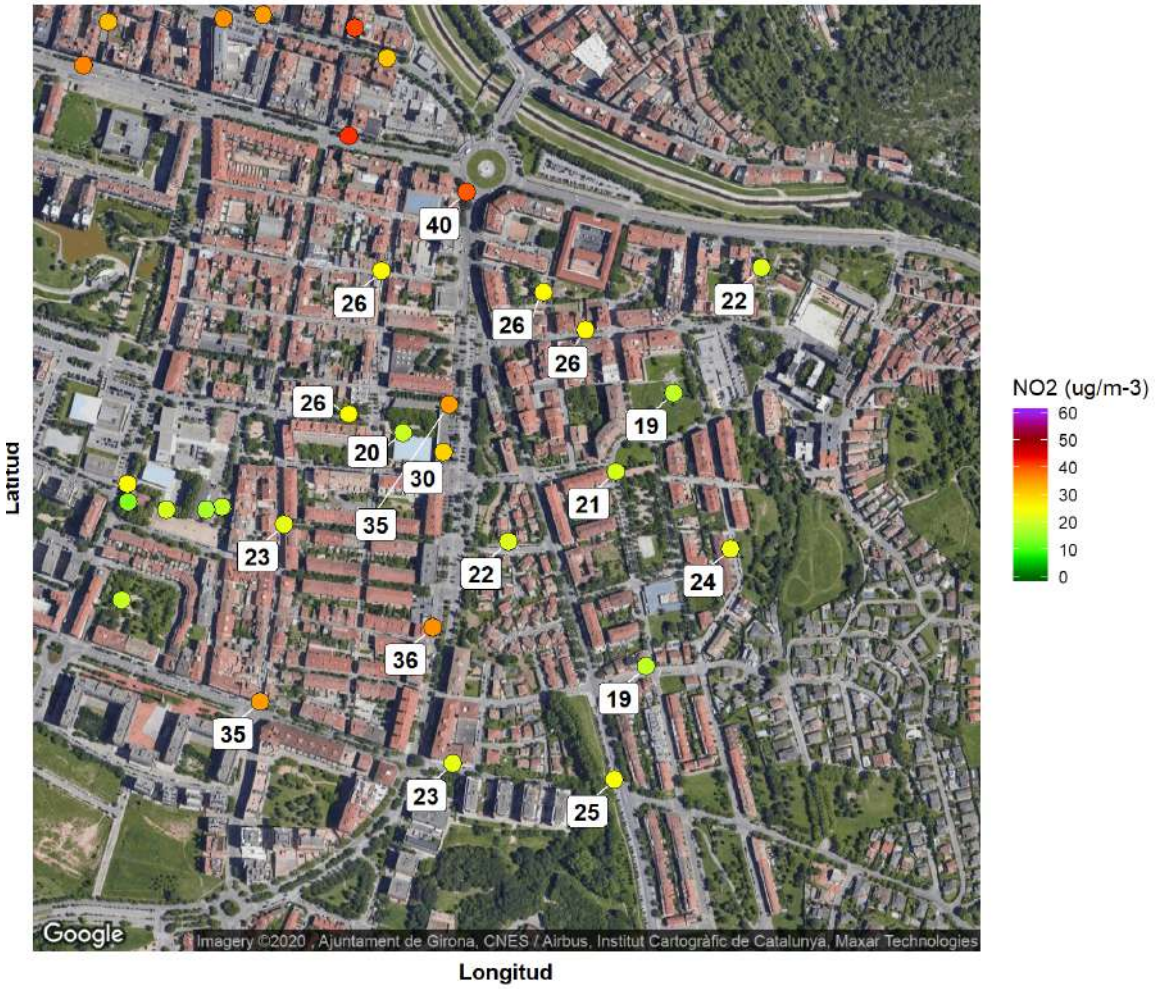

Figura 43: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Pla de Girona.*

La taula 21 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 21: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Pla de Girona*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
PLA-11	UT	39.6	Regular	Avd. Lluis Pericot, 2
PLA-12	UT	36.0	Regular	Avd. Lluis Pericot, 38,46
PLA-07	UT	35.0	Regular	C/ Rutlla i Caldes de Montbuí (cantonada)
PLA-01	UT	34.8	Regular	Avd. Lluis Pericot, 16-18
PLA-03	I	29.9	Bona	Classe 4tB
PLA-06	UT	26.2	Bona	C/ Joaquim Botet i Sisó, 6
PLA-10	UT	26.0	Bona	C/ Andreu Tuyet i Santamaria, 15-9
PLA-18	UT	25.8	Bona	C/ Josep Ametller i Viña, 38
PLA-16	UB	25.5	Bona	C/ Joan Reglà, 12
PLA-17	UT	24.7	Bona	Avd. Montilivi
PLA-14	UT	23.8	Bona	C/ del Castell de Solterra
PLA-08	UT	23.4	Bona	C/ Riera de Bugantó, 7
PLA-19	UB	22.9	Bona	C/ Jaume Marqués Casanovas
PLA-15	UT	22.3	Bona	C/ Francesc Palau i Quer 3-1
PLA-05	UT	21.6	Bona	C/ Carles Bolós
PLA-04	UB	21.3	Bona	Plaça Ciutat de Figueres
PLA-02	UB	20.3	Bona	Pati de l'escola
PLA-09	UT	18.9	Molt bona	C/ Francesc Romaguera
PLA-13	UB	18.9	Molt bona	C/ del Castell de Solterra, 6

5.5.7 Resultats: Institut La Salle Girona

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 23.6 i 44.1 ug/m^3 (figures 44 i 45) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 25.4 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 20.5 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

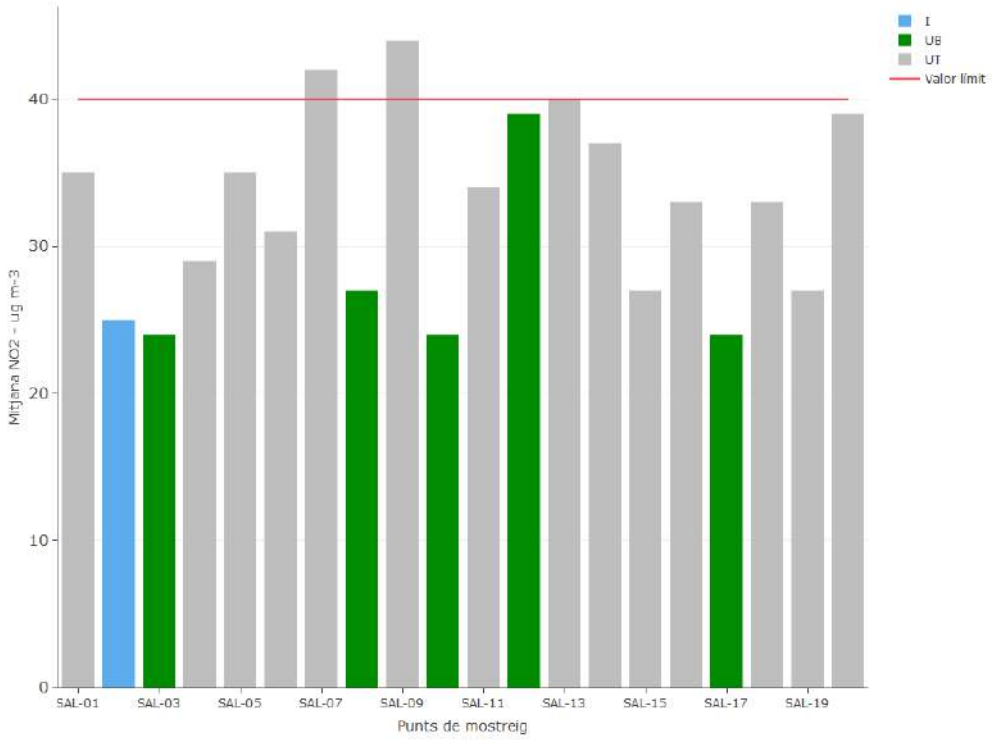

Figura 44: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Institut La Salle Girona.*

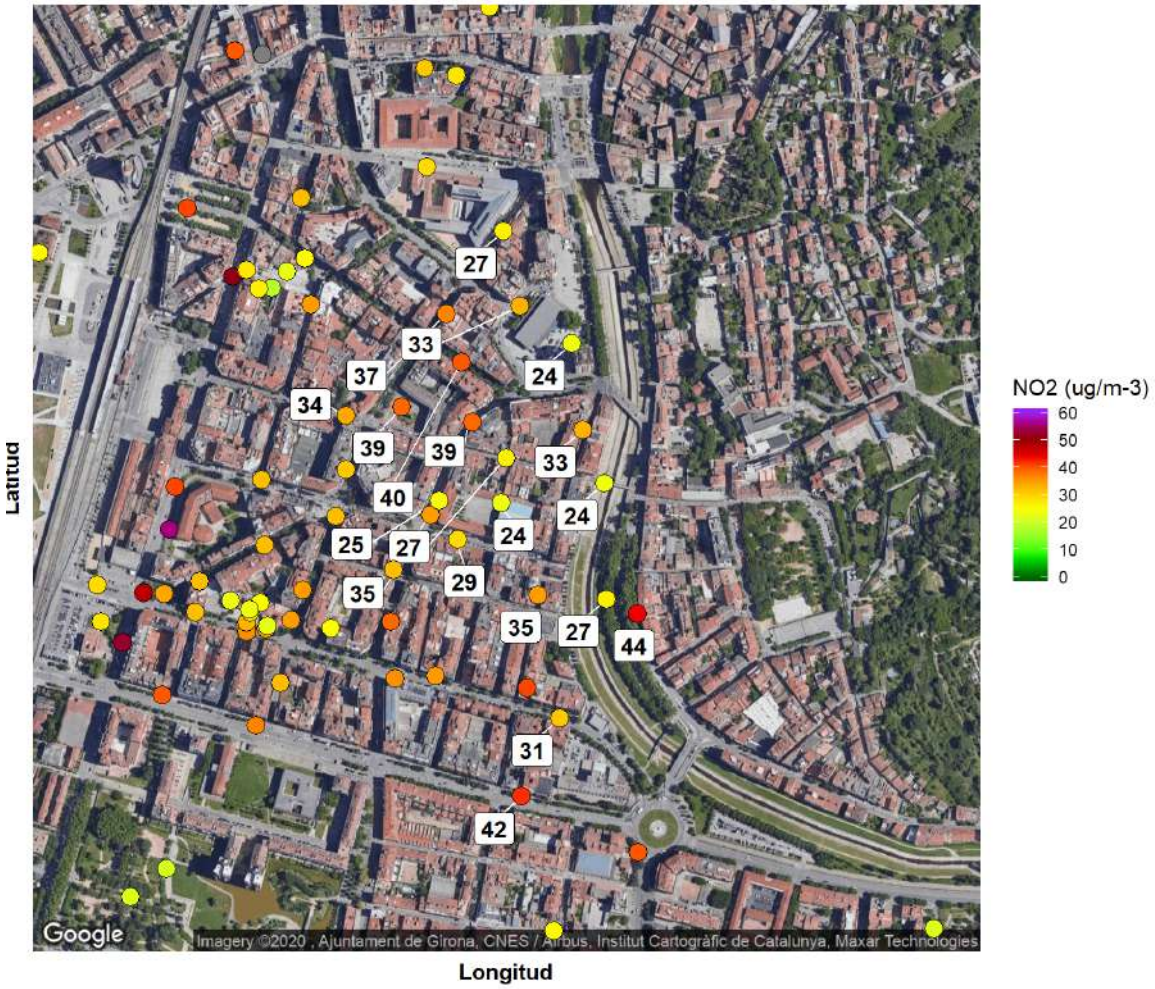

Figura 45: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Institut La Salle Girona.*

La taula 22 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 22: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Institut La Salle Girona*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
SAL-09	UT	44.1	Pobra	C/ del Carme (canto de les cases)
SAL-07	UT	41.6	Pobra	C/ Emili Grahit (davant eica)
SAL-13	UT	40.0	Regular	R. S Antoni M. Claret (davant Abacus)
SAL-20	UT	39.0	Regular	C/Ultonia
SAL-12	UB	38.7	Regular	Plaça Miquel Santaló i Pavor
SAL-14	UT	37.3	Regular	C/ Joan Maragall 21 (costat Cottet)
SAL-05	UT	35.4	Regular	C/Rutlla (entre 68 i 70) - oposat a granel
SAL-01	UT	34.6	Regular	Entrada escola
SAL-11	UT	34.5	Regular	C/ Lorenzana 35 (vorera Col·legi Verd)
SAL-18	UT	32.9	Regular	C/ de la Rutlla 14
SAL-16	UT	32.8	Regular	Gran Via Jaume I / Mercat Lleó (costa pas de zebra)
SAL-06	UT	30.8	Regular	C/ Creu (aprop Gasolinera)
SAL-04	UT	28.6	Bona	C/Salle 13 (passat Dia)
SAL-19	UT	27.3	Bona	C/ Bisbe Lorenzana 18 (façana)
SAL-08	UB	27.1	Bona	Parc carrer del carme
SAL-15	UT	26.6	Bona	C/ Joan Maragall (entre Tenzenis i pimkie)
SAL-02	I	25.4	Bona	Interior escola (Migdia)
SAL-10	UB	24.5	Bona	Pont carrer bisbe Lorenzana
SAL-17	UB	24.4	Bona	Plaça Calvet i Rubalcaba (MERCAT)
SAL-03	UB	23.6	Bona	Pati

5.5.8 Resultats: Escola Sta. Eugènia

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 17.6 i 55.3 ug/m^3 (figures 46 i 47) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 17.6 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 37.7 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

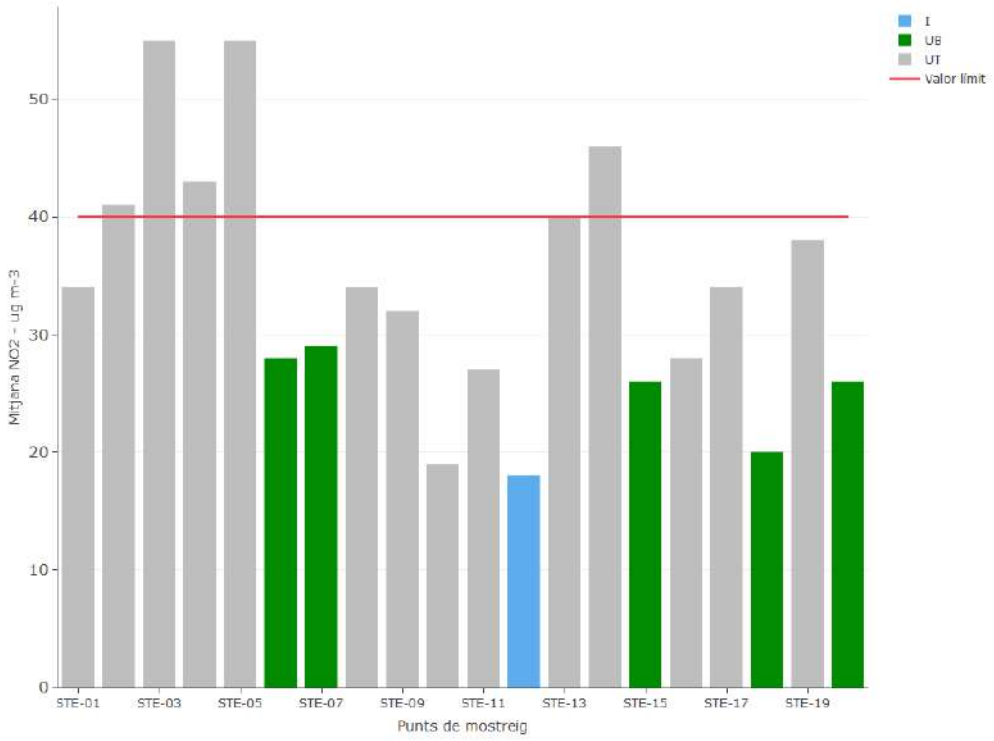

Figura 46: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Sta. Eugènia.*

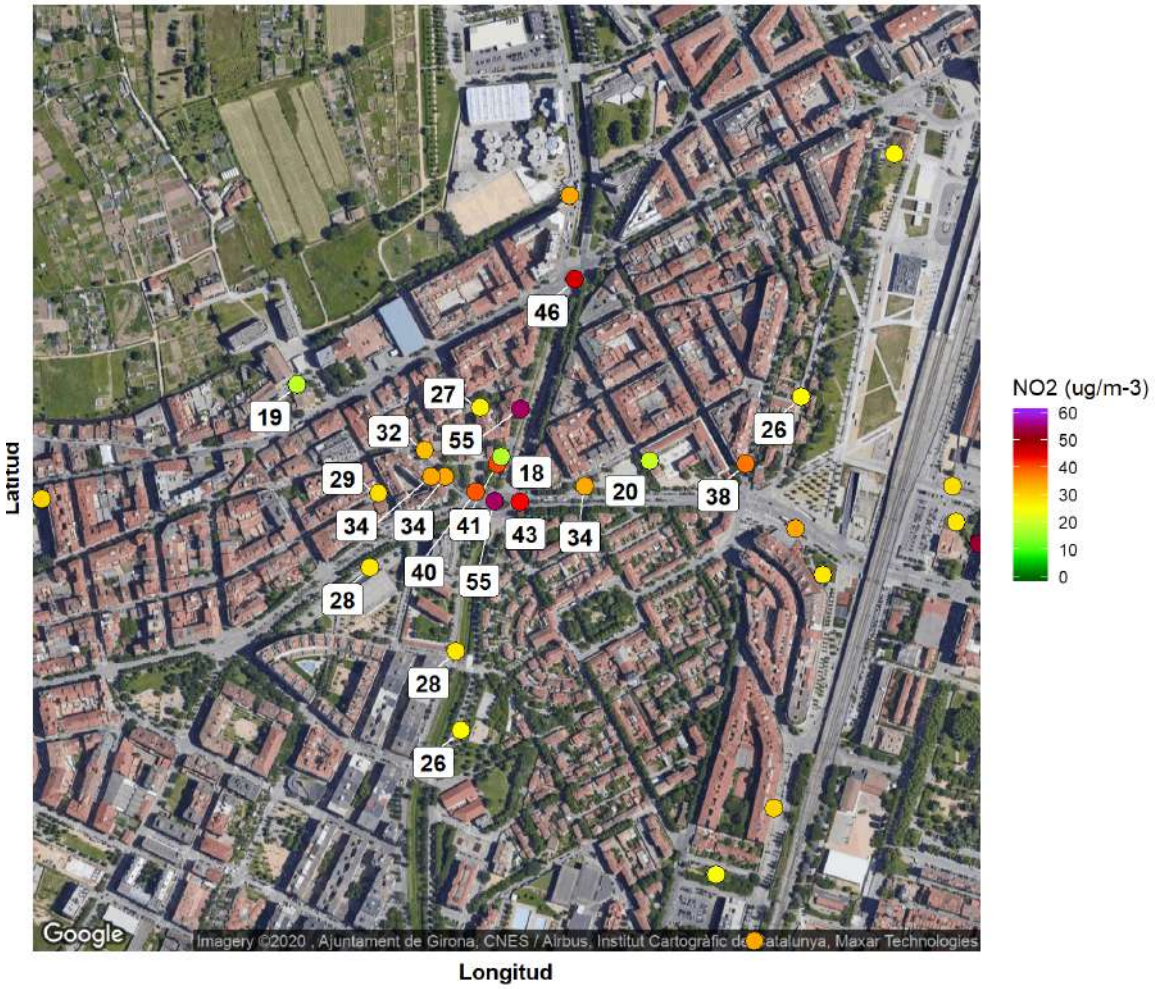

Figura 47: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Sta. Eugènia.*

La taula 23 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 23: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Sta. Eugènia*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
STE-05	UT	55.3	Molt pobra	rotonda xino
STE-03	UT	54.6	Pobra	Marzen restaurant
STE-14	UT	46.4	Pobra	rotonda Maristes
STE-04	UT	42.9	Pobra	farmàcia pont Dimoni
STE-02	UT	40.7	Pobra	pàrquing escola
STE-13	UT	40.2	Pobra	pati gran escola
STE-19	UT	38.2	Regular	av. Sant Narcís 47
STE-17	UT	34.5	Regular	passeig d'Olot altura escola FEDAC
STE-08	UT	34.2	Regular	carrer mare Déu salut
STE-01	UT	34.0	Regular	pati escola porta
STE-09	UT	31.5	Regular	plaça petita escola
STE-07	UB	29.3	Bona	locutori
STE-06	UB	28.5	Bona	pavelló santa Eugènia
STE-16	UT	27.5	Bona	pont nou Sant Narcís
STE-11	UT	27.2	Bona	parc darrera Marzen
STE-20	UB	26.4	Bona	c/Bisbe Sivilla 3
STE-15	UB	25.9	Bona	parc Sant Narcís
STE-18	UB	20.5	Bona	c/Ramón Muntaner n11
STE-10	UT	18.9	Molt bona	Biblioteca
STE-12	I	17.6	Molt bona	aula 3r

5.5.9 Resultats: Escola Vedruna

La campanya realitzada indica nivells que oscil·len entre 17.6 i 55.7 ug/m^3 (figures 48 i 49) al voltant del centre. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula són de 27.9 ug/m^3. La variació de les concentracions de NO_2 a l'entorn del centre és de 38.1 ug/m^3 entre el punt de trànsit i la qualitat d'aire a l'interior de l'aula.

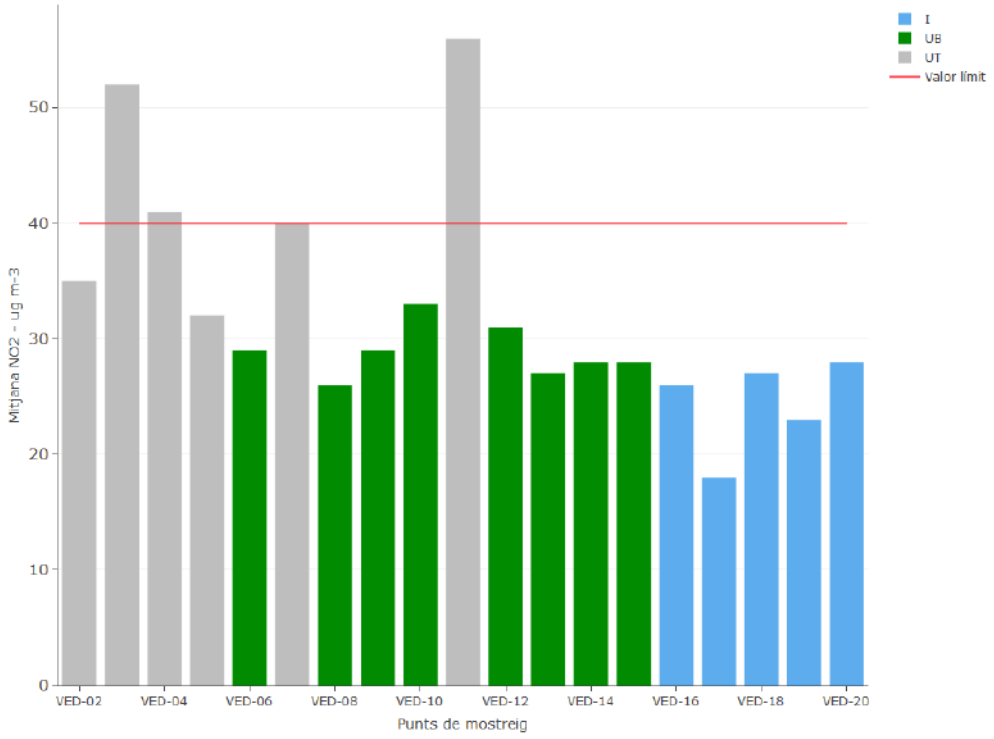

Figura 48: *Gràfica de barres de les concentracions de NO_2 a Escola Vedruna.*

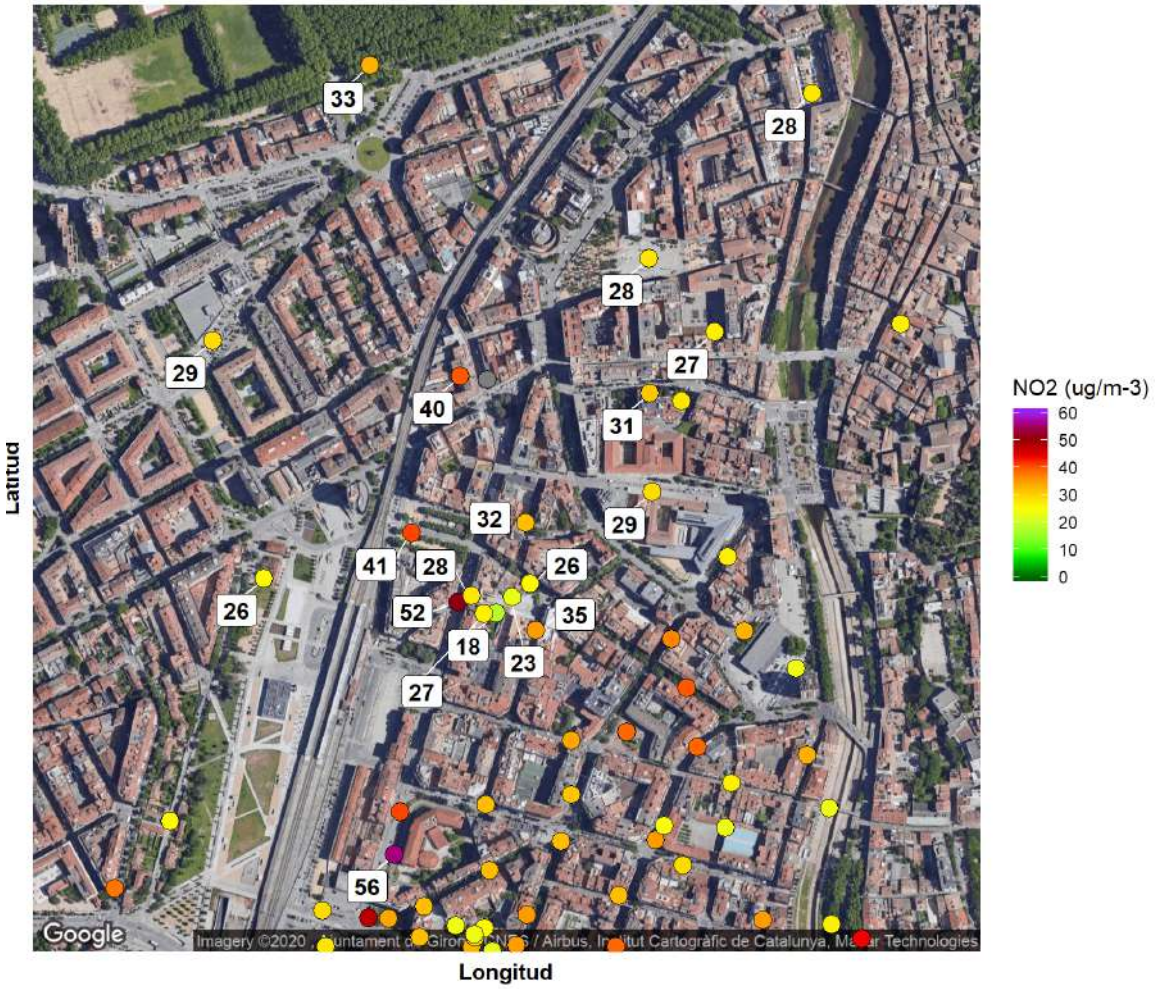

Figura 49: *Mapa de les concentracions de NO_2 a Escola Vedruna.*

La taula 24 conté les concentracions de NO_2 obtingudes dins i al voltant de l'escola.

Taula 24: *Nivells NO2 dins i al voltant de l' Escola Vedruna*

Punt	Tipus	NO2	Índex	Descripció
VED-11	UT	55.7	Molt pobra	Carretera Barcelona, 30
VED-03	UT	52.5	Pobra	Carretera Barcelona, 21
VED-04	UT	41.3	Pobra	Plaça Poeta Marquina
VED-07	UT	39.6	Regular	Avda. Sta Eugènia, 22 (Can Rigau)
VED-02	UT	34.7	Regular	Porta Vedruna, Carrer Juli Garreta
VED-10	UB	33.3	Regular	Plaça Sardana (Devesa-Davant Gesemé)
VED-05	UT	31.6	Regular	C/ Ferran Agulló, 9
VED-12	UB	30.6	Regular	Carrer Nou, 16
VED-09	UB	29.0	Bona	Pl Miquel de Palol (Cantonada C/ Riu Guell)
VED-06	UB	28.9	Bona	Plaça Hospital, 6 (Davant Casa Cultura)
VED-15	UB	28.3	Bona	Plaça Independència
VED-20	I	27.9	Bona	Classe 5e
VED-14	UB	27.5	Bona	Plaça 1 d'Octurbre (tocant Jaume I)
VED-13	UB	27.4	Bona	Plaça Josep Pla
VED-18	I	26.7	Bona	Classe 2A primaria
VED-08	UB	26.2	Bona	Parc Central
VED-16	I	25.8	Bona	Escola Vedruna Cantonada Escola 1ESO
VED-19	I	23.1	Bona	Sala Profes ESO
VED-17	I	17.6	Molt bona	Classe 4t B Primaria

6 Conclusions i recomanacions

El projecte de ciència ciutadana "Cleanair@School" coordinat per l'Agència Europea del Medi Ambient i finançat pel Ministerio para la Transición Ecológica ha ajudat a millorar el coneixement dels alumnes sobre la contaminació de l'aire i els seus efectes per a la salut. Això ha estat possible gràcies a la realització de campanyes de mesura de NO_2 mitjançant captadors passius. La qual cosa ha permès dibuixar la distribució espacial de les concentracions de NO_2 al voltant de 9 centres educatius de Girona.

El projecte gestionat per 4sfera Innova, s'ha executat amb l'ajut del Ministerio para la Transición Ecológica, l'Ajuntament de Girona i 9 centres educatius de la ciutat. Els captadors passius utilitzats són un mètode indicatiu i per tant les dades obtingudes són indicatives i en cap cas es poden utilitzar per a compliment normatiu.

CONCLUSIÓ ciència ciutadana

El mostreig de la qualitat de l'aire es va portar a terme a 195 punts de mesura. Els diferents punts de mostreig de l'estudi inclouen 50 punts de fons (parcs i patis escolars) i 129 punts de trànsit en vies internes i vies que travessen la ciutat. A més a més, s'han mesurat a 16 punts a l'interior d'aules dels centres educatius estudiats. Aquesta varietat de punts ha ajudat a millorar el coneixement sobre la qualitat de l'aire a la ciutat de Girona.

Els resultats obtinguts indiquen que les concentracions de NO_2 a la ciutat de Girona oscil.len entre 10.8 i 61 ug/m^3, amb una mitjana de 29 ug/m^3.

Concretament, el fons urbà de la ciutat varia entre 13.1 ug/m^3 i 38.7 ug/m^3, amb una mitjana de 24 ug/m^3. Per tant tots els punts de fons són inferiors al valor límit de 40 ug/m^3. Aquests nivells tendeixen a ser representatius de zones més amplies on està exposada més població que no els punts de trànsit. Els nivells de fons estan amb concordança amb els nivells de fons d'altres ciutats pròximes a Girona.

Les concentracions més altes de NO_2 s'han registrat en els punts de més trànsit, com era d'esperar. En particular, les concentracions en les zones de trànsit oscil.len entre 14.6 ug/m^3 i 61 ug/m^3 amb una mitjana de 32. Només 22 punts de 129 presenten concentracions superiors a 40 ug/m^3. Els punts amb nivells més alts són deguts a

l'elevada quantitat de vehicles motoritzats que hi circulen i a la poca dispersió dels contaminants a causa de la orografia urbana.

Tot i així, l'impacte als nivells de qualitat de l'aire als interiors de les aules és menor. *Els nivells de NO_2 a l'interior* de l'aula de totes les escoles estudiades oscil.len entre 10.8 ug/m^3 i 29.9 ug/m^3, amb una mitjana de 20 ug/m^3.

El projecte de ciència ciutadana col.laborant amb escoles de la ciutat de Girona ha aportat informació més detallada de la qualitat de l'aire i de les diferents contribucions de contaminació. A més a més, ajuda a entendre millor les possibles problemàtiques que afecten la mobilitat de la ciutat i la contaminació atmosfèrica al voltant dels centres educatius de la ciutat. La millora de la qualitat de l'aire en zones urbanes és un tema complexa ja que aquestes concentren una gran quantitat d'activitats que afecten a la mobilitat.

6.1 Ciència ciutadana a les escoles

El projecte de ciència ciutadana a les escoles ha inclòs 9 centres educatius de la ciutat. En total més de **300** alumnes han participat en el seguiment de la qualitat de l'aire. Aquest projecte està ajudant a recol.lectar dades de qualitat de l'aire millorant el coneixement de la matèria i involucrant la comunitat educativa (professorat, pares i alumnes). A més a més, aquesta participació fa que la comunitat educativa millori la qualitat de l'aire en els seus entorns.

Referències

Carslaw, D i K Ropkins (2012). openair - an R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling and Software* **27-28**, 52 - 61.

DEFRA (s. d.). *Department for the Environment, Food and Rural Affairs*. http://www.nerc.ac.uk/.

EuropeanCommission (2017). *Attitudes of European citizens towards the environment*.

EuropeanEnvironmentAgency (2018). Exceedance of air quality standards in urban areas (CSI 004). *EEA Report*, https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/exceedance-of-air-quality-limit-3/assessment - 4.

GBD 2016 Risk Factors Collaborators, 2 (2017). Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet* **390**(10100), 1345 - 1422.

GeneralitatDeCatalunya (2018). *La qualitat de l'aire a Catalunya – Anuari 2017*. (Cons.).

HEI (2018). State of global air 2018, Special Report. *Health Effects Institute, Boston, MA*.

Lim S. S., ea (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet* **380**(9859), 2224 - 2260.

NERC (s. d.). *Natural Environment Research Council*. http://www.nerc.ac.uk/.

Targa (2001). *Urban air quality monitoring in Girona by passive diffusion sampling*. Inf. tèc. School of Biological, Molecular Sciences i School of Planning. Oxford Brookes University.

WHO (2005). Effects of air pollution on children's health and development — a review of the evidence, *World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen*.

WHO (2013). Review of evidence on health aspects of air pollution — REVIHAAP Project, Technical Report. *World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen*.

WHO (2014). Burden of disease from ambient air pollution for 2012 — summary of results, World Health Organization. *World Health Organization*.

WHO (2016). Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. *World Health Organization*.