



AMAIERAKO TXOSTENA

2024KO MARTXOA

**“EPIDEMIOLOGIAKO ZERBITZU
ESPEZIALIZATUAK, GIPUZKOAKO INGURUMEN
GUNEA MARTXAN EGON DEN LEHENENGO
LAU URTEETAN (2020/04-HH-ZE)”**

1.ILDOA:

**AIREKO KUTSATZAILE ATMOSFERIKOEKIKO
ESPOSIZIOAREN EBALUAZIOA**

Jesús Ibarluzea Maurologoitia

Ikertzaile nagusia

Ingurumen Epidemiologiako eta Haur Garapeneko Ikerketa Taldea

**CIBERESP (Sareko Ikerketa Biomedikorako, Epidemiologiarako eta Osasun
Publikorako Zentroa, Carlos III.a Osasun Institutua)**

EDUKIAK

LABURPENA	1
1. SARRERA	3
1.1. Material partikulatua (PM)	4
1.2. Metalak	5
1.3. Hidrokarburo Aromatiko Poliziklikoak (HAPak)	6
1.4. Dioxinak eta furanoak	7
1.5. Bifenilo polikloratuak (PCBak).....	8
1.6. Baliokidetasun toxikoen faktoreak (TEF) eta baliokide toxikoak (TEQ)	9
1.7. Egungo legedia	10
2. HELBURUAK	12
3. METODOAK	13
3.1. Azterketa-eremua	13
3.2. Aireko kutsatzaileen bilketa.....	15
3.2.1. <i>Laginketa-egutegia</i>	18
3.3. Analisi-metodoa	18
3.3.1. <i>PM_{2.5}</i>	18
3.3.2. <i>Metalak</i>	19
3.3.3. <i>Hidrokarburo Aromatiko Poliziklikoak</i>	20
3.3.4. <i>PCDD/F eta PCBak</i>	20
3.3.5. <i>PALAS ekipoen bidez jasotako PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀ partikulak</i>	21
3.4. Analisi estatistikoa	22
4. EMAITZAK: 2020KO EKAINETIK 2023KO IRAILERA	24
4.1. <i>PM_{2.5}</i>	24
4.2. <i>PM_{2.5} partikulei lotutako traza-elementuak</i>	27
4.3. Hidrokarburo Aromatiko Poliziklikoak (HAPak)	39
4.4. <i>PCDD/F eta PCBak</i>	48
4.4.1. <i>Kaptazio aktibo bidez jasotako PCDD/F eta PCBak</i>	48
4.4.2. <i>Kaptazio pasibo bidez jasotako PCDD/F eta PCBak</i>	51
4.4.3. <i>Kaptazio aktiboaren eta pasiboaren bidez lortutako emaitzen konparaketa</i>	55
4.5. <i>PALAS ekipoen bidez zehaztutako PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀ partikulak</i>	57
5. GIGEBI MARTXAN JARRI AURREKO ALDIKO ETA GIGEBI MARTXAN JARRI ONDORENGO ALDIKO ERANTZUNEN KONPARAKETA	60
5.1. <i>PM_{2.5}</i>	61
5.1.1. <i>PM_{2.5} partikulen aldaketaren ebaluazioa, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian, BACI metodologiaren bidez</i>	66
5.2. <i>PM_{2.5} partikulei lotutako traza-elementuak</i>	69

5.2.1. BACI metodologiaren bidezko konparazioa PM _{2.5} partikulei lotutako traza-elementuentzat	80
5.3. Hidrokarburo Aromatiko Poliziklikoak (HAPak)	86
5.4. PCCD/F eta PCBak	95
6. ONDORIOAK	99
BIBLIOGRAFIA	100

ERANSKINAK

- 1.1. ERANSKINA. TEFak
- 1.2. ERANSKINA. PM_{2.5}, metalen eta HAPen analisisien emaitzen txostena, pdf formatuan
- 1.3. ERANSKINA. PM_{2.5}, metalen eta HAPen analisisien emaitzen txostena, Excel formatuan
- 1.4. ERANSKINA. PCDDF eta PCBen analisisien emaitzen txostena, pdf formatuan
- 1.5. ERANSKINA. PCDDF eta PCBen analisisien emaitzen txostena, Excel formatuan
- 1.6. ERANSKINA. PALAS ekipoekin neurtutako PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀ partikulen analisisien emaitzen txostena
- 1.7. ERANSKINA. PALAS ekipoekin neurtutako PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀, partikulen analisisien emaitzak, Excel formatuan

TAULEN-AURKIBIDEA

1. Taula. 102/2011 Errege Dekretua, urtarrilaren 28koa	10
2. Taula. Airearen kalitaterako OMEren gidaren mailak	11
3. Taula. Laginketa-egutegia.....	18
4. Taula. PM _{2,5} partikulen batez besteko kontzentrazioa (µg/m ³) 2021eko urtarrila-abendua eta 2022ko urtarrila-abendua aldian.	25
5. Taula. PM _{2,5} aren eta analizaturiko elementu edo konposatu bakoitzaren kuantifikazio-mugak (LOQ), udalerrri bakoitzean kuantifikazio-mugaren azpitik dauden datuen ehunekoarekin (%) batera, azterketaren aldian (2020ko ekaina-2023ko iraila).	26
6. Taula. Eraginpeko eremuan (Lasarte vs. Usurbil) eta kontrol-eremuan (Ordizia vs. Urretxu) analizaturiko kutsatzaile-mailen arteko konparaketa, eta eraginpeko eremuaren eta kontrol-eremuaren arteko konparaketa, 2020ko ekainetik 2023ko irailera bitarteko aldian. Estatistikoki esanguratsuak diren p-balioak (<0.05) letra lodian daude adierazita.....	29
7. Taula. Modu aktiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m ³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean.....	51
8. Taula. Modu pasiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m ³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean.....	54
9. Taula. Kaptazio aktibo eta pasibo bidez jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen batez bestekoak (fg TEQ/m ³) Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta Urretxun (kontrol-eremua), 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	56
10. Taula. Palas ekipoeekin kuantifikatutako PM ₁ , PM _{2,5} eta PM ₁₀ partikulen kontzentrazioen batez bestekoak (%95KT) (µg/m ³) 2020ko abendua eta 2023 iraila bitartean, Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta Urretxun (kontrol-eremua).	59
11. Taula. PM ₁ , PM _{2,5} eta PM ₁₀ partikulen kontzentrazioen batez bestekoak (%95KT) (µg/m ³) 2021eko urtarrila-abendua, 2022ko urtarrila-abendua eta 2023ko urtarrila-iraila aldietan.....	59
12. Taula. PM _{2,5} kontzentrazioak 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako 20 µg/m ³ -ko balioa (2020ko irailetik aurrera ezarria), eta OMEk gomendaturiko 10 µg/m ³ (2021 arte gomendatutakoa) eta 5 µg/m ³ (2021tik aurrera gomendatutakoa) gainditu zuten laginen ehunekoa, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian.	61
13. Taula. PM _{2,5} partikulen batez besteko balioa(µg/m ³) 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 eta 2023ko urtarrila-iraila aldian.	62
14. Taula. PM _{2,5} , eta atxikitako elementu eta HAPen kontzentrazio balio maximoak, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian. Gorriz, ondorengo aldian maximoa altuagoa izan zen kasuetan.	64
15. Taula. PM _{2,5} , eta atxikitako elementu eta HAPen kontzentrazioen batez besteko balioak (%95KT), aztertutako 4 udalerrietan, GIGEBI martxa jarri aurreko eta ondorengo aldian. Balio esanguratsuki handiagoak laranja adierazi dira, eta esanguratsuki txikiagoak berdez.....	65
16. Taula. PM _{2,5} partikulen deskriptiboak azterlaneko lau udalerrietan 2018ko urtarrila-2022ko iraila bitartean. Min = minimoa; Max = maximoa; IQR = Rango intercuartílico.....	66

17. Taula. Estatistiko deskribatzaileak. $PM_{2.5}$ partikulen kontzentrazioa $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -tan udalerraren arabera (Lasarte, Usurbil, Ordizia eta Urretxu), 2018ko urtarrila 2022ko iraila bitartean. Min = minimoa; Max = maximo; IQR = Rango intercuartílico.	67
18. Taula. Kontraste estatistikoaren emaitzak, BACI.....	69
19. Taula. Metalen eta HAPen ehunekoen batez bestekoak (%95KT), aztertutako lau udalerrietan, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian. Balio esanguratsuki handiagoak laranja adierazi dira, eta esanguratsuki txikiagoak berdez.	79
20. Taula. Partikulei lotutako elementuen deskriptiboak azterlaneko lau udalerrietan, 2018ko urtarrila 2022ko iraila bitartean. Min = minimoa; Max = maximoa; IQR = Rango intercuartílico.	80
21. Taula. Kontraste estatistikoaren erantzunak, BACI $PM_{2.5}$ partikulei loturiko elementuentzat	85
22. Taula. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/ m^3) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean, Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta Urretxun (kontrol-eremua). Balio esanguratsuki handiagoak laranja adierazi dira, eta esanguratsuki txikiagoak berdez.	98

GRAFIKOEN-AURKIBIDEA

1. Grafikoa. Aireko PM _{2.5} kontzentrazioa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2020ko ekainetik 2023ko irailera bitartean. Errege Dekretuan jasotako eta OMEk gomendatutako muga-balioak adierazten dira.	24
2. Grafikoa: Selenioaren kontzentrazioa Usurbilen (ng/m^3), 2020ko ekaina-2023ko iraila bitartean.....	27
3. Grafikoa. Metalen korrelazioak udalerrriaren arabera.....	30
4. Grafikoa. Arsenikoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	31
5. Grafikoa. Barioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.	31
6. Grafikoa. Kadmioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	32
7. Grafikoa. Zerioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.	32
8. Grafikoa. Zinkaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.	33
9. Grafikoa. Kobaltoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	33
10. Grafikoa. Kobrearen kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	34
11. Grafikoa. Kromoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	34
12. Grafikoa. Kromo (VI)aren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	35
13. Grafikoa. Burdinaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	35
14. Grafikoa. Manganesoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	36
15. Grafikoa. Merkurioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	36
16. Grafikoa. Nikelaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	37
17. Grafikoa. Paladioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	37
18. Grafikoa. Berunaren kontzentrazioa airean ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	38
19. Grafikoa. Selenioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	38

20. Grafikoa. Banadioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	39
21. Grafikoa. Azenaftenoarean kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	40
22. Grafikoa. Azenaftilenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	40
23. Grafikoa. Antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	41
24. Grafikoa. Benzo(a)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	41
25. Grafikoa. Benzo(a)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	42
26. Grafikoa. Benzo(b)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	42
27. Grafikoa. Benzo(g,h,i)perilenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	43
28. Grafikoa. Benzo(k)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	43
29. Grafikoa. Krisenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	44
30. Grafikoa. Dibenzo(a,h)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	44
31. Grafikoa. Fenantrenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	45
32. Grafikoa. Fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	45
33. Grafikoa. Fluorenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	46
34. Grafikoa. Indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	46
35. Grafikoa. Naftalenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	47
36. Grafikoa. Pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.....	47
37. Grafikoa. PCDDen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxo bitartean. Kaptazio aktiboa.....	48
38. Grafikoa. PCDFen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxo bitartean. Kaptazio aktiboa.....	49
39. Grafikoa. dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxo bitartean. Kaptazio aktiboa.	49

40. Grafikoa. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio aktiboa.	50
41. Grafikoa. PCDDen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.	52
42. Grafikoa. PCDFen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.	52
43. Grafikoa. dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.	53
44. Grafikoa. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.	53
45. Grafikoa. PM ₁ (urdina), PM _{2.5} (laranja) eta PM ₁₀ (grisa) (µg/m ³) partikulen kontzentrazioak Usurbilen (A) eta Urretxun (B) 2020ko abendutik 2023 irailera bitartean. 102/2011 Errege Dekretuak eta OMEk ezarritako urteko balio-mugak adierazten dira.	58
46. Grafikoa. Aireko PM _{2.5} kontzentrazioa (µg/m ³) 2017ko irailetik 2023ko irailera bitartean. 63	
47. Grafikoa. PM _{2.5} partikulen joera denboran zehar aztertutako bi eremuetan, 2018ko urtarrila eta 2020ko iraila bitartean.	67
48. Grafikoa. PM _{2.5} partikulen batez bestekoa GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian eremu bakoitzean.	68
49. Grafikoa. Artsenikoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	70
50. Grafikoa. Barioaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	70
51. Grafikoa. Kadmioaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	71
52. Grafikoa. Zerioaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	71
Figura 53. Zinkaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean. . 72	
54. Grafikoa. Kobaltoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	72
55. Grafikoa. Kobrearen kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	73
56. Grafikoa. Kromoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	73
57. Grafikoa. Burdinaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	74
58. Grafikoa. Manganesoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	74
59. Grafikoa. Merkurioaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	75

60. Grafikoa. Nikelaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	75
61. Grafikoa. Paladioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	76
62. Grafikoa. Berunaren kontzentrazioa airean ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	76
63. Grafikoa. Selenioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	77
64. Grafikoa. Banadioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	77
65. Grafikoa. Arsenikoaren, barioaren, kadmioaren, zerioaren, kromoaren, kobaltoaren, kobreakaren, burdinaren, berunaren, manganesoaren, merkurioaren, nikelaren, paladioaren, selenioaren, banadioaren eta zinkaren joera denboran zehar aztertutako bi eremuetan, 2018ko urtarrila eta 2020ko iraila bitartean.	81
66. Grafikoa. $\text{PM}_{2.5}$ partikulei lotutako elementuen batez bestekoa GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldiran eremu bakoitzean.	84
67. Grafikoa. Azenaftenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	87
68. Grafikoa. Azenaftilenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	87
69. Grafikoa. Antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	88
70. Grafikoa. Benzo(a)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	88
71. Grafikoa. Benzo(a)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	89
72. Grafikoa. Benzo(b)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	89
73. Grafikoa. Benzo(g,h,i)perilenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	90
74. Grafikoa. Benzo(k)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	90
75. Grafikoa. Krisenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	91
76. Grafikoa. Dibenzo(a,h)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	91
77. Grafikoa. Fenantrenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	92
78. Grafikoa. Fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	92

79. Grafikoa. Fluorenoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.....	93
80. Grafikoa. Indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.....	93
81. Grafikoa. Naftalenoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.....	94
82. Grafikoa. Pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m ³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.	94
83. Grafikoa. PCDDen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.	95
84. Grafikoa. PCDFen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.	96
85. Grafikoa. dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.....	96
86. Grafikoa. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.....	97

IRUDIEN-AURKIBIDEA

1. Irudia. Azterketa-eremua	13
2. Irudia. Eraginpeko-eremua, Lasarte eta Usurbil.	14
3. Irudia. Kontrol-eremua, Ordizia y Urretxu.....	14
4. Irudia. Usurbilen instalatutako DIGITEL DHA-80 kaptadore aktiboa [A] eta PCDD/F eta PCB kaptadore pasiboak [B]. Urretxun jarritako DHA-80 kaptadore aktiboa eta PCDD/F eta PCB kaptadore pasiboak [C].	15
5. Irudia. PM_{10} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulak kuantifikatzeko PALAS kaptadoreak, kontrol eremuan (Urretxu) [A] eta eraginpeko-eremuan (Usurbil) [B].	16

LABURPENA

Ikerketa-ildo honen helburua airearen kalitatea eta horrek eraginpean dagoen eremuan (Usurbil eta Lasarte) eta kontrolgunean (Urretxu eta Ordizia) izan duen bilakaera ebaluatzea da, Gipuzkoako Ingurumen Gunearen parte den Energia Balorizazioko Instalazioa (GIGEBI) martxan jarri ondoren, 2020ko ekainetik 2023ra irailera bitartean. Guztira, PM_{2.5} partikulen 3922 zehaztapen egin dira, metalen 3773 zehaztapen, HAPen 3717 zehaztapen eta modu aktiboan jasotako 143 dioxina, furano eta PCB (PCDD/F eta PCB) zehaztapen eta modu pasiboan jasotako 12 PCDD/F eta PCB zehaztapen. Gainera, Cr (VI)aren 800 zehaztapen eta PM₁ eta PM₁₀ partikulen 1719 zehaztapen ere egin dira.

Aztertutako aldian, PM_{2.5} partikulen batez besteko mailak 8.96 µg/m³, 9.06 µg/m³, 9.51 µg/m³ eta 9.38 µg/m³ izan ziren Lasarten, Usurbilen, Ordizian eta Urretxun, hurrenez hurren. Maila horiek legezko mugaren azpitik zeuden (25 µg/m³, 102/2011 Errege Dekretua), baina Osasunaren Mundu Erakundeak gomendatutakoaren gainetik, zeina 2021. urtean 10 µg/m³ izatetik 5 µg/m³ izatera pasa zen. Metalei dagokienez, araturiko elementuak (beruna, artsenikoa, kadmioa eta nikela), legez PM₁₀-etako elementu horietarako ezarritako mugaren azpitik zeuden. Benzo(a)pirenoaren batez besteko maila, legez araturiko bakarra, mugaren azpitik zegoen aztertutako 4 udalerrietan. Aztertutako HAPen balioak, oro har, handiagoak izan ziren kontrol-eremuan (Ordizia eta Urretxu), eraginpeko eremuan (Lasarte eta Usurbil) baino. PCDD/F eta PCB-ei dagokienez, eraginpeko eremuko mailak handiagoak izan ziren kontrol-eremukoak baino, bai modu aktiboan egindako neurketekin (5.35 fgTEQ/m³ Usurbilen eta 2.75 fgTEQ/m³ Urretxun), bai modu pasiboan egindako neurketekin (14.41 fgTEQ/m³ Usurbilen eta 3.79 fgTEQ/m³ Urretxun).

Ikerketa-taldeak 2017ko irailetik ditu emaitzak, hori dela eta konparaketa bat egin zen GIGEBI martxan jarri aurreko egoeraren eta martxan jarri ondorengo egoeraren artean. Aztertutako 4 udalerrietan, PM_{2.5} partikulen mailak esanguratsuki murriztu ziren GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian. GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldietako metalen eta HAPen batez besteko balioak alderatzen direnean, beherakada orokorra ikusten da aztertutako 4 udalerrietan. Beherakadarik handiena Ordizian ikusi da, non metal guztien kontzentrazioak nabarmen murriztu diren, bereziki Cr, Mn, Fe, Co, Ni eta Cu-aren kasuan, zeinen kontzentrazioak erdia baino gehiago jaitsi diren. GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian kontzentrazio altuagoak dituen metala selenioa da Usurbilen, nahiz eta aldi horretako kontzentrazio maximoa eta batez besteko kontzentrazioa, laneko biztanleriarentzat ezarritako eguneko ingurumen-esposizio muga-balioa (0.1 mg/m³) baino 1.8x10³ eta 7.3x10⁴ aldiz txikiagoa izan.

PCDD/F+dl-PCB mailak jaitsi egin dira GIGEBI martxan jarri ondorengo fasean, martxan jarri aurreko fasearekin alderatuta, bai eraginpeko-eremuan (martxan jarri aurreko aldia; MG (%95KT): 16.34 (14.17; 18.86) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 5.35 (4.58; 6.26) fg TEQ/m³), bai kontrol-eremuan (aurreko aldia; MG (%95KT): 5.46 (4.46; 6.70) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 2.79 (2.41; 3.22) fg TEQ/m³). Aztertutako bi zonak alderatuz gero, eraginpeko-eremuko mailak (Usurbil) kontrol-eremukoak (Urretxu) baino altuagoak izaten jarraitzen dute GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian (MG (%95KT): 5.35 (4.58; 6.26) fg TEQ/m³ Usurbilen vs. 2.79 (2.41; 3.22) fg TEQ/m³ Urretxun). Kontzentrazio mailak jaitsi egin dira bi zonaldeetan GIGEBI martxan jarri aurreko aldiarekin konparatuta, eta beherakada hori handiagoa izan da eraginpeko-eremuan.

1. SARRERA

Gaur egun, giza osasunerako ingurumen-arriskurik garrantzitsuena airearen kutsadura da eta europarrek bigarren ingurumen-arazotzat hartzen dute, klima-aldaketaren ondoren (European Commission, 2017). Europako Ingurumen Agentziaren arabera, kutsadura atmosferikoak osasunerako arrisku nabarmenak planteatzen jarraitzen ditu Europan, gaixotasun kronikoak eta heriotza goiztiarrak eraginez. 2019an munduko biztanleen % 99 inguru Osasunaren Munduko Erakundeak (OME) gomendaturiko aire-kalitatearen mailaren gainetik zeuden lekuetan bizi zen. 2019ko estimazioen arabera, mundu guztiko hiri- eta landa-eremuetako kutsadura atmosferikoak 4,2 milioi heriotza goiztiar eragiten ditu. Hilkortasun hori, batez ere, materia partikulatu finaren eraginpean egoteagatik gertatzen da, eta horrek gaixotasun kardiobaskularrak eta arnasketakoak eragiten ditu, baita minbiziak ere. OMEren ustez, 2019an kutsadura atmosferikoari loturiko heriotza goiztiarren %37, gutxi gorabehera, kardiopatia iskemikoak eta istripu zerebrobaskularrak eragindakoa zen; heriotzen %18 eta %23, berriz, biriketako gaixotasun buxatzaile kronikoak eta arnas infekzio akutuoak eragindakoa, eta heriotzen %11, biriketako minbiziak eragindakoa (OME, 2023). Airearen kutsadurak biztanle guztiei berdin eragiten badie ere, zenbait taldek joera handiagoa dute ondorioak izateko, haurrak, adinekoak, haurdun dauden emakumeak eta osasun-arazoak dituzten pertsonak barne. Ebidentzia askok iradokitzen dute maila sozioekonomiko baxueneko pertsonen airearen kalitate txarragoko inguruneetan bizitzeko joera dutela. Gainera, pertsona behartsuenek, askotan, osasun txarragoa dute eta kalitate handiko zerbitzu medikoak eskuratzeko aukera txikiagoa, airearen kutsadurarekiko zaugarritasuna handituz (EEA, 2018; OME, 2019).

Airearen kutsadura eta horrek osasunean eta ingurumenean dituen eraginak murrizteko neurri eraginkorrak ezartzeko, aldeztu aurretik kutsadura-iturriak ezagutu behar dira, denboran zehar atmosferan kutsatzaileak garraiatzeko eta kimikoki eraldatzeko modua, eta kutsatzaileek gizakiei ekosistemetan eta kliman nola eragiten dieten.

Kutsatzaile atmosferikoen sailkapenean, primarioak eta sekundarioak daude. Primarioek foku igorletik zuzenean igortzen dute atmosferara, hala nola beruna, karbono monoxidoa, sufre oxidoak, nitrogeno oxidoak, hainbat hidrokarburo, besteak beste, hidrokarburo aromatiko poliziklikoak (HAP) eta materia partikulatua (PM) edo PCDD/Fak. Sekundarioak, berriz, atmosferako prozesu kimikoen bidez eratzen dira, kutsatzaile primarioengan edota atmosferako espezie ez-kutsatzaileengan eraginda; esaterako, ozono, peroxiazetilnitrato, sulfato, nitrato edota azido sulfurikoarengan. Kutsadura-iturriak finkoak izan daitezke (energia-instalazioak,

industria kimikoak, petrolio-findegia eta lantegiak), edota mugikorak, hots, garraio mota guztiak eta ibilgailu automotorrak (EEA, 2023a).

1.1. Material partikulatua (PM)

Material partikulatua (PM) partikula mikroskopiko solido eta likido guztiak dira, gizakiak eragindakoak edo naturalak, airean eskegita geratzen direnak denbora jakin batean. Primario eta sekundario gisa sailkatzen dira. Primarioak hainbat iturritatik zuzenean atmosferara igortzen direnak dira (adibidez, auto eta kamioien ihes-hoditik ateratzen den ke beltza, kaleetako hautsa). Hiri-eremuetan, iturri nagusia zirkulazioa izaten da, eta, ondoren, industria-jarduera (Almeida et al., 2020; Querol et al., 2008). Sekundarioak atmosferan bertan sortzen direnak dira, aitzindari deituriko materia gaseosoetako erreakzio kimikoen ondorioz. Partikulen gas aitzindari nagusiak sufre dioxidoa (SO₂), nitrogeno oxidoa (NO_x), konposatu organiko lurrunkorrak (KOL) eta amoniakoa (NH₃) dira. Batez ere, sulfato eta nitrato partikulek eratzen dituzte, eta partikula eskegi sekundario organikoak ere bai, konposatu organikoen oxidazio fotokimikotik sortuak. PM-a substantzia kimiko organikoek, hautsak, kedarrak eta metalen nahasketa konplexu batek osatzen du. PMen osagai nagusiak sulfatoak, nitratoak, amoniakoa, sodio kloruroa, kedarra, hauts mineralak eta ura dira (Lakovides et al., 2021). PM iturri garrantzitsuenak aireko eta lurreko garraioa, industria, berogailuak eta nekazaritza dira (van der Werf et al., 2010). Nahiz eta Europan trafikoa den PM_{2.5}-ari ekarpen handiena egiten dion jarduera (Saraga et al., 2021; Karagulian et al., 2017).

10 mikroi edo gutxiagoko diametroa duten (\leq PM₁₀) partikulak biriketan sartu eta sakon-sakonean gera daitezkeen arren, badira osasunerako are partikula kaltegarriago batzuk, 2,5 mikroi edo gutxiagoko diametroa dutenak (\leq PM_{2.5}), alegia. PM_{2.5} partikulak mintz albeolo-kapilarra igaro eta odol-sisteman sartu daitezke (Schwartz eta Neas, 2000). Partikulen eraginpean egonez gero, bihotz-hodietako eta arnasketaren gaixotasunak garatzeko arriskua dago, bai eta biriketako minbizia garatzeko ere. Lotura kuantitatibo estua dago partikula txikien (PM₁₀ eta PM_{2.5}) kontzentrazio handiaren eraginpean egotearen eta eguneko hilkortasuna eta morbiditatea igotzearen artean, baita epe luzekoa ere (Ali et al., 2019; Burnett et al., 2014; Schwartz et al., 2018).

Ebidentzia zientifikoaren arabera, epe laburrean PM₁₀en eraginpean egoteak arnas osasunari eragiten dio (Pascal et al., 2014); hala ere, epe luzean PM_{2.5}en eraginpean egonez gero, hiltzeko arrisku handiagoa dago PM₁₀en eraginpean egonda baino (Zanobetti eta Schwartz,

2009). Epe luzean PM_{2.5}en eraginpean egotea bihotz-biriketako gaixotasunak eragindako heriotza-arriskua areagotzearekin lotzen da, eta uste da heriotza-tasa %6 eta %13 bitartean igotzen dela, PM_{2.5} partikulak 10 µg/ m³ igotzen diren bakoitzeko (Strak et al., 2021; Pope et al., 2018; Beelen et al., 2008; Krewski et al., 2009).

Aire-kalitateari buruzko Europako egungo zuzentarauak urteko batez besteko 25 µg/m³ kontzentrazio objektiboa zehazten du. Balio horrek neurri handian gaintitzen ditu OMEk segurutzat jotzen dituen mailak; 2021. urtetik, urteko batez besteko 5 µg/m³-ko erreferentziako kontzentrazioa zehazten du. Europan, airearen kalitatea monitorizatuta dagoen zenbait lekutan, gaintitu egiten da PM_{2.5} partikulen 25 µg/m³-ko muga-balioa. Gainera, hiri-eremuetako PM_{2.5} kontzentrazioak, askotan, OMEk emandako erreferentzia-balioak baino askoz handiagoak izan ohi dira (EEA, 2023b).

1.2. Metalak

Errekuntza-prozesuetan, industria-jardueretan eta trafikoan sortutako isuriak dira atmosferarako metalen iturri antropogeniko garrantzitsuenak. Prozesu industrialen hobekuntzei eta emisioak murrizteko teknologiei esker isurketak nabarmen murriztu badira ere, osasunerako eta ingurumenerako arriskuak garrantzitsuak dira oraindik.

Hiri-hondakinak balorizatzeko instalazioek (HHBI) isuritako kutsatzaileen artean daude metal astunak, hala nola beruna (Pb), kadmioa (Cd), kromoa (Cr) eta merkurioa (Hg) (Chang et al., 2003). Partikulei (PM) itsatsitako metal hauek distantzia luzeetara garraiatu daitezke eta ingurumenean iraun dezakete, airean, uretan eta lurrian zirkulatuz denboran zehar. Arsenikoak, kadmioa, nikela eta beruna kantzerigeno (IARC) gisa sailkatuta daude, eta airearen kalitatea hobetzeari buruzko 102/2011 Errege Dekretuak arautzen ditu.

Europan arsenikoaren, kadmioaren, nikelaren, berunaren eta merkurioaren isurketak gutxituz joan dira 2000. urtetik. Horren ondorioz, aireko kontzentrazioak eta kutsatzaile-jalkinak gutxitu egin dira, batez ere industrialdeetan. 2000-2017 aldian aireko metal toxikoen isuriak nabarmen murriztu diren arren, oraindik ere epe luzerako arriskuak daude gizakien osasunerako eta ekosistemetarako, lurzoruetan, sedimentuetan eta organismoetan metatutako metalen ondorioz (European Commission, 2017). Beraz, beharrezkoa da metal toxikoen isuri atmosferikoak murrizteko ahaleginekin jarraitzea, industrietan hobekuntzak ezarri eta ahal den neurrian metal toxikoen erabilera murriztuz.

Metal astunak asko erabiltzen dira ekoizpen metalurgikoan, beste metal batzuekin, hala nola kobre, zink, burdin, manganeso, bario, kobalto eta banadioarekin batera. Horregatik, metalurgia-industria indartsua den lekuetan, hala nola lan honen azterketa-eremuan, atmosferako PM_{2.5} partikulek metal horiek daramatzate loturik (Lertxundi et al., 2010). Querol eta kolaboratzaileen azterlan batean (2007) ikusi zen nahiko handiak zirela Cr, Mn, Zn, Mo, Se, Sn eta Pb mailak altzairutegien eraginpean zeuden eremuetan. Gainera, V, Cr eta Ni mailak ere handiak ziren altzairu herdoilgaitza egiten zuten industrien eraginpean zeuden eremuetan. Trafikoa ere metalen iturri garrantzitsua da, batez ere hiriguneetan, eta horien artean daude Ni, Cu, Cr, Pb, Zn eta Hg (Johansson et al., 2008). Manganesoaren igorlea ere bada, fuel-olioa ke-gehigarri inhibitzaile gisa eta gasolinetan antidetonatzaile gisa gehitzen baita (Badia et al., 2021). Paladioa bihurtu katalitikoetan erabiltzen da, autoen ihes-gas kaltegarriak murrizteko (McCarthy et al., 2021).

Komunitate zientifikoak asko aztertu ditu metal astunak, kutsatzaile horien eraginpean egoteak gizakion osasunean eragiten dituen ondorio kaltegarriak direla eta (Hou et al. 2019; Jan et al., 2015). Biodegradagarriak ez direnez, biometatzeko joera dute izaki bizidunetan eta, beraz, elikatze-katean (Briffa et al., 2020). Populazio orokorra metalen eraginpean dago, batez ere elikagaiak eta ura hartuz, eta, neurri txikiagoan, airea arnastuz eta horiek dituzten elementuekin kontaktu zuzena eginez.

Metalen esposizio kronikoak organo eta sistema desberdinen funtzionamendua alda dezake, (Sivulka, 2005; Centeno et al. 2006; Barregard et al., 2010; Argos et al., 2010; Tolins et al., 2014; Quansah et al., 2015; Wu et al., 2016; Järup eta Vila-kesson, 2019). Cd, Ni eta Hg-k arnasketa- eta giltzurrun-sisteman dute eragina, As, Pb eta Hg-k ugalketa-sisteman, Pb-k gibelean eta giltzurrunean eta Cd-ak sistema eskeletikoan. Hg, As eta Ni gaixotasunekiko esposizioak gaixotasun kardiobaskularrak izateko arriskua ere areagotu dezake (Karagas et al., 2012). As eta Ni esposizioak larruazaleko lesioak eta ukipen-dermatitisa eragin ditzake (Duda Chodak, 2008). Gainera, As-arekiko esposizioa diabetesarekin ere lotu da (Sung et al., 2015). Pb eta Hg metal neurotoxikoak dira, eta garunari eta nerbio-sistemari eragiten diete batez ere.

1.3. Hidrokarbuo Aromatiko Poliziklikoak (HAPak)

Hidrokarbuo aromatiko poliziklikoak (HAPak) konposatu kimikoen multzo handia dira eta karbono eta hidrogeno atomoz osatuta egotea dute ezaugarri, hain zuzen ere, bospasei karbono atomodun eraztunak osatuz (Sakshy eta Haritas, 2020). Ikatz, olio, gas, egur, etxeko hondakin,

eta, oro har, jatorri organikoko substantziak erabat ez erretzean sortzen dira (Abdel-Shafy eta Mansour, 2016). Modu naturalean egoten dira petroliotan, ikatzetan, mundrun-deposituetan, eta erregai fosil nahiz biomasa erabiltzetik sortutako produktuetan (Abdel-Shafy eta Mansour, 2016; Shen et al., 2020). Konposatu horiek gehienak lurrunkorrak dira eta, isurpen-fokutik distantzia luzeetara joan daitezke partikula finetan adsorbaturik (Patel et al., 2020).

HAPen isurpen-iturri nagusiak zirkulazioa eta hiri-eremuetako berogailuak dira eta eremu industrialetan, industria bera ere bai. Gipuzkoan egindako azterlan batean ikusi zen HAPen isurpen-iturri nagusia industria zela, nahiz eta zirkulazioaren erasana ere ezin bazter zitekeen (Villar-Vidal et al., 2014).

Kantzerigeno izan daitezkeen 100 HAP inguru identifikatu dira. Indarrean den araudiak muga-balioak jasotzen ditu benzo(a)pirenorako (BaP), gizakientzat kantzerigenotzat sailkatu baitu (1. multzoa) Minbiziaren Ikerketarako Nazioarteko Agentziak (IARC). Hala ere, aireko hainbat HAPen nahasketa aldatu egiten da urtaroaren eta geografaren arabera; beraz, Europako Batzordeak egoki jo du beste HAP konposatu batzuk ere aldiro-aldiro monitorizatzea (Europako Batzordea, 2001). Aireko BaP-ren kontzentrazio gehienak altuak dira, etxeko ikatzaren eta egurraren errekontzatik datozen isurketengatik, nahiz eta zenbait herrialdetan (batez ere Europako hegoaldean) nekazaritzako hondakinak erretzearen ekarpena ere garrantzitsua den (EEA, 2017).

1.4. Dioxinak eta furanoak

Dioxinak eta dioxina-jarduera daukaten konposatuak (“dioxin-like” ingelesez) konposatu organiko iraunkorren (POP ingelesez) taldean sartzen diren substantziak dira. Konposatu triziklikoak dira. Bi bentzeno-eraztunez osatuta daude, eta kloro-elementuak daukate eraztunetan. Eraztun aromatikoetako klorazio-mailari eta kloro-atomoen kokalekuari esker, dibenzoparadioxina polikloratuen (PCDD) 75 kide eta dibenzofurano polikloratuen (PCDF) 135 kide zehazten dira (EFSA, 2018).

- Dibenzo-p-dioxina polikloratuak (PCDD), edo dioxinak. PCDDak dibenzo-p-dioxinen deribatuak dira. PCDDen 75 kide daude, kloro-atomoen kopuru eta kokapen desberdinekin. Horietako zazpi konposatu bereziki toxikoak dira, 2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD eta OCDD.

- Dibenzofurano polikloratuak (PCDF) edo furanoak. PCDFak dibenzofuranoen deribatuak dira. 135 isomero daude, eta hamarrek dioxinen antzeko propietateak dauzkate: 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF eta OCDF.

Dioxina eta furanoak konposatu oso egonkorak dira tenperatura handitan, oso lipodisolbagarriak, disolbagaitzak uretan eta biodegradatzen zailak (Gworek et al., 2013). Ezaugarri fisiko-kimiko horiek direla eta, konposatu hauek izaki bizidunetan biometatzeko ahalmen handia dute, zehazki gantz-ehunetan, eta beraz, elikadura-katean sartu eta metatu egiten dira (Jeno et al., 2021; Szajner et al., 2021).

Errekuntza da dioxina eta furanoen ingurumen-iturri nagusia (Antunes et al., 2012). Errekuntza-prozesuetan sortzen dira, besteak beste: hondakinak erraustea (adibidez, udal-hondakin solidoak, araztegiko lokatza, medikuntza-hondakinak eta hondakin arriskutsuak), hainbat erregai erretzea (adibidez, ikatza, egurra eta petrolio-deribatuak), tenperatura handiko beste iturri batzuk (adibidez, zementu-labeak) eta kontrolik gabeko errekuntza-iturriak (adib. basoko suteak, sumendien erupzioak, eraikinetako suteak eta etxeke egurra) (Kaleka eta Thind, 2020). Galdategi eta findegia ere dioxinen eta furanoen iturri dira. Burdina-minerala bereizteko, altzairua egiteko eta txatarra berreskuratzeko prozesuetan ere dioxina sortzen da. Galdaketa sekundarioak eta ferrosoak ez diren metalen finketak (aluminio, kobre, berun eta zinkarenak) ere sor ditzake dioxinak eta furanoak, organiko ez-puruak erretzen direlako (plastikoa, pinturak eta disolbatzaileak) galdatze-prozesuetan erabilitako metaletan eta klorodun produktu kimikoetan (sodio kloruroa eta potasio kloruroa) (Wu et al., 2020; Wang et al., 2016; Aittola et al., 1992; EPA, 1987, 1997). Gainera, burdina galdatzen eta kokea ekoizten ere dioxinak isurtzen dira, kloroa eta beste konposatu organiko batzuk sortzen direlako hautsaren eta beste fabrikazio-prozesu batzuetatik birziklaturiko hondakinen bidez (Lahl, 1993, 1994; Lexen et al., 1993; Rappe, 1991). Kimika-industriari dagokionez, papera egiteko egur-mamia zuritze prozesuan, kloroa eta kloro-deribatuak fabrikatzean eta produktu kimiko organiko halogenatuak fabrikatzean ere (pestizida batzuk, esaterako) dioxinak sortzen dira.

1.5. Bifenilo polikloratuak (PCBak)

PCBak edo bifenilo polikloratuak konposatu organiko iraunkorrak dira, eta PCDD/Fak bezalaxe, errekuntza erabatekoa ez den prozesuetan askatzen dira kloroa dagoenean. Bi bentzeno-eraztunez osatzen dira, non kloro-atomoz ordez daitezkeen hidrogeno-atomo bat edo

gehiago (EFSA, 2018). 209 kide daude, 2 kategoriatan sailkatuta, dauzkaten propietate toxikologikoen arabera: horietako 12k dioxinen antzeko propietate toxikologikoak dauzkate, eta “dioxina-jardueradun” PCBak deitzen zaie (“dioxin-like” PCB, ingelesez, edo dl-PCB): PCB-77; PCB-81; PCB-126; PCB-169; PCB-105; PCB-114; PCB-118; PCB-123; PCB-156; PCB-157; PCB-167 eta PCB-189. Gainerako PCBek ez daukate horrelako toxikotasunik (PCB non dioxin-like). Gaur egun herrialde gehienetan PCBak sortzea debekatuta egon arren, historikoki asko erabili direnez (isolatzaile dielektrikotzat, sugarraren moteltzailatzat, eranskailu, tindu, pintura, pestizida eta materialen hainbat estalgarritan), oraindik ingurumenera isurtzen ari dira, PCBdun produktuak erabiltzeagatik, konposatu horiekin kutsaturiko lekuetako isurpenengatik, eta errekuntza-prozesuengatik (Erickson, 1997; Hutzinger et al., 1974).

1.6. Baliokidetasun toxikoen faktoreak (TEF) eta baliokide toxikoak (TEQ)

Dioxinen nahasketen toxikotasun osoa ebaluatzeko (PCDD/PCDF eta dl-PCBak), “baliokidetasun toxikoen faktore” (TEF ingelesez) izenekoak ezarri dira (1.1 ERANSKINA). Horien bidez, toxikotasun gutxienerako dioxin-like konposatuak kide toxikoenaren (2,3,7,8-TCDD) kopuru baliokidea aintzat hartuta adierazten dira, eta 1eko balioa esleitzen zaio arbitrarioki kide toxikoenari; beraz, erreferentziatzat erabiltzeko konposatua izango da, gainerako dioxinei toxikotasun-maila esleitzeko.

Dioxinen antzeko substantzien nahasketen toxikotasun osoa adierazteko, baliokide toxikoak (TEQ) erabiltzen dira; balio hori kalkulatzeko, kide bakoitzaren ($TEF_{i,j}$) TEFa nahasketan duen kontzentrazioaz biderkatzen da, eta horien baturak emango du balioa. Hauxe da formula:

$$TEQ = \sum (TEF_i PCDD * C_i PCDD + TEF_j PCDD * C_j PCDD + \dots)$$

TEQ kontzeptuak aukera ematen du kideen nahasketen toxikotasuna konparatzeko Ah (aryl hydrocarbon ingelesez) hartzaile zelularrekiko elkarreraginaren ondorio kaltegarrien kasuan, eta ez ditu kontuan hartzen dioxinen konposatuek edo dioxinen antzekoek eragin ditzaketen beste efektu toxiko batzuk. Gaur egun, hiru baliokide toxikoko faktore daude (TEF). Ipar Atlantikoko Itunari buruzko Erakundeak (NATO) 1989an (NATO/CCMS, 1988) sortutako eta gerora eguneratutako I-TEQak. OMEk 1998an sortutako OME-TEQak (van den Berg et al., 1998; 2006) eta ondoren 2005ean eguneratutakoak (van den Berg et al., 2006). I-TEQak OME-TEQak baino %10 inguru handiagoak dira. TEQen emaitzak kalkulatzeko erabili den TEF balioaren arabera izango dira. Horrela, erabilitako TEF balioaren arabera, dioxinen kontzentrazioak I-TEQen edo OME-TEQ₁₉₉₈ eta OME-TEQ₂₀₀₅etan adieraz daitezke.

1.7. Egungo legedia

Espanian, aire-kalitateari buruz indarrean dagoen legedia urtarrilaren 28ko 102/2011 Errege Dekretua da, airearen kalitatea hobetzeari buruzkoa. Araudi horretan daude ezarrita osasuna babesteko muga-balioak, hain zuzen ere atmosferako kutsatzaile jakin batzuk eduki beharrekoak, besteak beste: PM₁₀ eta PM_{2.5} material partikulatuak, berunak, nikelak, artsenikoak, kadmioak eta benzo(a)pirenoak PM₁₀ean. Hauek dira araudiak ezarritako muga-balioak:

1. Taula. 102/2011 Errege Dekretua, urtarrilaren 28koa

PM ₁₀			
	Batezbestekorako aldia	Balioa	Muga-balioa betetzeko eguna
Urteko muga-balioa	Urte zibil 1	40 µg/m ³	2015eko urtarrilaren 1a
PM _{2.5}			
	Batezbestekorako aldia	Balioa	Muga-balioa betetzeko eguna
Urteko muga-balioa (I. fasea)	Urte zibil 1	25 µg/m ³	2015eko urtarrilaren 1a
Urteko muga-balioa (II. fasea)	Urte zibil 1	20 µg/m ³	2020ko urtarrilaren 1a
Beruna			
	Batezbestekorako aldia	Balioa	Muga-balioa betetzeko eguna
Urteko muga-balioa	Urte zibil 1	0.5 µg/m ³	2015eko urtarrilaren 1a
Artsenikoa, kadmioa, nikela eta benzo(a)pirenoa			
	Batezbestekorako aldia	Balio objektiboa PM ₁₀ -ean	Muga-balioa betetzeko eguna
Artsenikoa (As)	Urte natural 1	6 ng/m ³	2013ko urtarrilaren 1a
Kadmioa (Cd)	Urte natural 1	5 ng/m ³	2013ko urtarrilaren 1a
Nikela (Ni)	Urte natural 1	20 ng/m ³	2013ko urtarrilaren 1a
Benzo(a)pirenoa (B(a)P)	Urte natural 1	1 ng/m ³	2013ko urtarrilaren 1a

2. Taulan As, Cd, Cr, Pb, Mn, Ni eta V-rako mugak agertzen dira, 2021eko irailaren 22an eguneratutako airearen kalitaterako OMEren gidaren arabera.

2. Taula. Airearen kalitaterako OMEren gidaren mailak

Kutsatzailea	Gomendatutako muga-balioa
PM _{2.5}	5 µg/m ³
PM ₁₀	15 µg/m ³
Artsenikoa (As)	6.6 ng/m ³ 10 ⁻⁵ arriskurako
Kadmioa (Cd)	5 ng/m ³
Kromoa (Cr)	0.25 ng/m ³ 10 ⁻⁵ arriskurako
Beruna (Pb)	0.5 µg/m ³
Manganesoa (Mn)	150 µg/m ³
Nikela (Ni)	25 ng/m ³ 10 ⁻⁵ arriskurako
Banadioa (V)	1 µg/m ³

PCDD/F eta PCBei dagokienez, ezarri gabe daude konposatu horietarako immisioko muga-balioak. Hala ere, isurpen-balioak ezarrita daude, araudi honetan: 94/67/CE Zuzentaraua, Kontseiluarena, 1994ko abenduaren 16koa, hondakin arriskutsuak errausteari buruzkoa. Arau horren arabera, gutxienez 6 orduko eta gehienez 8 orduko laginketa-aldi batean neurturiko batez besteko balio guztiek ezin izango dute gainditu 0,1 ng/m³-ko (I-TEQ) muga-balioa. Muga-balio hori neurtzeko, dioxina eta furanoen kontzentrazio indibidualak batzen dira, isuritako konposatuei dagokien TEF aplikatuta.

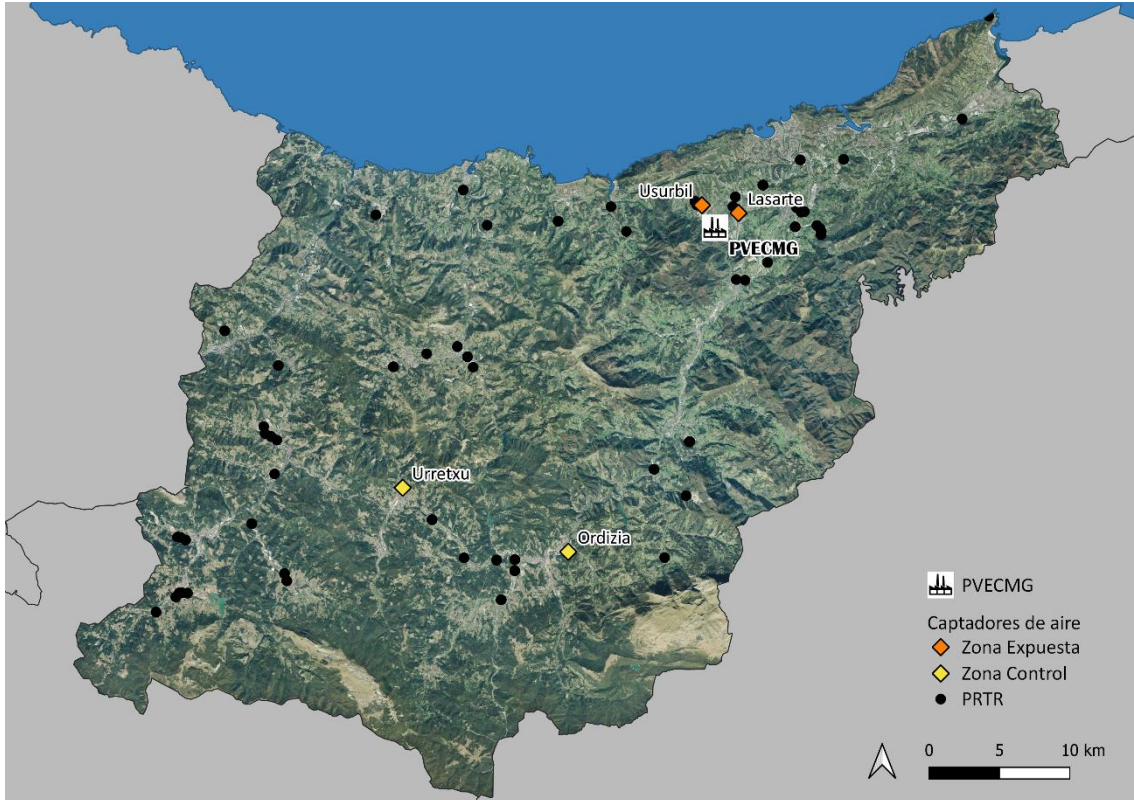
2. HELBURUAK

Ikerketa-ildo honen helburua GIGEBiko eraginpeko-eremuan (Usurbil eta Lasarte) eta kontrol-eremuan (Urretxu eta Ordizia) airearen kalitatea eta bilakaera ebaluatzea da, $PM_{2.5}$, partikula hauei loturiko metalak eta HAPak, eta dioxina, furano eta PCBak kuantifikatuz.

3. METODOAK

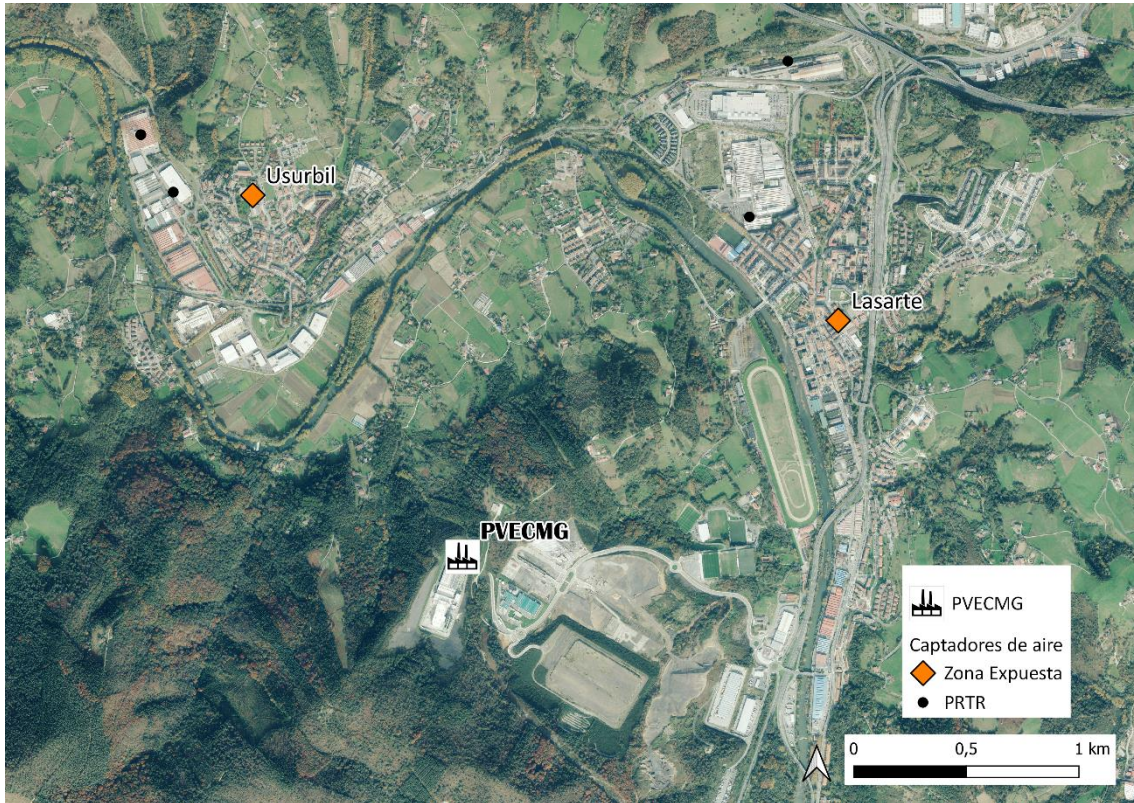
3.1. Azterketa-eremua

Azterlana Gipuzkoako bi eremutan egin zen (1. Irudia): bata, GIGEBIren eraginpeko edo esposiziopeko eremuan (2. Irudia), eta, bestea, kontrol-eremua edo GIGEBIren eraginik gabeko eremuan (3. Irudia). Lehenengo eremuan Usurbil eta Lasarte udalerrriak aukeratu ziren; bigarreanean, berriz, Urretxu eta Ordizia.

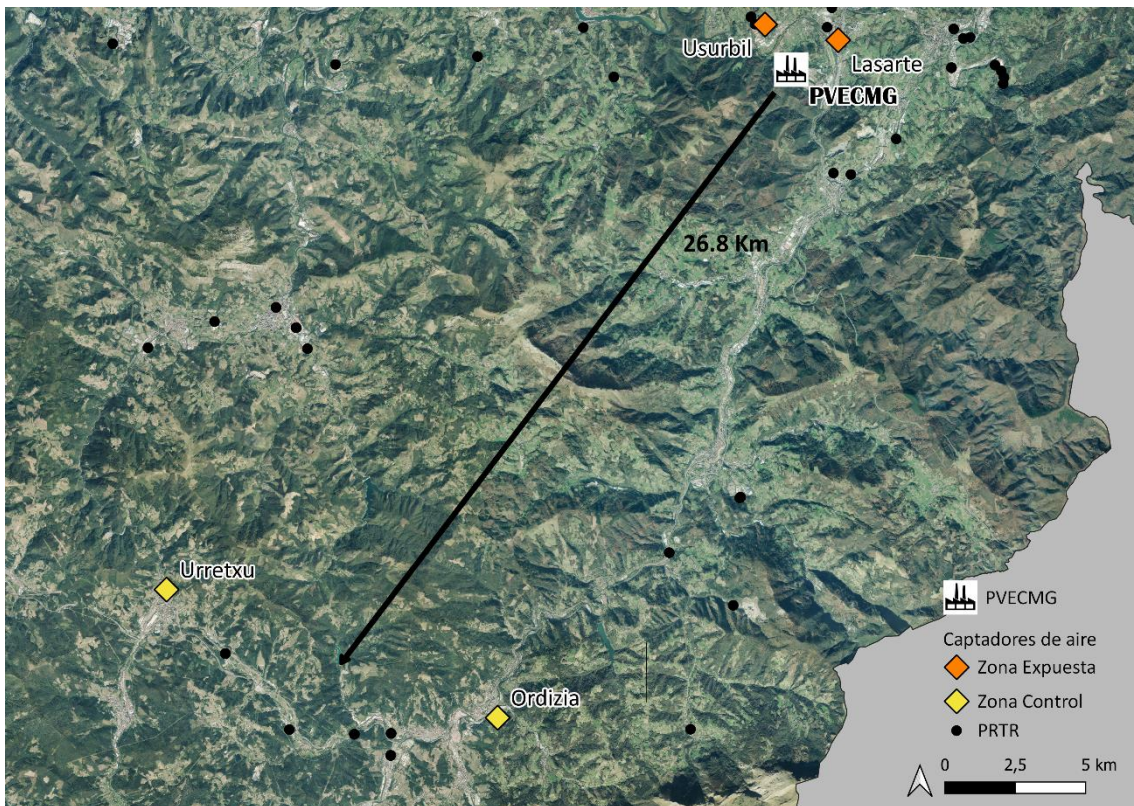


1. Irudia. Azterketa-eremua.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



2. Irudia. Eraginpeko-eremua, Lasarte eta Usurbil.



3. Irudia. Kontrol-eremua, Ordizia y Urrtxu.

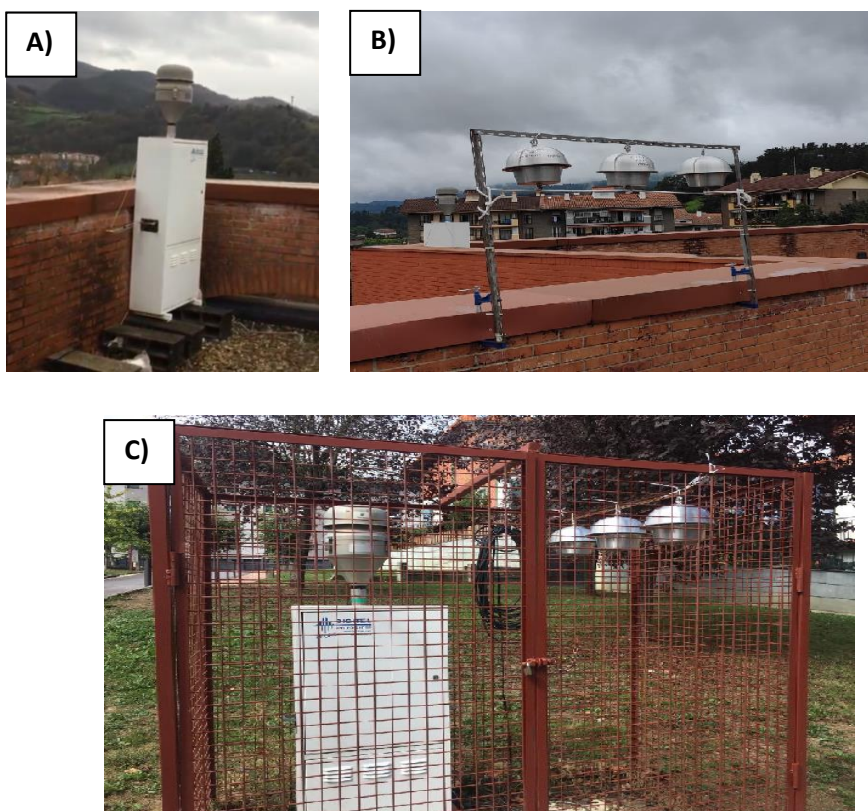
3.2. Aireko kutsatzaileen bilketa

Aire kaptadore aktiboak (DIGITEL) jarri ziren $PM_{2.5}$ eta PCDD/F eta PCBak biltzeko, bai eta PCDD/F eta PCBak biltzeko kaptadore pasiboak ere (4A, 4B eta 4C Irudiak).

Hargailuak, aire-kalitatearen puntu adierazgarrietan (inmisio-maila) jarri ziren, zeinaren eraginpean baitaude aztertu beharreko udalerrietako biztanleak, kutsatzaileen isuri-iturri zuzenak bazter utzita. Aire-hartzea galaraz zezaketen oztopo fisikorik gabeko lekuetan jarri ziren. Kokapenak:

- Lasarte: osasun-zentroko teilatu lauan ($43^{\circ}16'03''N - 02^{\circ}01'08''W$)
- Usurbil: Udarregi ikastolako teilatu lauan ($43^{\circ}16'22''N - 02^{\circ}03'03''W$)
- Ordizia: Jakintza eskolako lorategian ($43^{\circ}03'07''N - 02^{\circ}10'15''W$)
- Urretxu: liburutegiaren atzealdean ($43^{\circ}05'38''N - 02^{\circ}18'53''W$)

PM_1 , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} neurtzeko erabilitako PALAS kaptadoreei dagokienez, ekipoak 2020ko azaroan jaso ziren eta 2020ko abenduaren 9an jarri ziren Urretxun eta Usurbilen (5A eta 5B Irudiak).



4. Irudia. Usurbilen instalatutako DIGITEL DHA-80 kaptadore aktiboa [A] eta PCDD/F eta PCB kaptadore pasiboak [B]. Urretxun jarritako DHA-80 kaptadore aktiboa eta PCDD/F eta PCB kaptadore pasiboak [C].



5. Irudia. PM_{10} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulak kuantifikatzeko PALAS kaptadoreak, kontrol eremuan (Urretxu) [A] eta eraginpeko-eremuan (Usurbil) [B].

Aireko $PM_{2.5}$ ak egunero hartu ziren 2020ko ekainetik 2023ko iraila bitartean, Usurbil, Lasarte, Urretxu eta Ordiziako udalerrietan, bolumen handiko DIGITEL kaptadoreen bidez. Gainera, 2020ko abenduko hirugarren astetik, PM_{10} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulen eguneroko datuak bildu ziren eraginpeko eremuan (Usurbil) eta kontrol eremuan (Urretxu), PALAS kaptadoreen bidez.

Aire-laginetan, aztarna-elementu hauek kuantifikatu ziren: artsenikoa (As), kadmioa (Cd), kromoa (Cr), kobrea (Cu), merkurioa (Hg), manganesoa (Mn), nikela (Ni), zinka (Zn), beruna (Pb), burdina (Fe), selenioa (Se), barioa (Ba), banadioa (V), kobalto (Co), zerioa (Ce) eta paladioa (Pd). Halaber, udalerrri bakoitzean, hilean 5 lagin hartu ziren Cr (VI)-a zehazteko.

Hidrokarburo aromatiko polizikloko dagokienez (HAP), EPAk (2014) lehentasunezko kutsatzailetzat jotako 16 HAPak zehaztu dira: naftalenoa, azenaftalenoa, azenaftenoa, fluorenoa, fenantrenoa, antrazenoa, fluorantenoa, pirenoa, benzo[a]antrazenoa, krisenoa,

benzo[b]fluorantenoa, benzo[k]fluorantenoa, benzo[a]pirenoa, dibenzo[a,h]antrazenoa, benzo[g,h,i]perilenoa, indeno[1,2,3-c,d] pirenoa.

Dioxina/furano eta PCBak eraginpeko eremuan nahiz kontrol-eremuan bildu ziren, kaptadore aktibo eta pasibo bidez. Kontrol-eremuan, Urretxu aukeratu zen laginketarako, PCDD/Fak isurtzen zituen industriarik ez zegoelako, Espainiako PRTRk zioenez. Eraginpeko eremuari dagokionez, Usurbilen PCDD/Fak isurtzen dituen industria dagoenez eta ahalik eta agertoki okerrera aplikatuz (worst case scenario, ingelesez), udalerrri hori aukeratu zen laginketak hartzeko.

Bilketa aktiborako, poliuretano-aparrezko iragazkiak (PUF) erabili ziren (10 cm-ko diametroa x 10 cm-ko luzera), DIGITEL hargailuetan jarrita, Usurbilen eta Urretxun. Urteko hainbat alditan egin ziren bilketak, zehazki, udaberri-udatan eta udazken-negutan, urtarokako aldakortasuna erregistratzeko. Urtarokako aldakortasunaz gain, industriak aireko PCDD/Ftan zuen eragina ikusteko, bi lagin desberdin hartu ziren astean zehar: bata, astegunetan (astelehenik ostiralera) eta bestea, jaiegunetan (larunbat-igandeetan).

PCDD/F eta PCB kontzentrazioei buruzko datuak kaptadore pasibo bidez ere lortu ziren. PCDD/F eta PCB kontzentrazioari buruzko datu bakoitza 4 PUF kontzentrazioen baturaren bidez kalkulatu da. 4 PUF horiek 3 hilabetez jarraian jarri ziren kaptadore pasiboetan; beraz, lortzen den datua konposatu horien kontzentrazioaren baliokidea da denbora-tarte horretan. Laginak kaptadore aktiboaren bidez hartutako laginekin batera hartu ziren.

PCDD/F eta PCB hauek zehaztu ziren laborategian: 2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OCDD; 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; OCDF; PCB-77; PCB-81; PCB-126; PCB-169; PCB-105; PCB-114; PCB-118; PCB-123; PCB-156; PCB-157; PCB-167 eta PCB-189.

3.2.1. Laginketa-egutegia

3. Taulako egutegian zehatz-mehatz jasotzen dira aztertutako kutsatzaile bakoitzerako urte bakoitzeko lagin-kopurua eta bilketa-aldia.

3. Taula. Laginketa-egutegia

	2020											
LAGINKETA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM _{2.5} , metalak eta HAPak						23	23	22	22	22	22	22
Kromo (VI)-aren zehaztapenak						5	5	5	5	5	5	5
PCDD/F eta PCBak AKTIBOKI						1	4	5	4			
PCDD/F eta PCBak PASIBOKI								1				
PM ₁₀ , PM _{2.5} eta PM ₁												15
	2021											
LAGINKETA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM _{2.5} , metalak eta HAPak	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Kromo (VI)-aren zehaztapenak	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PCDD/F eta PCBak AKTIBOKI	2	5	3			2	4	4	4			
PCDD/F eta PCBak PASIBOKI		1						1				
PM ₁₀ , PM _{2.5} eta PM ₁	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	2022											
LAGINKETA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM _{2.5} , metalak eta HAPak	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Kromo (VI)-aren zehaztapenak	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PCDD/F eta PCBak AKTIBOKI	2	4	2	2		2	4	2	4	2		
PCDD/F eta PCBak PASIBOKI		1						1				
PM ₁₀ , PM _{2.5} eta PM ₁	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
	2023											
LAGINKETA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PM _{2.5} , metalak eta HAPak	22	22	22	22	22	22	22	22	22			
Kromo (VI)-aren zehaztapenak	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
PCDD/F eta PCBak AKTIBOKI	2	4	4									
PCDD/F eta PCBak PASIBOKI		1										
PM ₁₀ , PM _{2.5} eta PM ₁	31	28	31	30	31	30	31	31	30			

eguneko bilketak eta gutxienez 22 lagin/udalerrri/hilabeteko neurketak, 2020ko ekaina eta uztaila izan ezik (23 lagin/hilean)
 5 lagin/hilabeta/udalerriko
 2-4 lagin/eremu/hilabeteko, 2020ko ekaina (lagin 1) eta 2020ko uztaila (5 lagin) izan ezik;
 2 kaptazio asteko: astelehen-ostiral eta larunbat-igande
 1 lagin/eremu; hiru hilabeteko kaptazio 1
 PM₁₀, PM_{2.5} y PM₁ partikulen eguneroko datuak

3.3. Analisi-metodoa

3.3.1. PM_{2.5}

PM_{2.5} partikulen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoko Sailean egin zen.

Material partikulatua (PM_{2.5}) erreferentziatzko metodoaren arabera zehaztu zen (12341:2015 UNE-EN araua). Ebakitze-buru baten bidez interesatzen den material partikulatuaren frakzioa hautatzen da. Neurketa-prozesu osoaren zehaztapen zehatzak UNE-EN 14907 arauan oinarrituta egin dira. Arau hori betetze aldera, zabaldua eduki ziren iragazki garbiak 48 ordutan, balantza-gelan, 20°C-tan (1°C ±) eta % 45-50eko hezetasun erlatiboarekin, pisatu aurretik. Iragazkia pisatu eta gero, hargailuan jarri zen, eta 24 orduan biltzen jardun ondoren, jaso. Emari-neurgailuaren azken kontagailuko balioa eta laginketa-aldiko egoera

meteorologikoa erregistratu ziren. Iragazki garbia bezala jarri zen, hots, 48 orduan, balantza-gelan. Onarpen-irizpide berak erabilia erregistratu ziren pisaketak. Amaierako pisua (Pf), hasierako pisura (Pi) eta hartutako airearen bolumena (V) ezagututa zehazten zen materia partikulatuaren (PM_{2,5}) kontzentrazioa, µg/m³-tan adierazita, ekuazio honekin:

$$C = (Pf-Pi)/V \times 10^6$$

Analisi instrumentalerako ekipoak mantendu, egiaztatu eta kalibratzeko lanak eta saiakuntza fisiko-kimikoak egiteko, Kalitatearen Kudeaketa Sistema (ISO 17025) baliatu zen. Metodoak baliozkotzeko Erreferentziazko Material Egiaztatuak erabilia, saiakuntzen zehaztasun-, doitasun- eta ziurgabetasun-irizpideak ezar daitezke.

3.3.2. Metalak

PM_{2,5}etako metalen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoko Sailean egin ziren.

PM_{2,5}etako metalen edukia erreferentziazko metodoaren arabera zehaztu da (UNE-EN 14902:2006 araua). Elementu metalikoen kontzentrazioak zehazteko, inguru azidoan digeritu zen iragazki bakoitza. Ondoren, %65eko azido nitrikoaren 5mL nahastu ziren. Gero, iragazkiaren digestioa egin zen 220°C-tan, 20 ordu inguruan digestore batean. Etzate-denbora igaro eta lagina hoztu ondoren, iragazi eta garbitu egin zen, 4 aldiz gutxienez, ur ultra garbiarekin. Iragazia 25mL-ko matrize aforatu batean jaso zen, eta aurreko disoluzioaren alikuota bat masa-espektrometria bidez aztertu da Akoplamendu Induktiboko Plasmarekin (ICP-MS Agilent 7500a), hain zuzen ere, solido disolbatuei tolerantzia handia dien Babington langargailuarekin; talka-gelaxka ere erabili da, interferentzia poliatomikoak ezabatzeko; eta, Shieldtorch, matrizearen haustura eta atomo ionizatuen populazio handiagoa lortzeko diseinatua, temperatura txikitan lan egiteko (plasma hotza).

Analisi instrumentalerako ekipoak mantendu, egiaztatu eta kalibratzeko lanak eta saiakuntza fisiko-kimikoak egiteko, Kalitatearen Kudeaketa Sistema (ISO 17025) baliatu zen. Metodoak baliozkotzeko Erreferentziazko Material Egiaztatuei esker, saiakuntzen zehaztasun-, doitasun- eta ziurgabetasun-irizpideak ezar daitezke.

3.3.3. Hidrokarburo Aromatiko Poliziklikoak

PM_{2.5}etako HAPen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoaren Sailean egin ziren.

HAPen edukia erreferentziazko metodoaren arabera (UNE-EN 16362:2006 araua) zehaztu zen. HAPak erazteko, mikrouhin-labea erabili zen (MAE) azetonitriloarekin, erazkinaren amaierako bolumena 1mL izatera arte. Analisia egiteko, bereizmen handiko likido-kromatografia erabili da (UPLC-HCLASS de Waters), fluoreszentzia-detektagailuarekin eta array-diodoarekin. Ihintzatzaile sistema kuaternarioa eta injekzio zuzeneko laginketa dauzka, efikazia handiko bereizketak egiten laguntzeko.

Analisi instrumentalerako ekipoak mantendu, egiaztatu eta kalibratzeko lanak eta saiakuntza fisiko-kimikoak egiteko, aintzat hartu da Kalitatearen Kudeaketa Sistema (ISO 17025). Metodoak baliozkotzeko Erreferentziazko Material Egiaztatuei esker, saiakuntzen zehaztasun-, doitasun- eta ziurgabetasun-irizpideak ezar daitezke.

3.3.4. PCDD/F eta PCBak

CSICeko Kimika Organiko Orokorreko Institutuan egin ziren zehaztapenak.

Protokolo analitikoak lagin-tratamenduko etapa bat eta determinazio instrumentaleko etapa bat ditu. Laginen tratamendua, lehenik eta behin, azterlanaren xede den matrizetik intereseko analitoak eraztean oinarritzen da, eta ondoren, ateratako ezpurutasunak ezabatzeko araztean, interesatzen diren analitoak identifikatzea eta kuantifikatzea zaildu baitezake. Determinazio instrumentala interesekoak diren analitoak identifikatu eta kuantifikatzen diren fasea da. Horretarako, gasen kromatografian oinarritutako teknika instrumentalak erabiltzen dira, bereizmen handiko masa-detektagailu bati (GC-HRMS) akoplatuta. Hona hemen fase bakoitzaren oinarriak:

Erauzketa: Soxhlet erauzketan oinarritutako prozedura, 24 orduz, n-hexano disolbatzaileen nahasketarekin (9:1; v:v). Erauztu beharreko lagina EN-1948ES, P48-M-ES eta P48-W-ES patroiekin sendotzen da (Wellington Laboratories, ON, Canadá).

Arazketa: DEXTech+ (LCTech, GmbH) arazketa-sistema automatikoa erabiltzean oinarritutako prozedura, geruza anitzeko silize azidozko, aluminazko eta ikatz grafitikozko zutabeekin. Bi frakzio sortzen dira: F1-a, PCB guztien eduki gehiengoarekin, 4 kongenere

koplanarrak izan ezik (PCB-77, -81, -126, -169), eta F2-a, kongenere koplanar eta PCDD/F-en eduki gehiengoarekin.

Determinazio instrumentala: GC-HRMSn oinarritutako prozedura, DFS (Thermo Fisher Scientific) bereizmen handiko masa-espektrometro bati akoplatutako Trace GC (Thermo Fisher Scientific) gas-kromatografo bat erabiliz. Inpaktu elektronikoan lan egiteko moduan eta 10.000ko bereizmenarekin. Estraktuak EN-1948IS eta P48-RS disoluzioen injekzio-patroien bidez aztertzen dira (Wellington Laboratories, ON, Canadá). Erabilitako kalibratze-zuzenak EN-1948CVS eta WM48-CVS dira (Wellington Laboratories, ON, Canadá).

Analitoen kontzentrazioaren balioa kalkulatzeko 3 modu erabili ziren analitoaren kontzentrazioa detekzio-muga (LOD) baino txikiagoa zen kasuetan:

- Lowerbound edo “beheko muga”: beren LODren azpitik dauden analitoen balioetan, zero jarrita neurturiko kantitatea.
- Mediumbound: bere LODaren azpitik dauden analitoen balioetan, LOD hori zati bi egin (LOD/2) eta ateratzen den balioa jarrita neurturiko kantitatea.
- Upperbound edo “goiko muga”: bere LODaren azpitik dauden analitoen balioetan, LOD horren balioa jarrita neurtutako kantitatea.

Azkenik, emaitzak TEQ moduan adierazi ziren tauletan, 2055ean OMEk emandako TEF-ak erabilia (ikus TEFak 1.1. ERANSKINEAN). I-TEFak eta OMEren 1998ko TEFak erabiliz ere kalkulatu ziren baliokide toxikoak, azterlan honen eta aurretik argitaratutako azterlan zientifikoen emaitzak erkatzeko.

TEQ balioak “goiko muga” edo upperbound-en kalkulatu ziren, detekzio-mugaren balioa (LOD) esleituta detektatu gabeko kideei edota LODaren azpitik zeudenei.

3.3.5. PALAS ekipoen bidez jasotako PM_{1} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulak

PM_{1} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulen zehaztapena Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Kimikoko Sailean egin zen.

Alemaniko akreditazio-agentziak (TÜV) homologatutako Palas equipoak, EN 16450 arauaren arabera, airean dauden partikulen neurketa jarraitua egiten du, $0,3 \text{ m}^3/\text{h}$ (+/- 3 %) aire-fluxuaren gainean, partikulei eragiten dien LED argi-iturri egonkor batek sortutako argi optikoa barreiatuz. Sortutako sakabanatze-patroiari esker, masarekin lotzen den eta tamainaren arabera

kuantifikatzen den partikula bakoitzaren tamaina zehaztu daiteke irakurketa-kanal desberdinetan, kasu honetan PM_{10} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} .

3.4. Analisi estatistikoa

R, Stata 14 eta SPSS pakete estatistikoek bidez egin ziren analisi estatistikoak.

Lehenik eta behin, lortutako datuen deskribapena egin da, analisisien emaitzak eta emaitzen interpretazioa alda ditzaketen balio arraroak detektatzeko. $PM_{2.5}$ en eta partikulei loturiko aztarna-elementuen analisia egiteko, batez besteko balioak kalkulatu ziren (batezbesteko aritmetikoa), % 95eko konfiantza-tartea (%95 KT) emanda kutsatzaile jakin bakoitzari, eta balio maximoak eta minimoak. Halaber, $PM_{2.5}$, As, Ni, Cd, Pb eta benzo(a)pirenoen kasuan, kutsatzaileen kontzentrazioak 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako muga gainditzen duen egunen kopurua kalkulatu da, martxan jarri aurreko aldiko parametro berarekin alderatzeko. Era berean, urteko batez bestekoa 102/2011 Errege Dekretuaren muga-balioen eta OMEren gomendioaren arabera ebaluatuko da, baliorik badago.

$PM_{2.5}$ partikulei, eta partikulei lotutako elementuei eta HAPei dagokienez, kutsatzaileen kontzentrazioen batez bestekoen alderaketa azterketa-eremu bakoitzeko udalerrien artean egin da (Lasarte vs Usurbil eraginpekoan, eta Ordizia vs Urretxu kontrol eremuan), baita azterketa-eremuen artean ere (eraginpekoa vs kontrola), Mann Whitneyren U edo T student testen bidez, datuen normaltasunaren arabera. Balioak kuantifikazio-mugaren (LOQ) azpitik zeuden kasuetan, LOQren erdiaren balioa erabili zen. Kontrol-eremuko udalerrietan zehaztutako kutsatzaileen kontzentrazio-mailen arteko aldea kontuan hartuta, banaka egin da eraginpeko-eremuarekin konparaketa kontrol-eremuko udalerriri bakoitzarekin (eraginpeko eremua vs Ordizia, eta eraginpeko eremua vs Urretxu). Aldeak estatistikoki esanguratsuak izan ziren %95 KTen artean elkar estali ez zuten kasuetan. Parametro bakoitzaren banaketaren arabera kontraste parametrikokoak edo ez parametrikokoak erabiliz, eraginpeko eremuan eta kontrol-eremuan GIGEBI martxan jarri aurretik eta ondoren aurkitutako batez besteko mailak ere alderatu ziren. Horrela, denboran aldaketarik egon zen ebaluatu zen, eta aldaketarik balego, aldaketa berdina zen ala ez bi eremuetan.

PCDD/F eta PCBen kasuan, batez besteko aritmetikoak (%95 KT), batezbesteko geometrikoak (BG)(%95 KT) eta medianak, 25 eta 75 pertzentilekin, kalkulatu ziren. Hiru parametroak kalkulatu ere, datuen banaketa ez zenez normala izan, estatistikoki esanguratsuak diren aldeak (letra lodiz adierazita) BGenak dira PCDD/Fei eta PCBei dagokionez.

Tauletan, "goiko muga" edo upperbound hurbilketarekin kalkulaturako konposatuen kontzentrazioak sartu ziren, izan daitezkeen baliorik altuenak dira eta. Aldeak estatistikoki esanguratsuak izan ziren %95 KTen tartean elkar estali ez zuten kasuetan. Era berean, kaptazio pasiboaren eta kaptazio aktiboaren bidez lortutako PCDD/F eta dl-PCBen batez besteko mailak ere alderatu ziren.

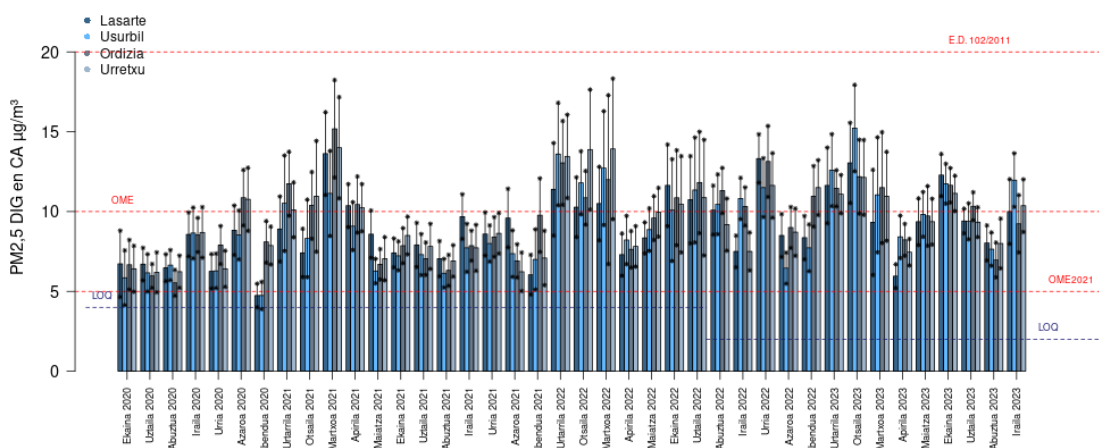
PM_{2.5} eta honi atxikitutako elementuen bilakaera aztertzeko, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian, PM_{2.5} eta honi atxikitutako elementuen kontzentrazioaren denbora- eta espazio-aldakuntza aztertu da, "Aurretik-Ondoren/Kontrol-Eraginpeko" (BACI) diseinuaren bidez, 2018/01/01etik 2022/09/30erarte. Tradizionalki, airearen kalitateari buruzko azterketak batez bestekoen eta medianen konparazioan zentratzen dira. Hala ere, azterlan honetan ekologia-ikasketen eredu tipiko bat erabili nahi izan da, Before-After/Control-Impact edo BACI diseinu gisa ezagutzen dena. Diseinu hau ingurumen-nahasmenduek sistema ekologikoetan dituzten ondorioak ebaluatzeko erabiltzen da, inpaktu-eremuaren unea eta kokapena ezagutzen direnean eta "inpaktua" gertatu aurreko datuak daudenean. Diseinu ezin hobea kontsideratzen da aldakortasun naturalen eragina isolatzen laguntzeko (Chevalier et al., 2019; Smokorowski & Randall, 2017).

4. EMAITZAK: 2020KO EKAINETIK 2023KO IRAILERA

4.1. PM_{2.5}

Airean 977 eguneko PM_{2.5} kontzentrazioaren datuak lortu dira Lasarte, 983 egunetakoak Usurbilen, 990 egunetakoak Ordizian eta 972 egunetakoak Urretxun (ikus 1.2. ERANSKINA eta 1.3. ERANSKINA).

PM_{2.5} partikulen kontzentrazioa (batezbestekoa (%95 KT)) hauxe izan zen, hurrenez hurren, Lasarten, Usurbilen, Ordizian eta Urretxun: 8.96 (8.68; 9.25) µg/m³, 9.06 (8.75; 9.38) µg/m³, 9.51 (9.21; 9.82) µg/m³ eta 9.38 (9.06; 9.70) µg/m³. Kontrol-eremuko (Ordizia eta Urretxu) kontzentrazioak eraginpeko-eremukoak (Lasarte eta Usurbil) baino altuagoak izan dira (5. Taula).



1. Grafikoa. Aireko PM_{2.5} kontzentrazioa (µg/m³) 2020ko ekainetik 2023ko irailera bitartean. Errege Dekretuan jasotako eta OMEk gomendatutako muga-balioak adierazten dira.

102/2011 Errege Dekretuak, urte zibil bati (urtarrila-abendua) dagokion PM_{2.5} partikulen batez besteko kontzentrazioak 20 µg/m³-ko muga ezin duela gainditu ezartzen du. 2020ko ekainetik 2023ko irailera bitartean egindako azterlan honek bi urte zibiletako PM_{2.5} partikulen mailak aztertzen ditu, 2021ekoak eta 2022koak. 2021ean 8.88 µg/m³, 8.04 µg/m³, 9.16 µg/m³ eta 8.86 µg/m³-ko batez besteko balioak ikusi ziren Lasarte, Usurbil, Ordizia eta Urretxun hurrenez hurren (4. Taula), eta 2022an 9.85 µg/m³, 10.37 µg/m³, 10.88 µg/m³ eta 10.81 µg/m³ Lasarte, Usurbil, Ordizia eta Urretxun hurrenez hurren (4. Taula). Bi urteetan eta lau udalerrietan, batez besteko mailak 102/2011 Errege Dekretuak araututako mugatik behera daude.

4. Taula. PM_{2.5} partikulen batez besteko kontzentrazioa (µg/m³) 2021eko urtarrila-abendua eta 2022ko urtarrila-abendua aldirian.

Batezbestekoa (%95 KT)	2021eko urtarrila-abendua			
	Lasarte	Usurbil	Ordizia	Urretxu
N	285	269	281	278
PM _{2.5} µg/m ³	8.88 (8.38, 9.38)	8.04 (7.52, 8.55)	9.16 (8.62, 9.71)	8.86 (8.3, 9.41)
	2022ko urtarrila-abendua			
N	271	276	264	274
PM _{2.5} µg/m ³	9.85 (9.29, 10.4)	10.37 (9.69, 11.05)	10.88 (10.19, 11.57)	10.81 (10.04, 11.57)

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko espazioaren ebaluazioa

5. Taula. PM_{2,5}aren eta analizaturiko elementu edo konposatu bakoitzaren kuantifikazio-mugak (LOQ), udalerrri bakoitzean kuantifikazio-mugaren azpitik dauden datuen ehunekoarekin (%) batera, azterketaren aldian (2020ko ekaina-2023ko iraila).

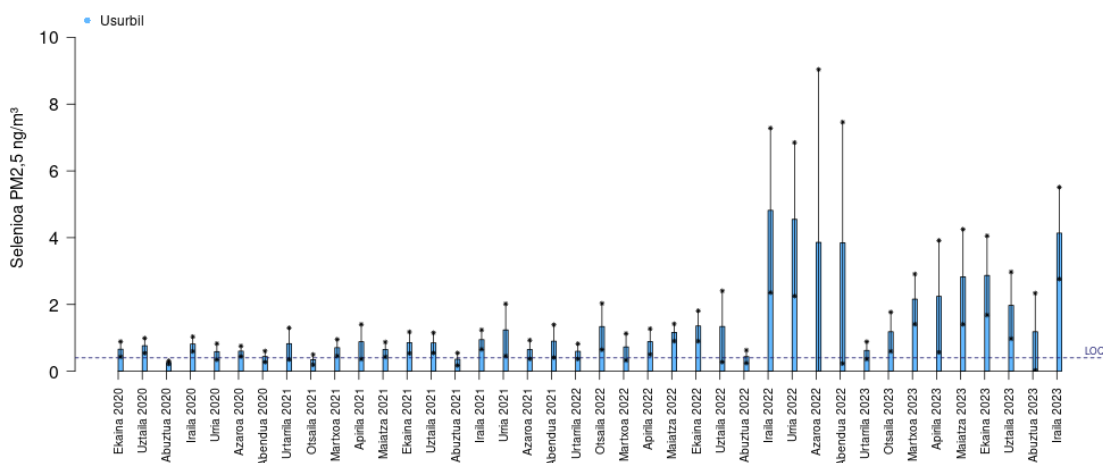
	LOQ	Lasarte			Usurbil			Ordizia			Urretxu		
		%<LOQ	min	max	%<LOQ	min	max	%<LOQ	min	max	%<LOQ	min	max
PM _{2,5} BAetan µg/m ³	2	0.61	1.00	29.00	0.81	1.00	41.00	0.20	2.00	57.00	0.51	2.00	59.00
		N=950			N=933			N=952			N=938		
Banadioa PM _{2,5} ng/m ³	0.4	75.79	0.20	3.70	74.17	0.10	2.60	78.78	0.20	3.50	80.38	0.20	4.30
Kromoa PM _{2,5} ng/m ³	4	92.11	2.00	12.00	96.14	2.00	17.00	52.10	2.00	86.00	82.30	2.00	32.00
Manganesoa PM _{2,5} ng/m ³	8	85.26	4.00	333.00	88.32	4.00	79.00	40.76	4.00	133	79.00	4.00	39.00
Burdina PM _{2,5} µg/m ³	0.1	66.11	0.05	0.90	74.06	0.05	1.10	36.55	0.05	2.40	64.61	0.05	1.40
Kobaltoa PM _{2,5} ng/m ³	0.04	67.05	0.02	0.34	38.26	0.02	1.38	35.19	0.02	0.88	65.14	0.02	0.68
Nikela PM _{2,5} ng/m ³	4	98.00	2.00	36.00	98.61	2.00	13.00	68.07	2.00	54.00	95.84	2.00	14.00
Kobrea PM _{2,5} ng/m ³	4	72.32	2.00	47.00	81.14	2.00	28.00	24.47	2.00	109.00	66.42	2.00	30.00
Zinka PM _{2,5} µg/m ³	0.04	50.42	0.02	0.64	58.84	0.02	0.86	37.08	0.02	0.74	73.99	0.02	0.23
Artsenikoa PM _{2,5} ng/m ³	0.4	85.89	0.20	2.10	85.53	0.20	1.30	48.84	0.20	3.40	84.54	0.20	1.20
Selenioa PM _{2,5} ng/m ³	0.4	72.95	0.20	3.90	41.37	0.20	55.70	83.51	0.20	1.00	86.57	0.20	1.80
Kadmioa PM _{2,5} ng/m ³	0.4	96.32	0.20	1.80	94.86	0.20	2.00	87.29	0.20	2.50	99.36	0.20	0.90
Barioa PM _{2,5} ng/m ³	4	93.58	2.00	14.00	95.61	2.00	12.00	93.28	2.00	22.00	93.60	2.00	44.00
Zerioa PM _{2,5} ng/m ³	0.04	7.68	0.02	1.04	28.08	0.02	1.60	27.31	0.02	2.18	18.66	0.02	2.60
Beruna PM _{2,5} µg/m ³	0.02	98.00	0.01	0.10	99.14	0.01	0.08	84.56	0.01	0.09	99.68	0.01	0.03
Paladioa PM _{2,5} ng/m ³	0.04	99.26	0.02	0.07	99.14	0.02	0.13	100.00	0.02	0.02	99.68	0.02	0.07
Merkurioa PM _{2,5} ng/m ³	0.08	99.16	0.04	0.19	99.46	0.04	0.13	96.74	0.04	1.84	99.79	0.04	0.11
		N=929			N=929			N=935			N=924		
Naftalenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	99.57	0.05	0.10	99.89	0.05	0.20	99.68	0.05	0.10	99.78	0.05	0.40
Azenaftenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	99.89	0.05	0.20	100.00	0.05	0.05	100.00	0.05	0.05	99.57	0.05	0.30
Fluorenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	99.89	0.05	0.20	100.00	0.05	0.05	100.00	0.05	0.05	99.89	0.05	0.10
Fenantrenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	98.92	0.05	0.10	99.57	0.05	0.20	99.04	0.05	0.30	99.35	0.05	0.10
Antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	100.00	0.05	0.05	100.00	0.05	0.05	99.89	0.05	0.10	100.00	0.05	0.05
Fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	97.52	0.05	0.20	97.09	0.05	1.00	95.29	0.05	0.40	96.86	0.05	0.30
Pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	93.43	0.05	0.30	91.50	0.05	1.40	85.45	0.05	0.60	88.20	0.05	0.50
Benzo(a)antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	95.48	0.05	0.30	95.69	0.05	0.70	88.88	0.05	0.60	91.67	0.05	1.20
Krisenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	92.57	0.05	0.30	93.86	0.05	0.50	83.53	0.05	0.70	88.10	0.05	0.70
Benzo(b)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	78.58	0.05	0.70	78.15	0.05	1.00	66.74	0.05	1.00	67.97	0.05	1.40
Benzo(k)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	91.28	0.05	0.60	88.27	0.05	0.60	80.75	0.05	0.50	83.12	0.05	0.80
Benzo(a)pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	81.16	0.05	0.80	78.90	0.05	1.50	68.98	0.05	1.20	70.45	0.05	2.70
Dibenzo(a,h)antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	99.35	0.05	0.20	99.57	0.05	0.10	100.00	0.05	0.05	98.92	0.05	0.20
Benzo(g,h,i)perilenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	73.09	0.05	1.30	54.36	0.05	5.00	62.67	0.05	1.40	53.35	0.05	2.70
Indeno(1,2,3-c,d)pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.1	73.84	0.05	1.10	65.98	0.05	1.40	65.67	0.05	1.50	57.47	0.05	2.40
Azenaftilenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.2	100.00	0.10	0.10	100.00	0.10	0.10	100.00	0.10	0.10	100.00	0.10	0.10

4.2. PM_{2.5} partikulei lotutako traza-elementuak

PM_{2.5} partikulei loturiko metalak analizatu ziren 994 egunetan Lasarten, 977 egunetan Usurbilen, 996 egunetan Ordizian eta 982 egunetan Urretxun (ikus 1.2. ERANSKINA). Barioa, paladioa eta merkurioa kuantifikazio-mugaren azpitik (<LOQ) egon ziren laginen %90 baino gehiagotan, udalerrri guztietan (5. Taula). Nikela, kadmioa eta beruna kuantifikazio-mugaren azpitik egon ziren laginen %90 baino gehiagotan Lasarten, Usurbilen eta Urretxun, eta kromoa ere bai Lasarte eta Usurbilen.

As, Cd, Ni eta Pb mailak 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako mugen azpitik egon ziren (4., 6., 16. eta 18. Grafikak). Cr (VI)-aren mailak ere (12. Grafikoa) Estatu Batuetako laneko segurtasun eta osasunerako Administrazioak gomendatutako 5 µg/m³ (OSHA, 2009) mugaren azpitik egon ziren, baita Frantziako (ANSES, 2017) eta Holandako (MinSZW, 2016) 1 µg/m³-ko muga murriztaileen azpitik ere.

Usurbilen, 2022ko iraila-abendua aldiaren selenio-kontzentrazioak gora egin duela ikusi da (2. Grafikoa). Data horretatik aurrera, kontzentrazioek gorabeherak izan dituzte 2023an, behera egin dute urtarrilean, eta berriro igo dira martxoa-ekaina aldiaren. 2022ko iraileko mailetara iritsi ez ziren arren, 2020ko ekainetik ikusitako mailak gainditu egin ziren; hala ere, 2023ko irailean, 2022ko aldiaren aldi berean ikusitakoetara iritsi ziren mailak.



2. Grafikoa: Selenioaren kontzentrazioa Usurbilen (ng/m³), 2020ko ekaina-2023ko iraila bitartean.

PM_{2.5} eta atxikitako oinarrizko-trazen batez besteko balioak kalkulatu dira 4 udalerrietan, kuantifikazio-mugatik behera dauden laginen ehunekoa (%<LOQ) %70 baino gutxiago izan zen kasuetan soilik (6. Taula).

2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitarteko eraginpeko-eremuaren eta kontrol-eremuaren arteko kutsatzaile atmosferikoen mailen arteko azterketa konparatiboak adierazten du PM_{2.5} mailak handixeagoak izan zirela kontrol-eremuko udalerrietan eraginpeko-eremuko udalerrietan baino (9.51 µg/m³ (9.21; 9.82) eta 9.38 µg/m³ (9.06; 9.70) Ordizia eta Urretxu vs 8.96µg/m³ (8.68; 9.25) eta 9.06 µg/m³ (8.75; 9.38) Lasarte eta Usurbil).

Antzeko egoera gertatu da metal batzuekin, hala nola Fe eta Cu metalekin, maila txikiagoak izan baitzituzten eraginpeko-eremuko udalerrietan kontrol-eremuko udalerrietakoekin alderatuta. Mn, Co eta Zn-aren kasuan, mailarik altuenak Ordizian ikusi ziren, eta baxuenak, berriz, Urretxun. Eraginpeko-eremuko udalerriek tarteko kontzentrazioak izan zituzten. Bestalde, Se-aren kontzentrazioak altuagoak izan ziren eraginpeko-eremuko udalerrietan kontrol-eremukoetan baino (6. Taula).

6. Taula. Eraginpeko eremuan (Lasarte vs. Usurbil) eta kontrol-eremuan (Ordizia vs. Urretxu) analizaturiko kutsatzaile-mailen arteko konparaketa, eta eraginpeko eremuaren eta kontrol-eremuaren arteko konparaketa, 2020ko ekainetik 2023ko irailera bitarteko aldian. Estatistikoki esanguratsuak diren p-balioak (<0.05) letra lodian daude adierazita.

Batezbestekoa (%95 KT)	Eraginpeko eremua			Kontrol-eremua			Eraginpeko eremua N=1960	p*(Eraginpeko eremua vs. Ordizia)	p*(Eraginpeko eremua vs. Urretxu)
	Lasarte N=977	Usurbil N=983	p*(Lasarte vs. Usurbil)	Ordizia N=990	Urretxu N=972	p*(Ordizia vs. Urretxu)			
PM _{2,5} BAetan µg/m ³	8.96 (8.68; 9.25)	9.06 (8.75; 9.38)	0.591	9.51 (9.21; 9.82)	9.38 (9.06; 9.70)	0.214	9.01 (8.80; 9.23)	<0.001	0.026
	N=950	N=933		N=952	N=938		N=1883		
Banadioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kromoa PM _{2,5} ng/m ³	2.29 (2.22; 2.36)	2.15 (2.09; 2.20)	-	7.84 (7.15; 8.53)	2.92 (2.75; 3.09)	<0.001	2.22 (2.17; 2.27)	<0.001	-
Manganesoa PM _{2,5} ng/m ³	6.97 (6.02; 7.93)	5.22 (4.93; 5.50)	-	15.85 (14.80; 16.90)	5.91 (5.63; 6.20)	<0.001	6.10 (5.60; 6.61)	<0.001	<0.001
Burdina PM _{2,5} µg/m ³	0.09 (0.09; 0.10)	0.09 (0.08; 0.09)	<0.001	0.18 (0.17; 0.19)	0.10 (0.09; 0.11)	<0.001	0.09 (0.08; 0.09)	<0.001	0.002
Kobaltoa PM _{2,5} ng/m ³	0.04 (0.04; 0.04)	0.08 (0.07; 0.09)	<0.001	0.09 (0.08; 0.10)	0.04 (0.04; 0.05)	<0.001	0.06 (0.06; 0.06)	<0.001	<0.001
Nikela PM _{2,5} ng/m ³	2.11 (2.03; 2.19)	2.07 (2.03; 2.11)	-	4.74 (4.34; 5.14)	2.18 (2.11; 2.24)	<0.001	2.09 (2.04; 2.13)	<0.001	-
Kobrea PM _{2,5} ng/m ³	3.63 (3.40; 3.86)	3.03 (2.86; 3.21)	-	15.57 (14.57; 16.57)	4.10 (3.85; 4.35)	<0.001	3.34 (3.19; 3.48)	<0.001	<0.001
Zinka PM _{2,5} µg/m ³	0.06 (0.05; 0.06)	0.06 (0.05; 0.06)	0.006	0.09 (0.08; 0.09)	0.03 (0.03; 0.03)	<0.001	0.06 (0.06; 0.06)	<0.001	<0.001
Artsenikoa PM _{2,5} ng/m ³	0.26 (0.25; 0.27)	0.25 (0.24; 0.26)	-	0.58 (0.55; 0.62)	0.25 (0.24; 0.26)	<0.001	0.25 (0.25; 0.26)	<0.001	-
Selenioa PM _{2,5} ng/m ³	0.34 (0.32; 0.37)	1.39 (1.19; 1.58)	<0.001	0.25 (0.24; 0.26)	0.25 (0.24; 0.25)	-	0.86 (0.76; 0.96)	<0.001	<0.001
Kadmioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Barioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zerioa PM _{2,5} ng/m ³	0.10 (0.09; 0.11)	0.09 (0.08; 0.10)	<0.001	0.09 (0.08; 0.10)	0.12 (0.11; 0.13)	<0.001	0.09 (0.09; 0.10)	<0.001	<0.001
Beruna PM _{2,5} µg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paladioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Merkurioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	N=929	N=929		N=935	N=924		N=1858		
Naftalenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azenaftenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenantrenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Krisenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.08 (0.08; 0.09)	0.09 (0.09; 0.10)	-	0.12 (0.11; 0.13)	0.12 (0.11; 0.13)	0.532	0.09 (0.08; 0.09)	<0.001	<0.001
Benzo(k)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perilenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.10 (0.09; 0.11)	0.22 (0.20; 0.25)	<0.001	0.15 (0.14; 0.17)	0.18 (0.16; 0.19)	0.001	0.16 (0.15; 0.18)	0.301	<0.001
Indeno(1,2,3-c,d)pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	0.10 (0.09; 0.11)	0.13 (0.12; 0.15)	<0.001	0.13 (0.12; 0.15)	0.16 (0.15; 0.18)	<0.001	0.12 (0.11; 0.13)	0.008	<0.001
Azenaftilenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-

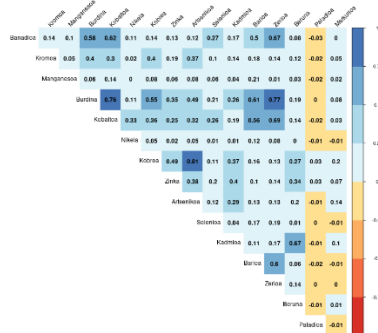
* Prueba U Mann Whitney

* Ez da konparaketarik egin emaitzen %70 baino gehiago kuantifikazio-mugatik behera aurkeztu duten kutsatzaileentzat.

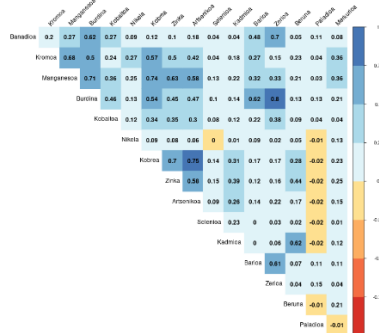
1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

Industria metalurgikoarekin lotutako metalen (burdina, kromoa, manganesoa, nikela, kobaltua eta kobrea) arteko korrelazio handia aurkitu zen Ordizian (3. Grafikoa).

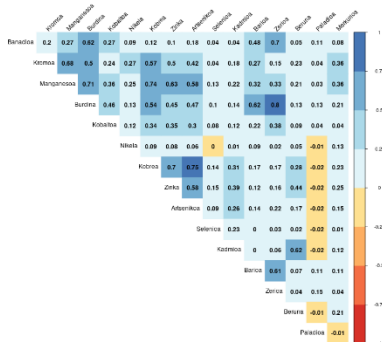
A) Lasarte



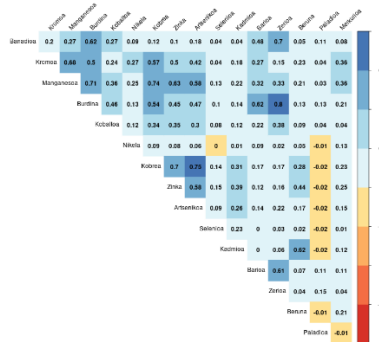
B) Usurbil



C) Ordizia



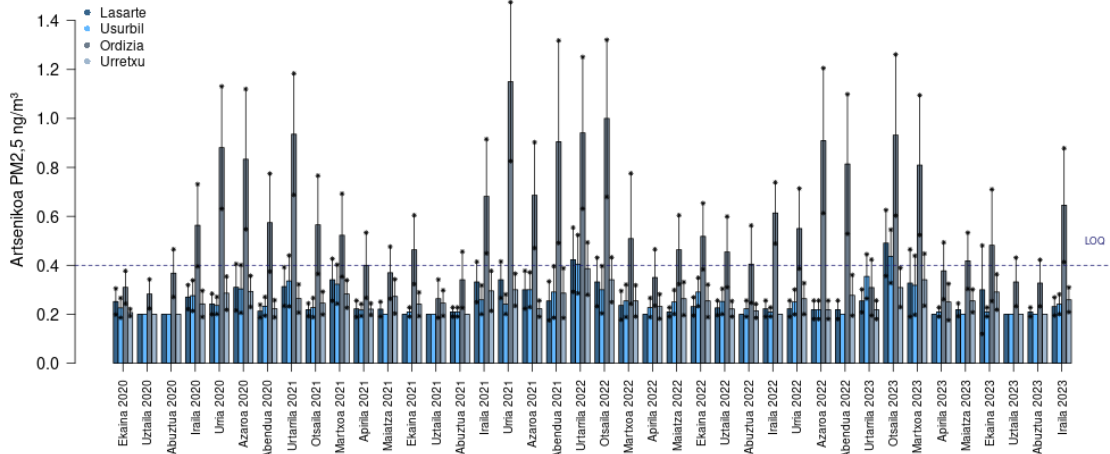
D) Urretxu



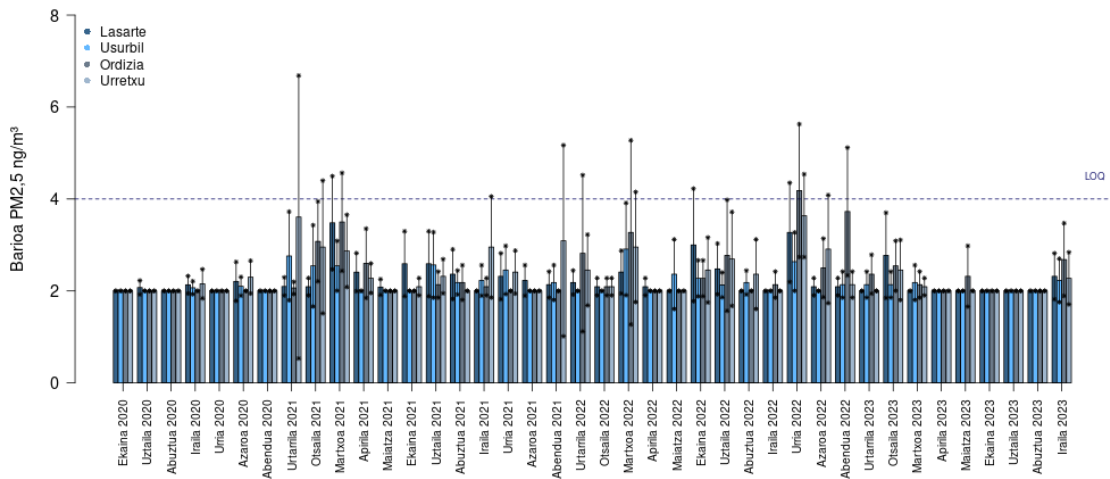
3. Grafikoa. Metalen korrelazioak udalerraren arabera.

4-20. Grafikoetan elementu bakoitzaren kontzentrazioak airean erakusten dira 2020ko ekaina 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

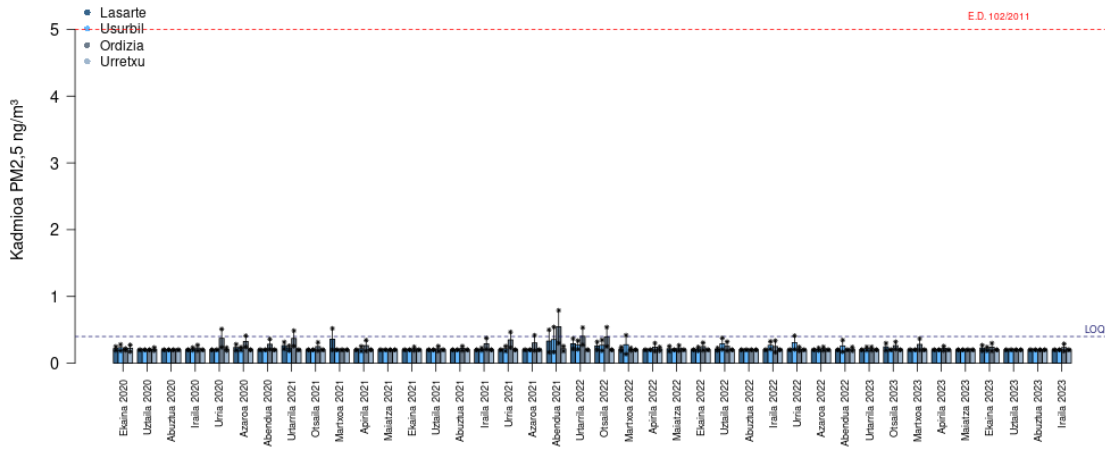


4. Grafikoa. Artsenikoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

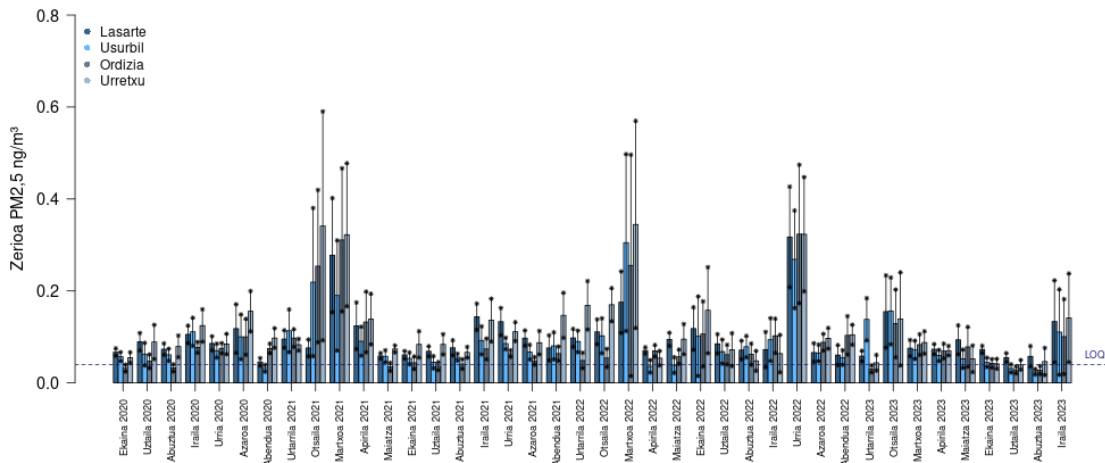


5. Grafikoa. Barioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

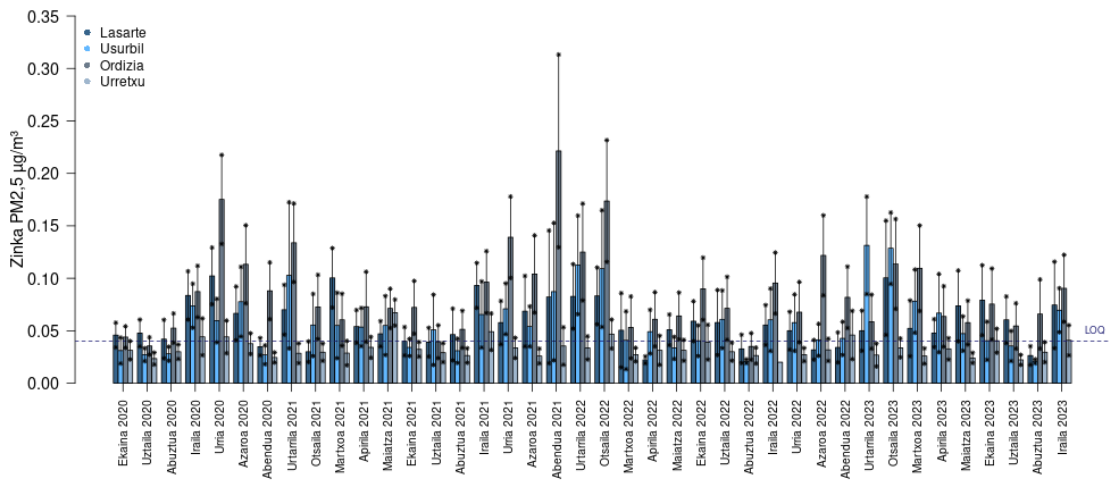


6. Grafikoa. Kadmioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

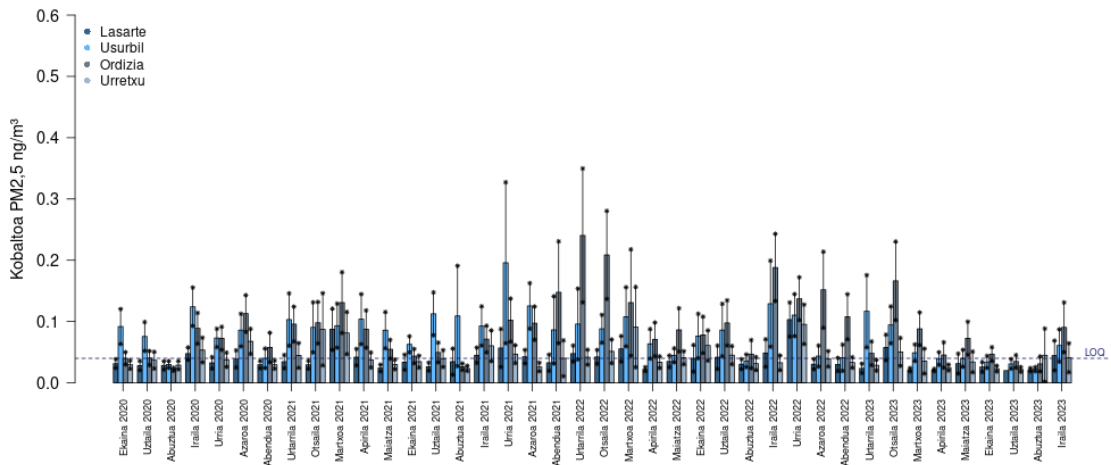


7. Grafikoa. Zerioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

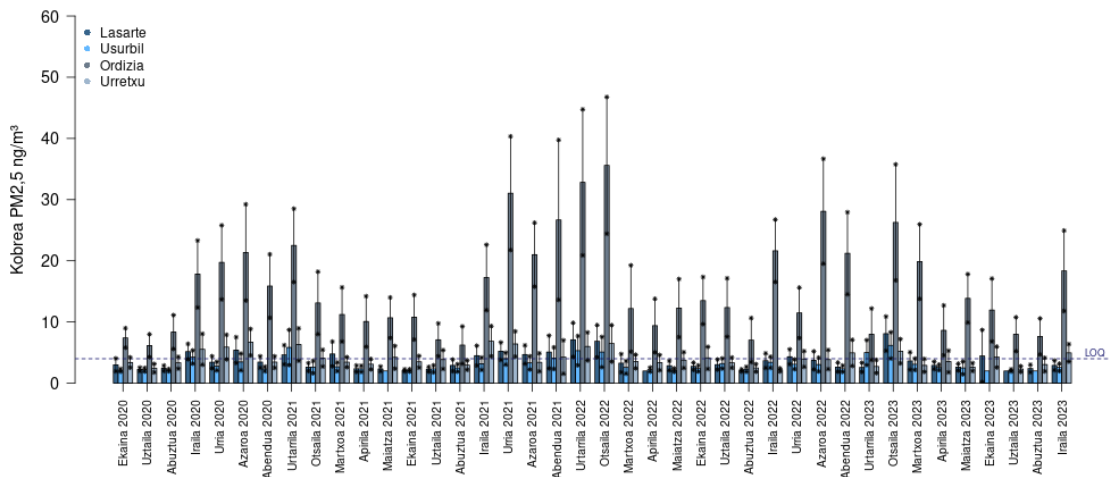


8. Grafikoa. Zinkaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

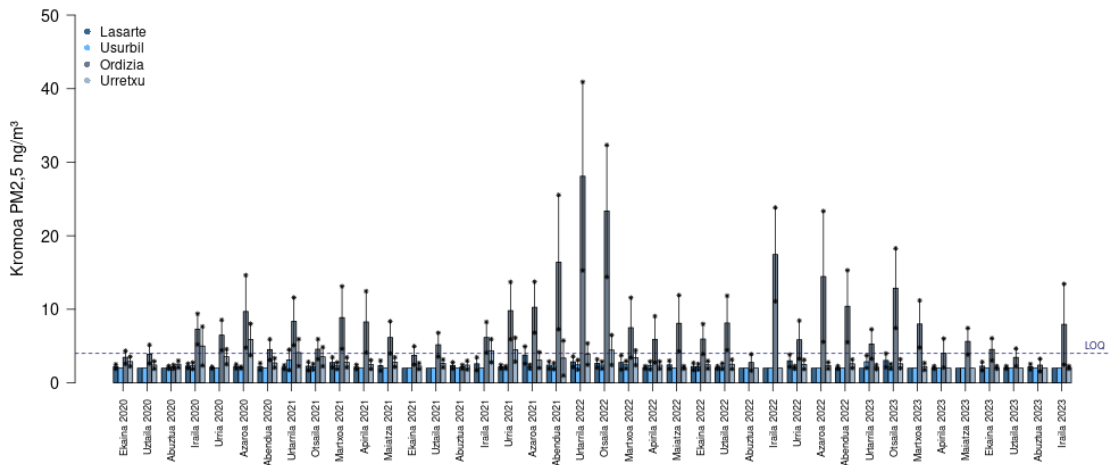


9. Grafikoa. Kobaltoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

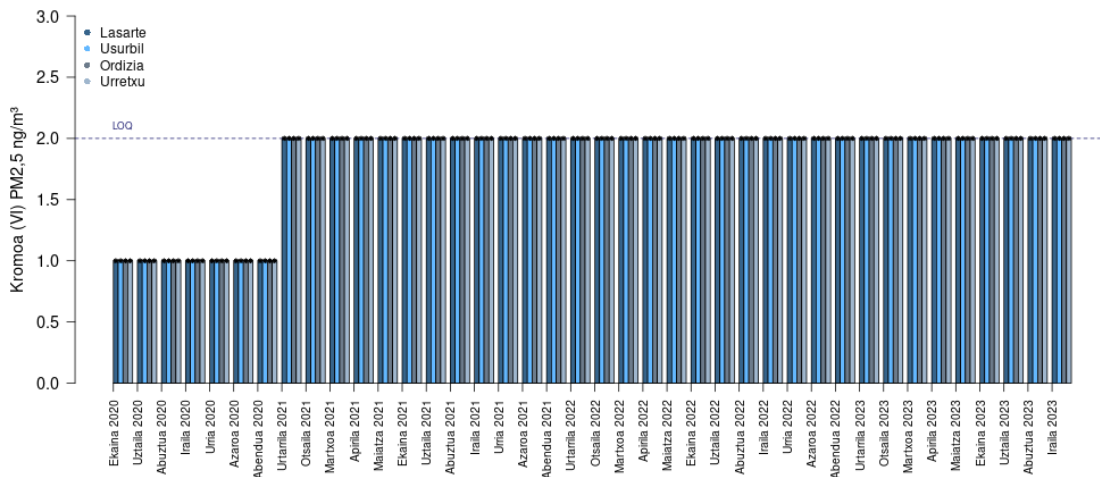


10. Grafikoa. Kobrearen kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

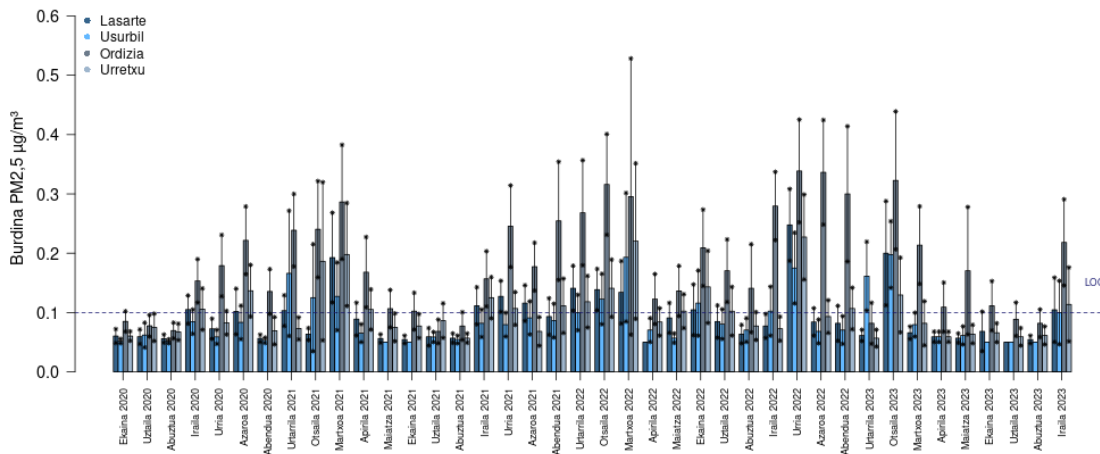


11. Grafikoa. Kromoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

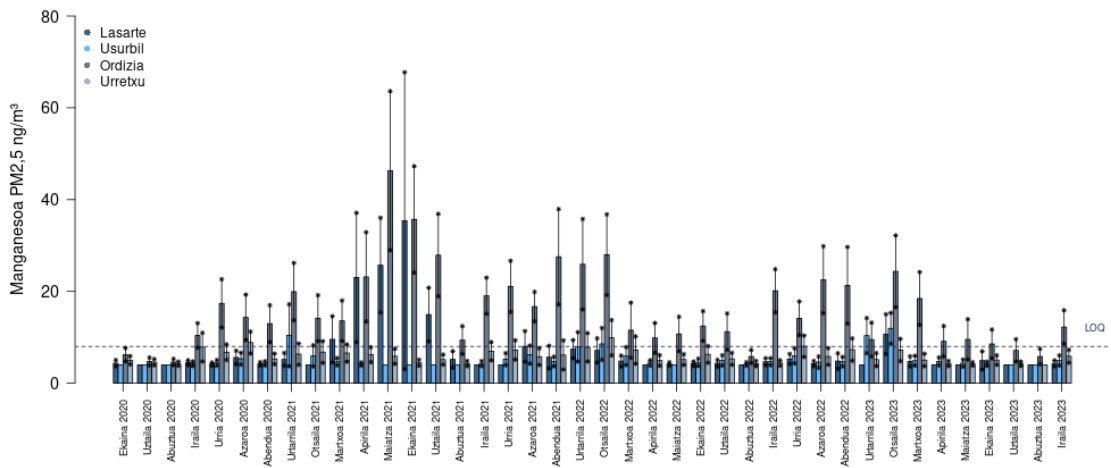


12. Grafikoa. Kromo (VI)aren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

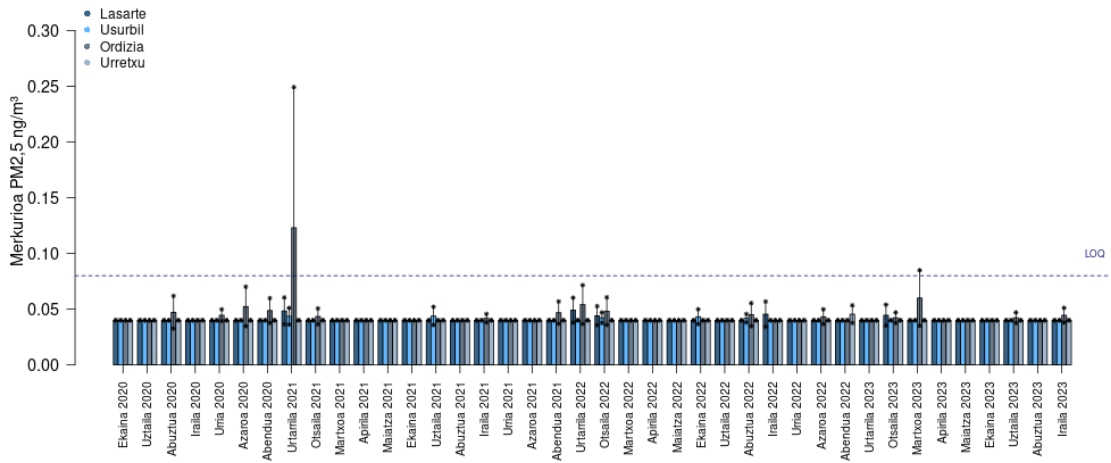


13. Grafikoa. Burdinaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

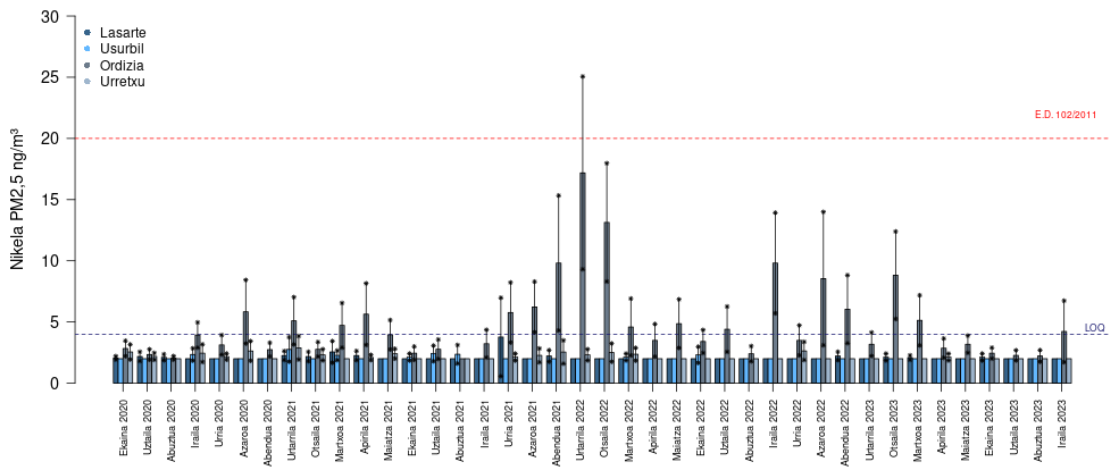


14. Grafikoa. Manganesoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

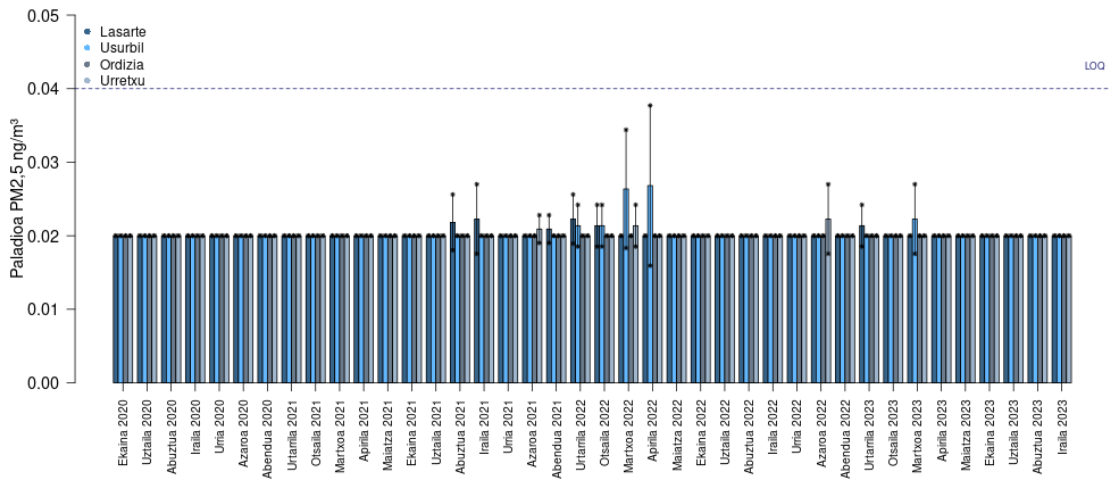


15. Grafikoa. Merkurioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

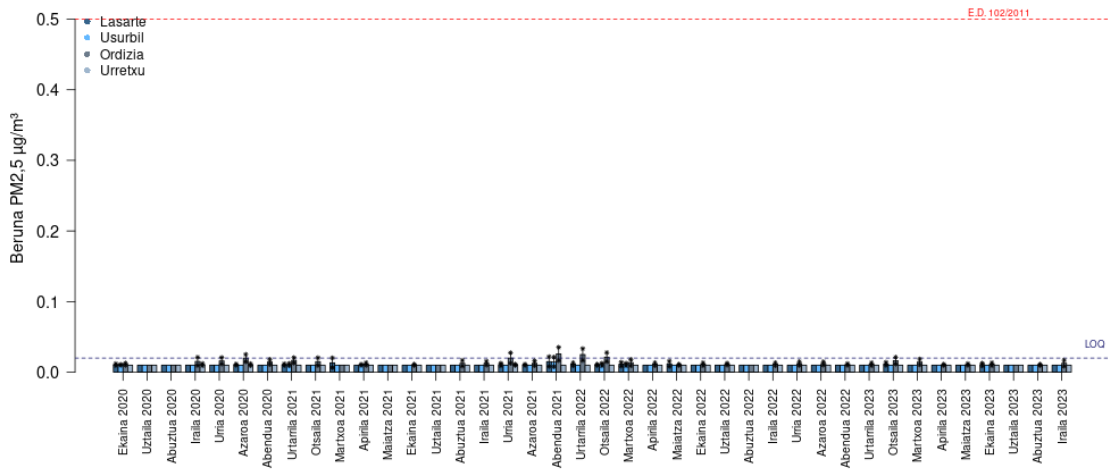


16. Grafikoa. Nikelaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

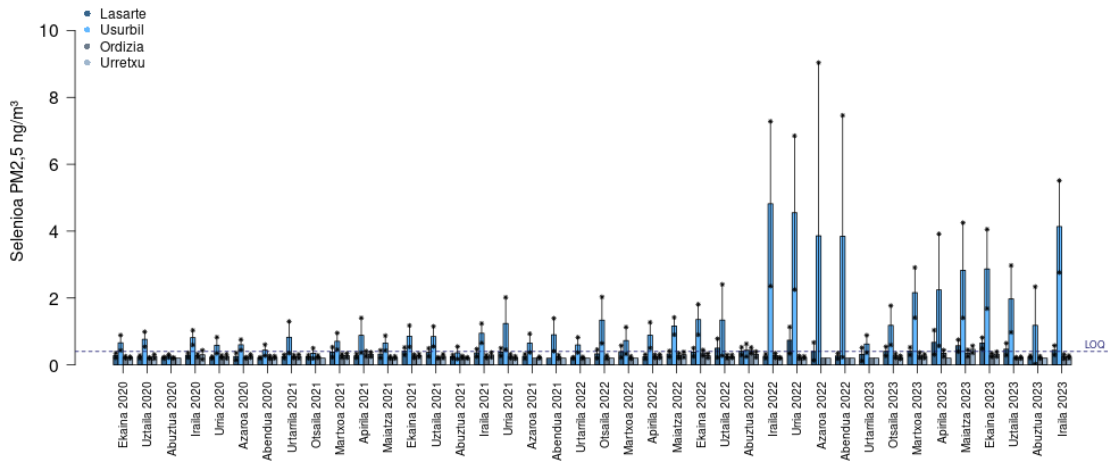


17. Grafikoa. Paladioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

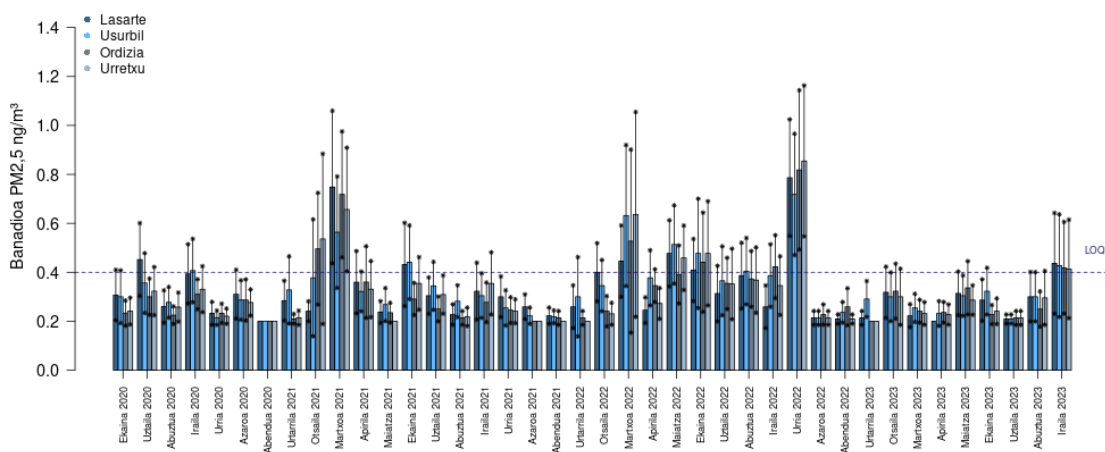
1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



18. Grafikoa. Berunaren kontzentrazioa airean ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.



19. Grafikoa. Selenioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.



20. Grafikoa. Banadioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

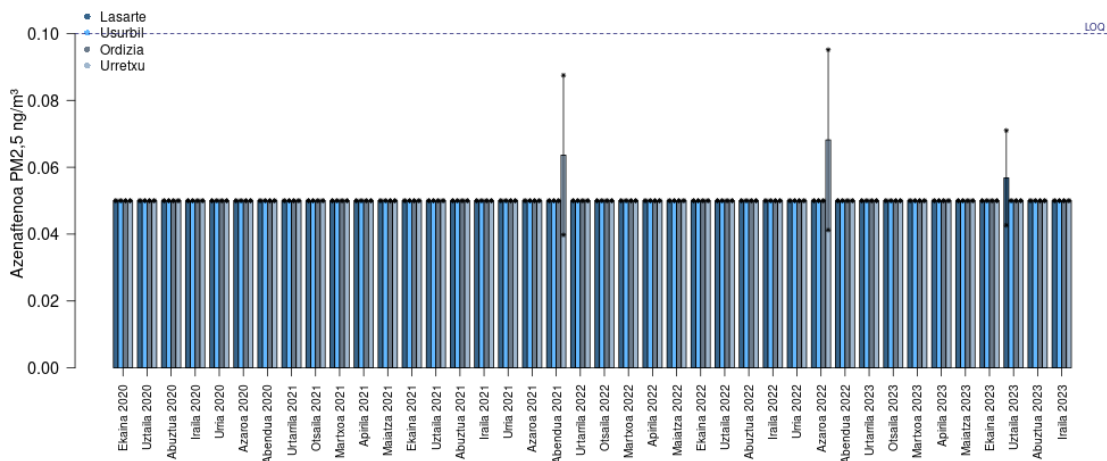
4.3. Hidrokarbuero Aromatiko Poliziklikoak (HAPak)

$\text{PM}_{2.5}$ partikulei loturiko HAPak analizatu ziren 973 egunetan Lasarten eta Usurbilen, 979 egunetan Ordizian eta 968 egunetan Urretxun (ikus 1.2. ERANSKINA). Analisisien emaitzen arabera, naftalenoa, acenaftenoa, fluorenoa, fenantrenoa, antrazenoa, fluorantenoa, dibenzo(a,h)antrazenoa eta azenaftilenoa kuantifikazio-mugaren azpitik ($<\text{LOQ}$) egon ziren laginen %90 baino gehiagotan, ikerketa eremuko 4 udalerrietan (5. Taula).

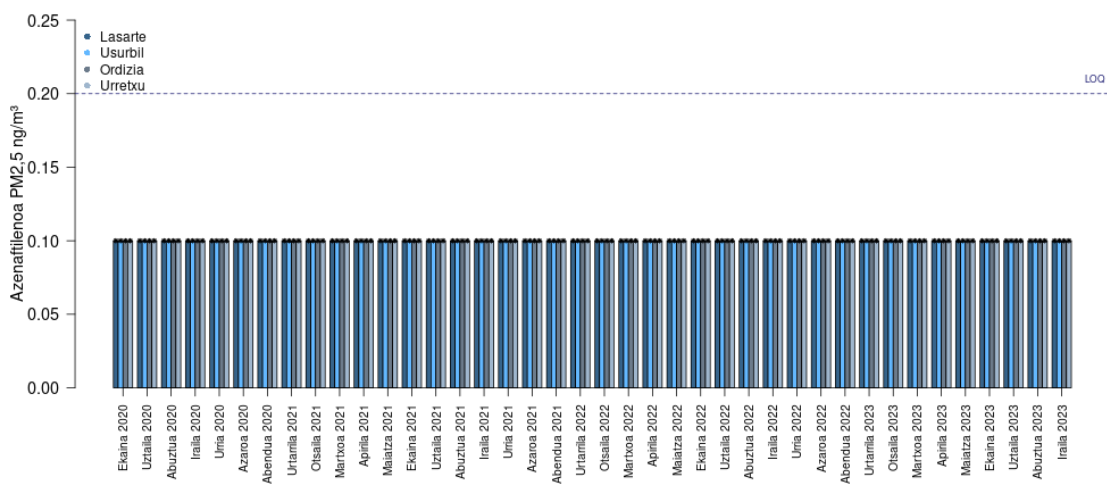
HAPen batez besteko balioak kalkulatu dira 4 udalerrietan, kuantifikazio-mugatik behera dauden laginen ehunekoa ($\%<\text{LOQ}$) %70 baino gutxiago izan zen kasuetan soilik (6. Taula).

2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitarteko eraginpeko eta kontrol-eremuko HAPen mailen azterketa konparatiboak (6. Taula) adierazten du benzo(b)fluorantenoa eta indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren balioak txikiagoak izan zirela eraginpeko-eremuan kontrol-eremuko udalerrietan baino (benzo(b)fluoranteno: 0.09 (0.08 ; 0.09) ng/m^3 eraginpeko-eremua vs. 0.12 (0.11 ; 0.13) ng/m^3 Ordizia eta 0.12 (0.11 ; 0.13) ng/m^3 Urretxu; indeno(1,2,3-c,d)pireno: 0.12 (0.11 ; 0.13) ng/m^3 eraginpeko-eremua vs. 0.13 (0.12 ; 0.15) ng/m^3 Ordizia eta 0.16 (0.15 ; 0.18) ng/m^3 Urretxu). Benzo(g,h,i)perilenoaren mailak baxuagoak izan ziren eraginpeko-eremuan Urretxun baino (0.12 (0.11 ; 0.13) ng/m^3 eraginpeko-eremua vs. 0.18 (0.16 ; 0.19) ng/m^3 Urretxu).

21-36. Grafikoetan HAPen kontzentrazioak airean (ng/m³) erakusten dira 2020ko ekaina 2023ko iraila bitartean.

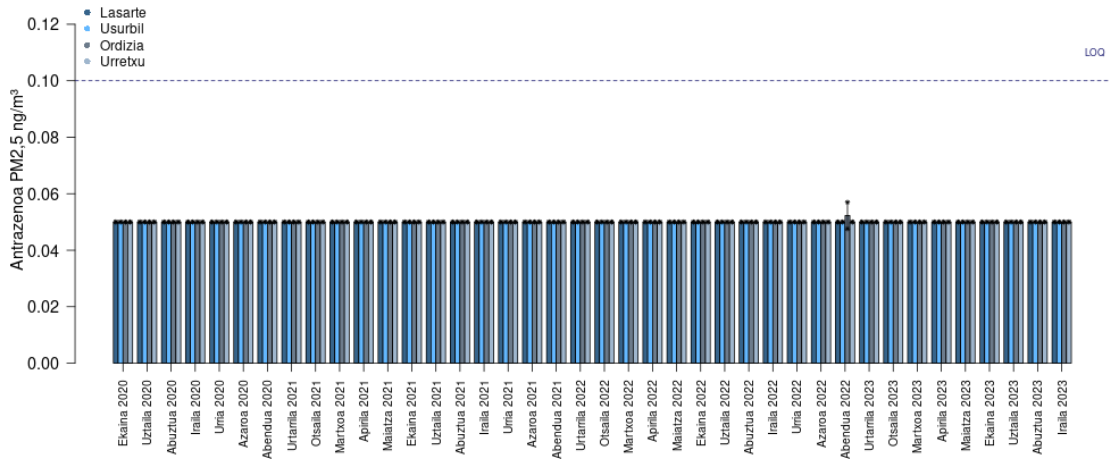


21. Grafikoa. Azenaftenoarean kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

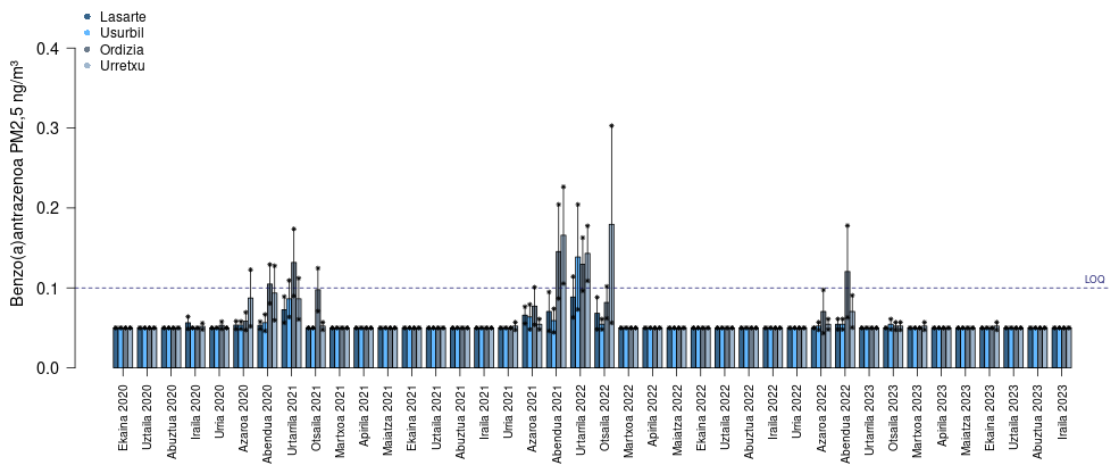


22. Grafikoa. Azenaftenoarean kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

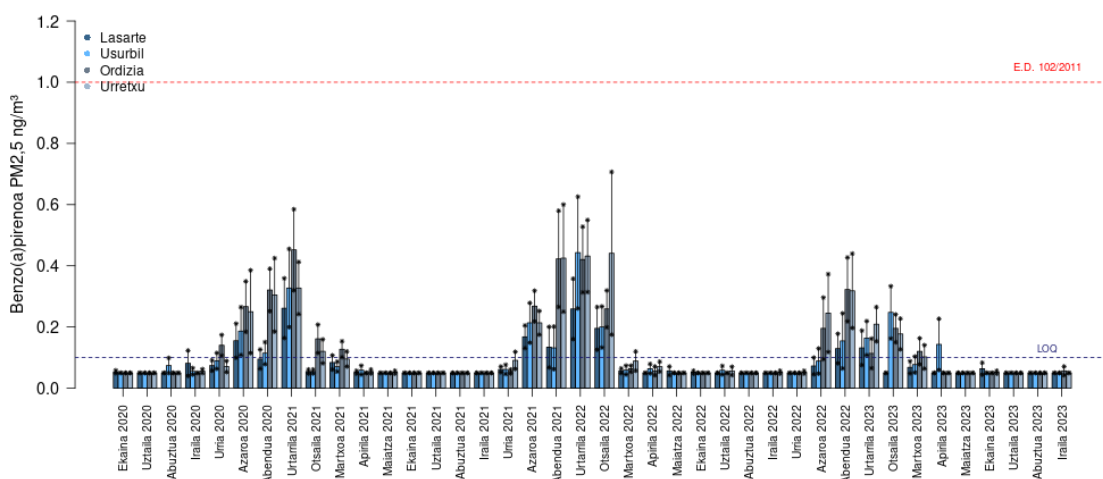


23. Grafikoa. Antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

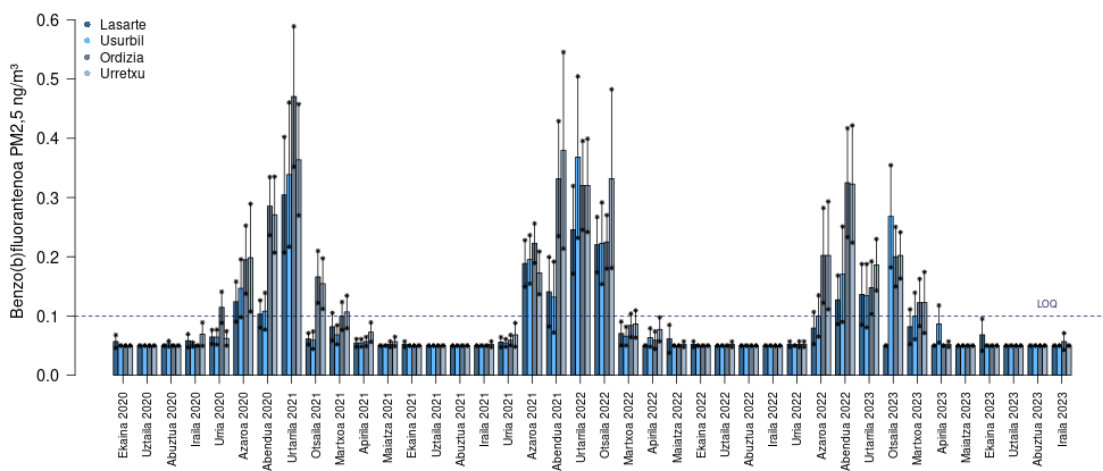


24. Grafikoa. Benzo(a)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

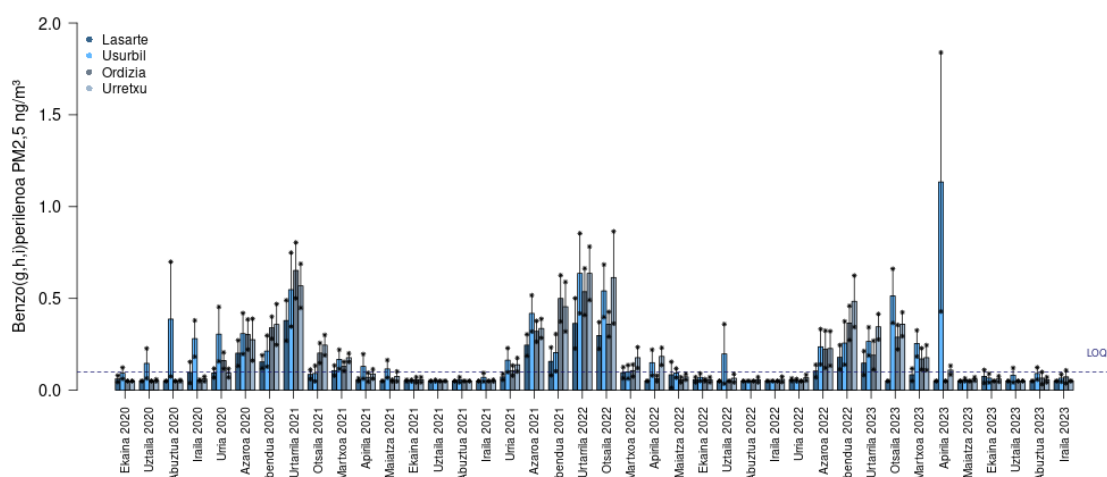


25. Grafikoa. Benzo(a)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

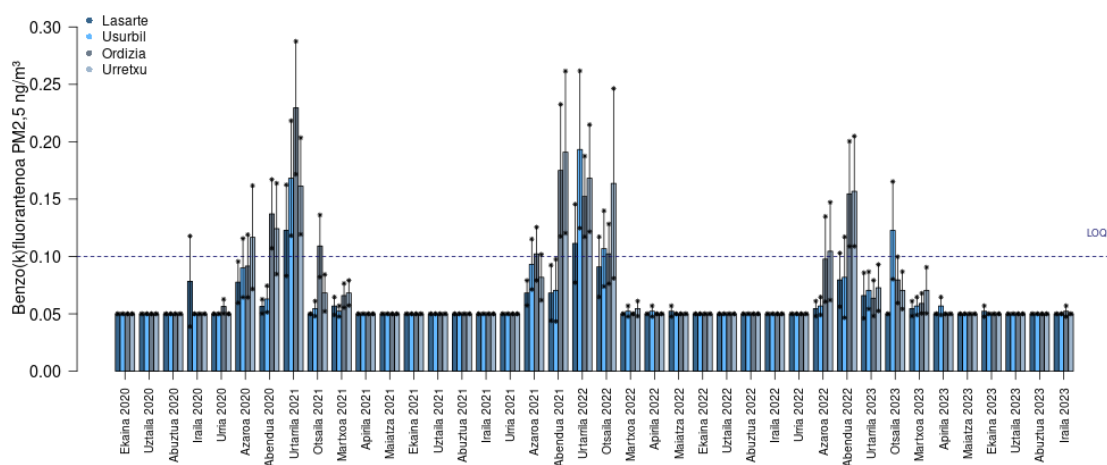


26. Grafikoa. Benzo(b)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

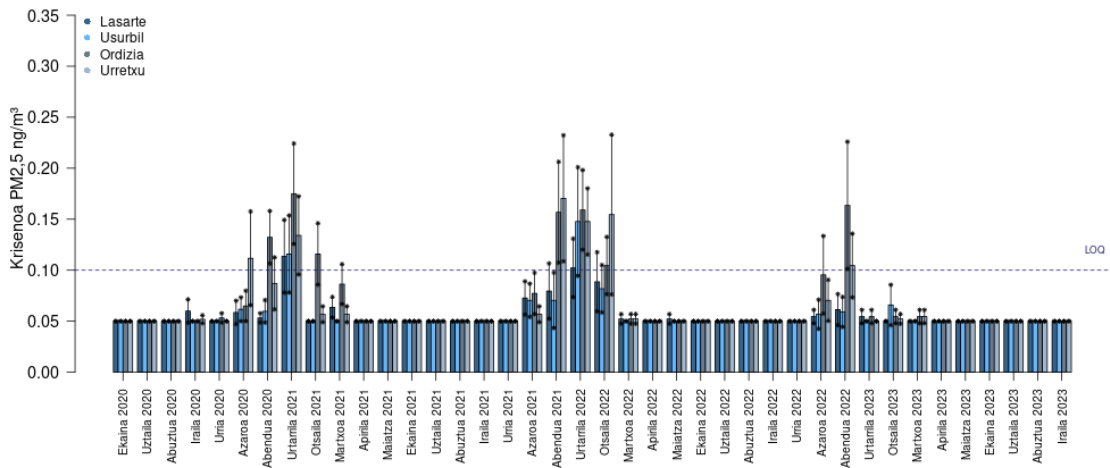


27. Grafikoa. Benzo(g,h,i)perilenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

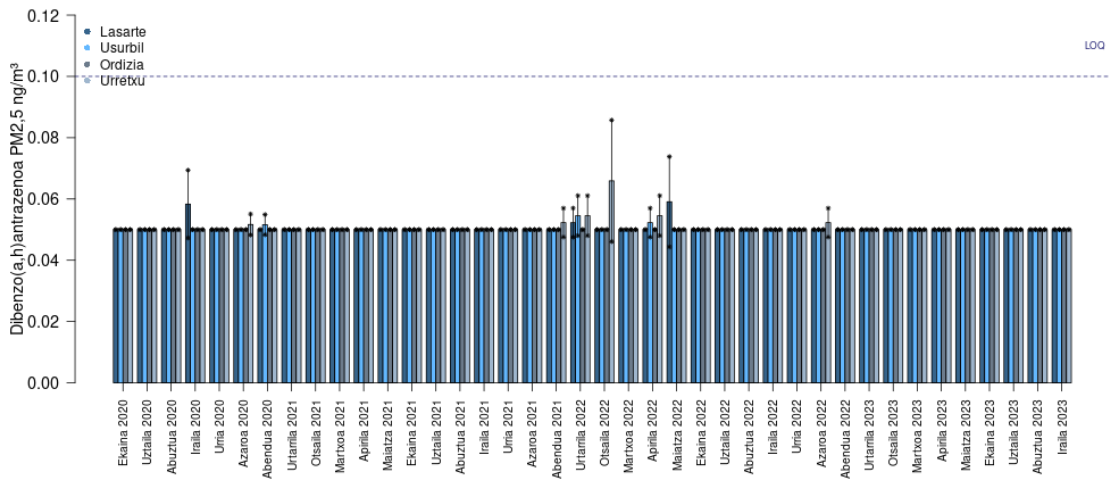


28. Grafikoa. Benzo(k)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

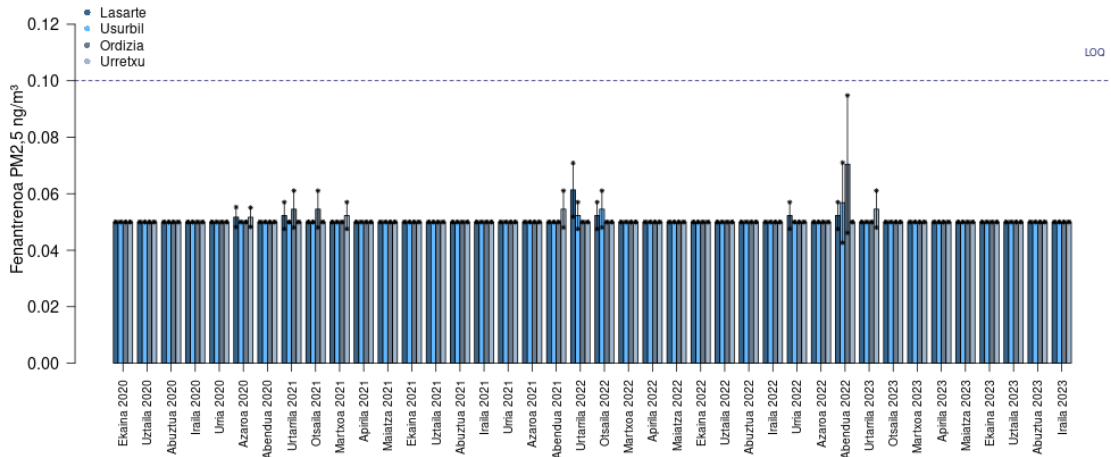


29. Grafikoa. Krisenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

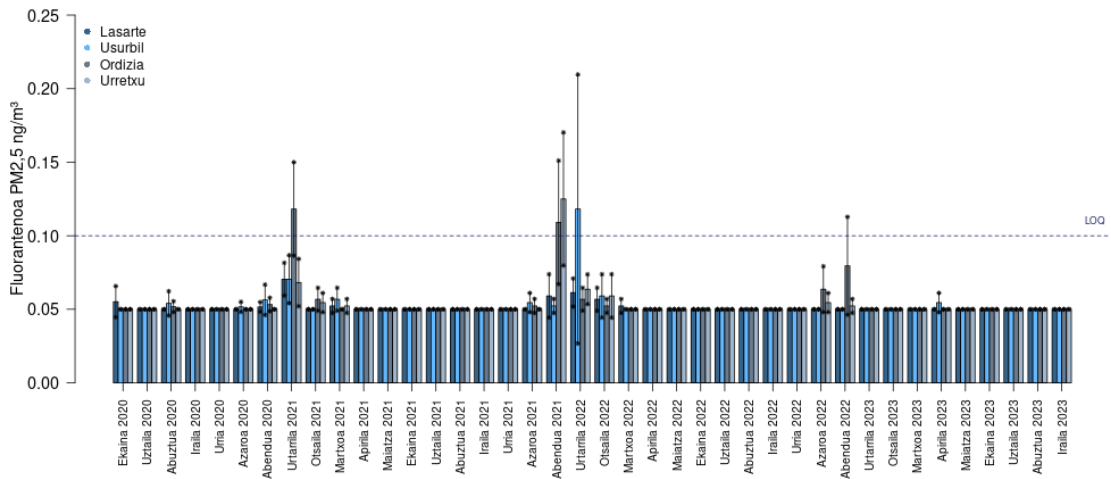


30. Grafikoa. Dibenzo(a,h)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

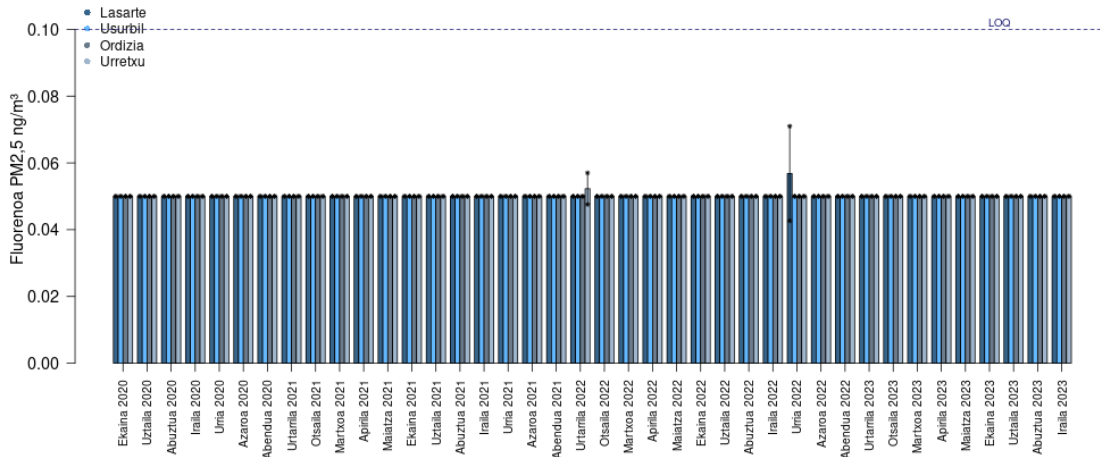


31. Grafikoa. Fenantrenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

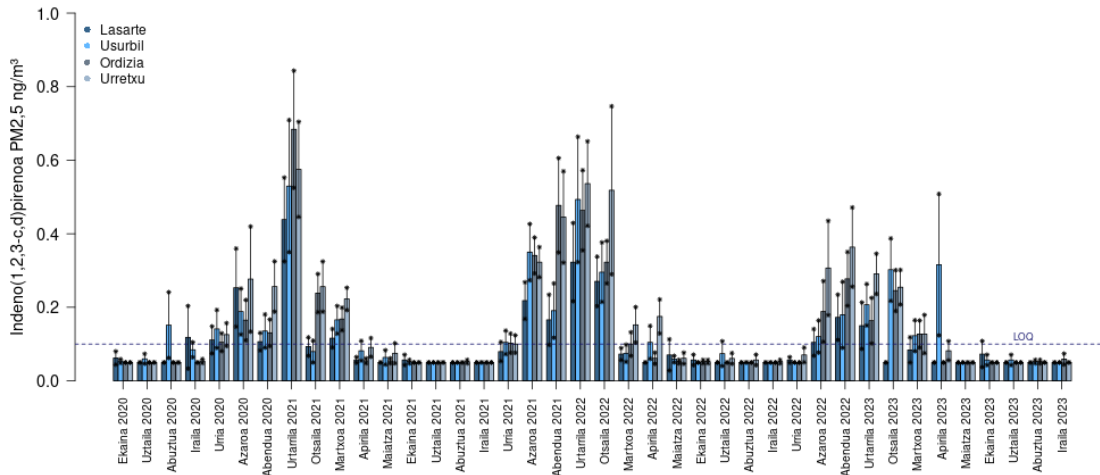


32. Grafikoa. Fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

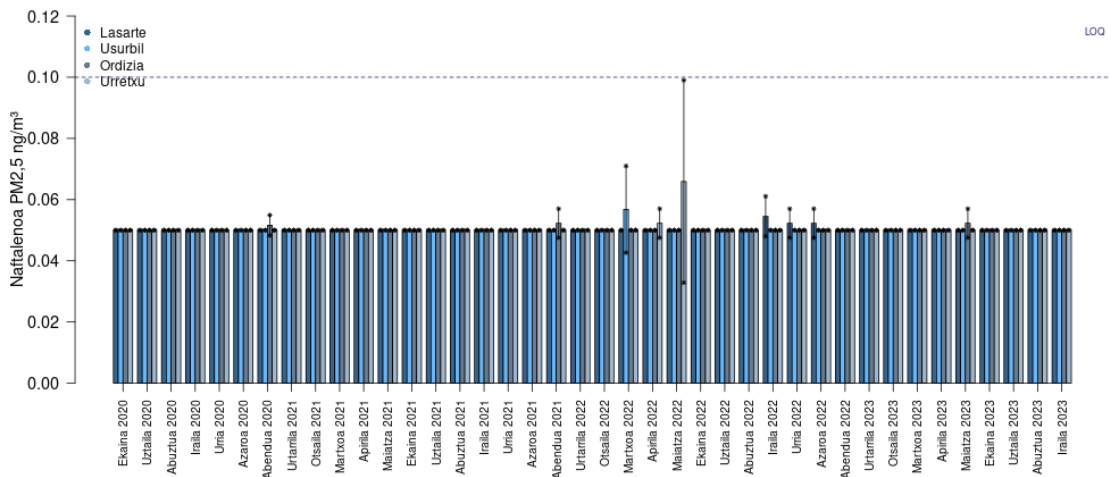


33. Grafikoa. Fluorenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

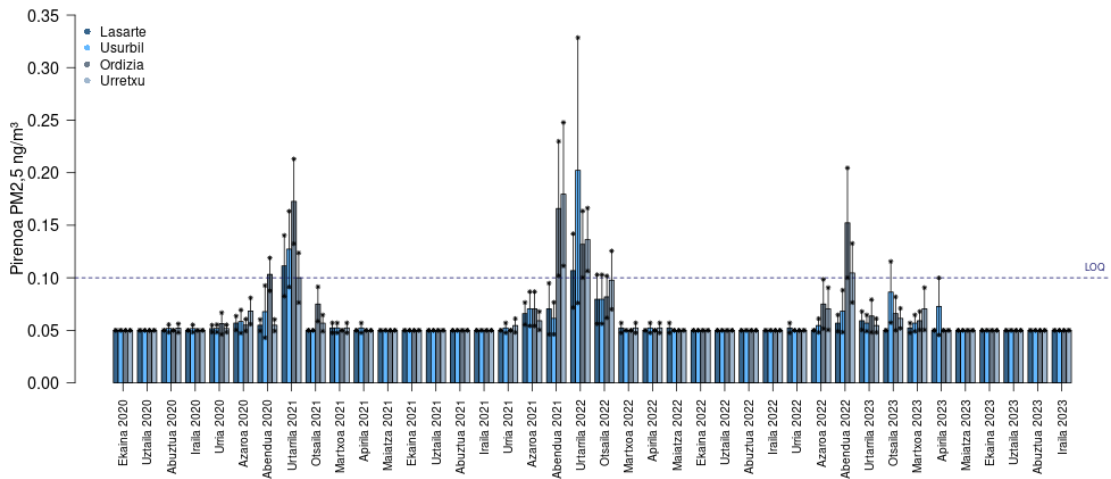


34. Grafikoa. Indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



35. Grafikoa. Naftalenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.



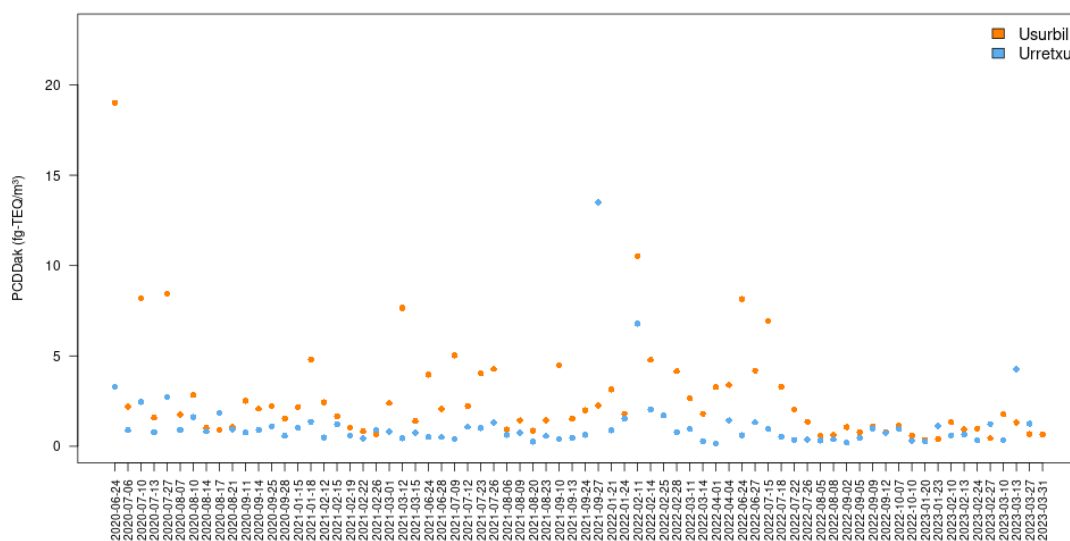
36. Grafikoa. Pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

4.4. PCCD/F eta PCBak

4.4.1. Kaptazio aktibo bidez jasotako PCDD/F eta PCBak

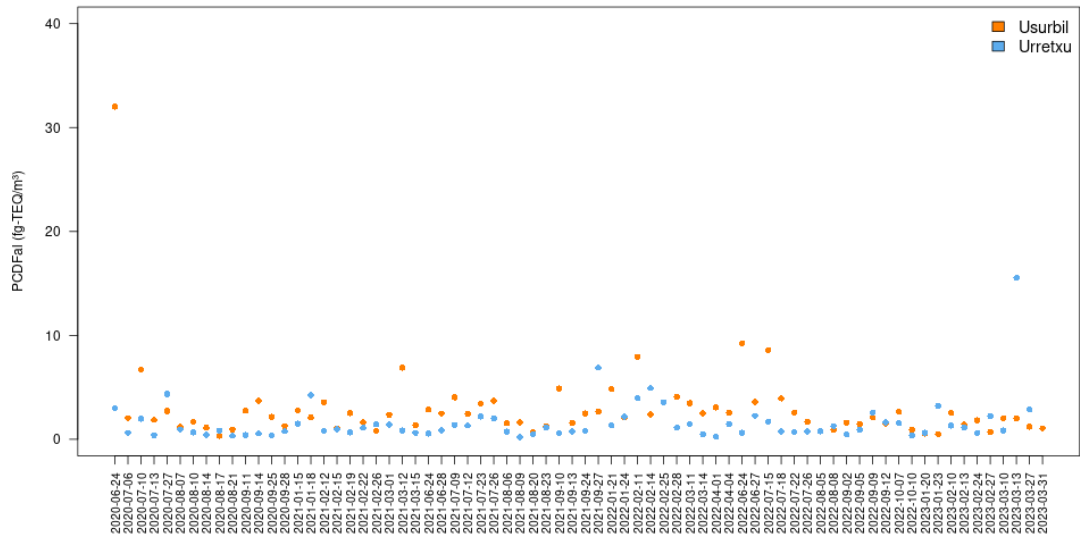
Guztira, modu aktiboan jasotako 143 aire-lagin analizatu ziren PCDD/Fen eta PCBen zehaztapena egiteko; 72 Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta 71 Urretxun (kontrol-eremua) (1.4. ERANSKINA ETA 1.5. ERANSKINA). Urretxun, programatutako datuak (kontratuz 144 lagin guztira) baino datu bat gutxiago dugu, lagina aztertu bitartean gertatu zen gorabehera baten ondorioz, eta bestetik, PCDD/F eta PCBen datu bat gutxiago dugu Usurbilen (2022ko otsailean jasotako lagina), laborategiak lagin honetan PCBak bakarrik kuantifikatu ahal izan zituelako (1.4. ERANSKINEAN adierazita).

37-40. Grafikek modu aktiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen denbora-serieak jasotzen dituzte, kontrol-eremuan (Urretxun) eta eraginpeko-eremuan (Usurbilen), 2020ko ekainetik 2023ko martxora bitartean.

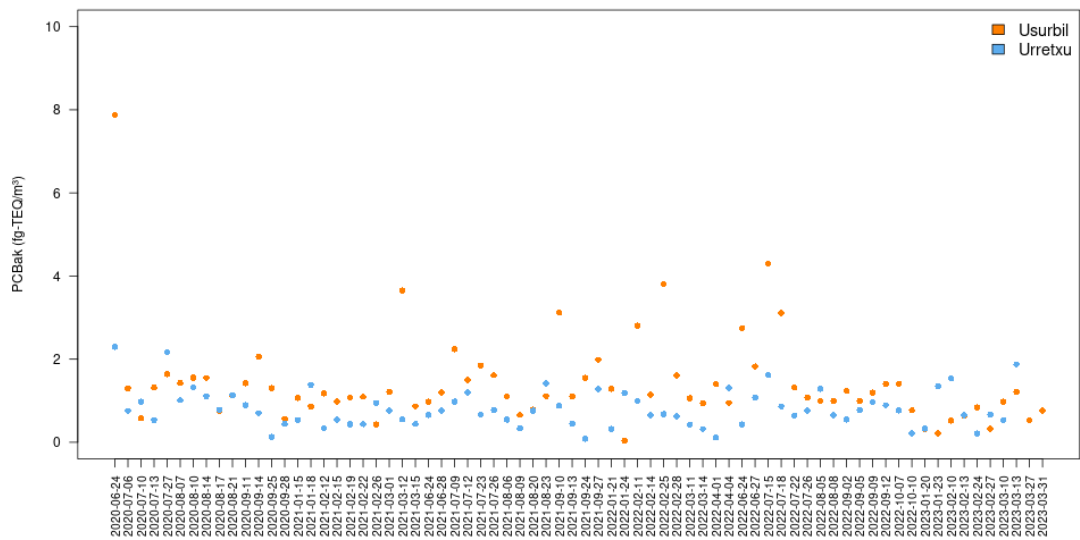


37. Grafikoa. PCDDen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxora bitartean. Kaptazio aktiboa.

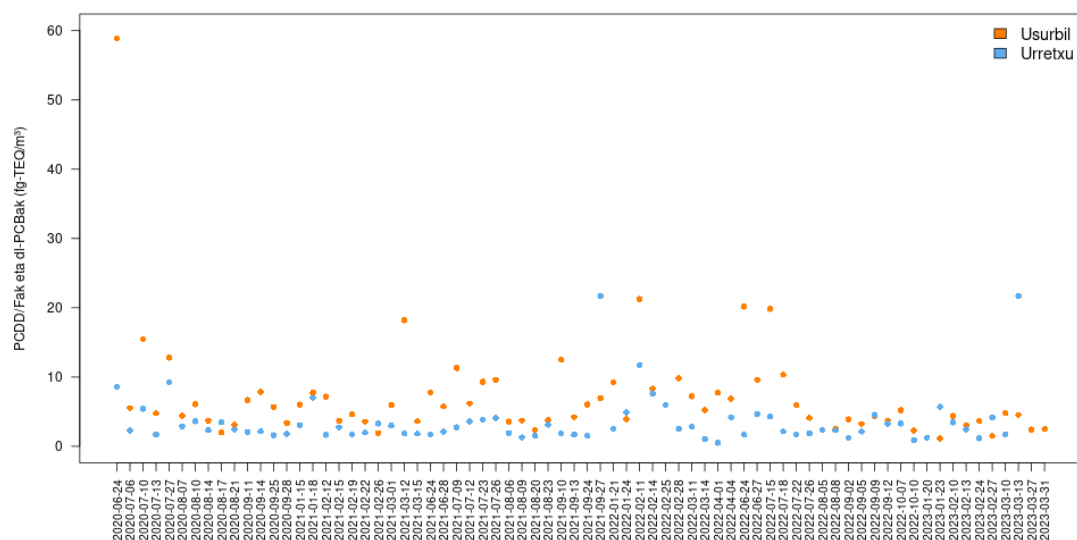
1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



38. Grafikoa. PCDFen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxo bitartean. Kaptazio aktiboa.



39. Grafikoa. dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxo bitartean. Kaptazio aktiboa.



40. Grafikoa. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio aktiboa.

7. Taulan modu aktiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT) jasotzen dira, 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren batez besteko balioak altuagoak dira eraginpeko-eremuan kontrol-eremuan baino (BG (%95KT): 5.35 (4.53; 6.31) fg TEQ/m³ Usurbilen vs 2.75 (2.34; 3.22) fg TEQ/m³ Urretxun).

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

7. Taula. Modu aktiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean.

Kide	Eraginpeko-eremua (n=72)				Kontrol-eremua (n=71)			
	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)
2378-tcdd	0.06	3.73	0.62 (0.49; 0.75)	0.46 (0.38; 0.55)	0.03	1.24	0.26 (0.21; 0.31)	0.19 (0.16; 0.23)
12378-pecdd	0.14	13.37	1.67 (1.19; 2.15)	1.08 (0.88; 1.34)	0.07	4.01	0.56 (0.40; 0.71)	0.39 (0.32; 0.47)
123478-hxcdd	0.00	0.33	0.07 (0.06; 0.09)	0.05 (0.04; 0.06)	0.00	2.97	0.08 (0.00; 0.17)	0.03 (0.02; 0.03)
123678-hxcdd	0.00	1.30	0.16 (0.11; 0.21)	0.09 (0.07; 0.11)	0.01	2.99	0.11 (0.03; 0.20)	0.05 (0.04; 0.06)
123789-hxcdd	0.00	0.83	0.11 (0.08; 0.15)	0.06 (0.05; 0.08)	0.01	1.94	0.09 (0.03; 0.15)	0.04 (0.03; 0.05)
1234678-hpcdd	0.00	0.89	0.09 (0.05; 0.13)	0.04 (0.03; 0.05)	0.01	1.35	0.09 (0.04; 0.14)	0.04 (0.03; 0.05)
ocdd	0.00	0.16	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.28	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCDD	0.36	19.01	2.73 (2.04; 3.42)	1.89 (1.55; 2.3)	0.15	13.49	1.19 (0.77; 1.62)	0.80 (0.67; 0.97)
2378-tcdf	0.10	3.73	0.61 (0.49; 0.72)	0.48 (0.41; 0.56)	0.05	1.03	0.21 (0.17; 0.25)	0.18 (0.15; 0.20)
12378-pecdf	0.00	1.02	0.09 (0.06; 0.12)	0.06 (0.05; 0.08)	0.01	0.27	0.04 (0.03; 0.05)	0.03 (0.02; 0.03)
23478-pecdf	0.07	16.72	1.47 (0.98; 1.97)	1.00 (0.82; 1.21)	0.07	4.76	0.65 (0.48; 0.82)	0.44 (0.36; 0.54)
123478-hxcdf	0.00	4.22	0.25 (0.14; 0.37)	0.16 (0.13; 0.20)	0.01	2.59	0.19 (0.11; 0.27)	0.11 (0.09; 0.14)
123678-hxcdf	0.01	3.37	0.24 (0.15; 0.34)	0.16 (0.13; 0.19)	0.01	2.22	0.17 (0.11; 0.24)	0.10 (0.08; 0.13)
234678-hxcdf	0.00	1.99	0.2 (0.14; 0.26)	0.13 (0.10; 0.16)	0.01	2.84	0.23 (0.12; 0.33)	0.10 (0.08; 0.14)
123789-hxcdf	0.00	0.73	0.05 (0.03; 0.07)	0.03 (0.02; 0.03)	0.00	0.66	0.05 (0.03; 0.07)	0.03 (0.02; 0.03)
1234678-hpcdf	0.00	0.22	0.04 (0.03; 0.04)	0.02 (0.02; 0.03)	0.00	1.27	0.07 (0.03; 0.11)	0.03 (0.02; 0.04)
1234789-hpcdf	0.00	0.03	0.00 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.23	0.01 (0.00; 0.02)	0.00 (0.00; 0.00)
ocdf	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.03	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCDF	0.33	32.01	2.95 (2.02; 3.89)	2.12 (1.78; 2.53)	0.20	15.53	1.62 (1.12; 2.11)	1.10 (0.91; 1.33)
ΣPCDD/F	0.90	51.02	5.68 (4.11; 7.26)	4.09 (3.42; 4.90)	0.39	20.39	2.81 (1.99; 3.63)	1.99 (1.67; 2.37)
PCB77	0.00	0.06	0.02 (0.02; 0.02)	0.01 (0.01; 0.02)	0.00	0.05	0.01 (0.01; 0.02)	0.01 (0.01; 0.01)
PCB81	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB105	0.00	0.05	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)	0.00	0.02	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)
PCB114	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB118	0.01	0.15	0.04 (0.03; 0.04)	0.03 (0.03; 0.03)	0.01	0.06	0.02 (0.02; 0.03)	0.02 (0.02; 0.02)
PCB123	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB126	0.00	7.30	1.31 (1.07; 1.55)	1.02 (0.83; 1.25)	0.00	2.10	0.74 (0.64; 0.84)	0.60 (0.48; 0.73)
PCB156	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB157	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB167	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB169	0.00	0.36	0.04 (0.03; 0.05)	0.02 (0.01; 0.02)	0.00	0.15	0.02 (0.01; 0.02)	0.01 (0.00; 0.01)
PCB189	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCB	0.04	7.88	1.42 (1.16; 1.69)	1.14 (0.96; 1.35)	0.08	2.29	0.81 (0.70; 0.92)	0.68 (0.58; 0.79)
ΣPCDD/F+dl-PCBak	1.13	58.89	7.07 (5.26; 8.88)	5.35 (4.53; 6.31)	0.50	21.68	3.6 (2.71; 4.49)	2.75 (2.34; 3.22)

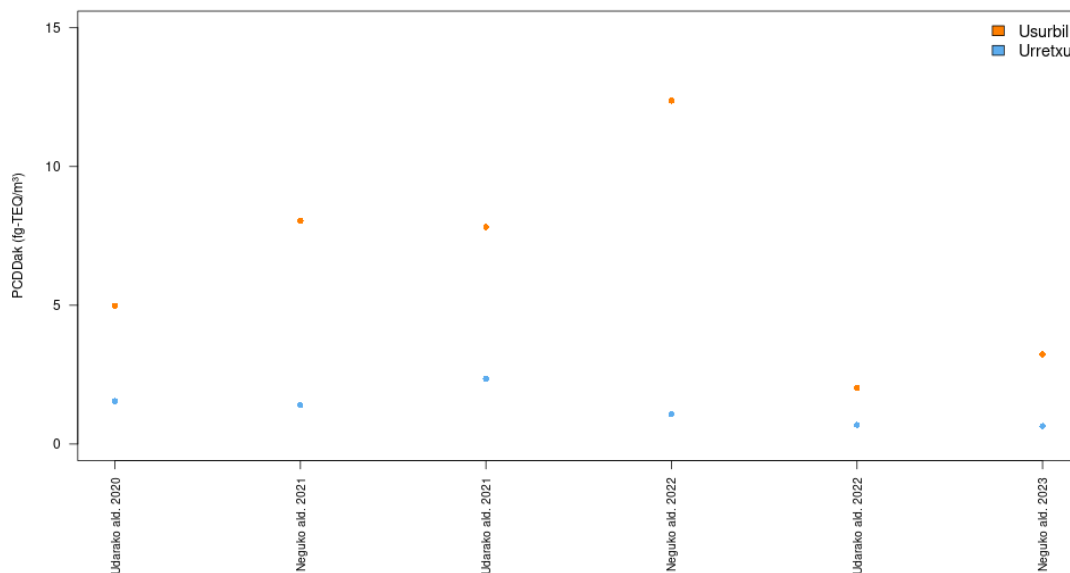
4.4.2. Kaptazio pasibo bidez jasotako PCDD/F eta PCBak

2020ko ekaina eta 2023ko martxoa bitartean, modu pasiboan jasotako 12 lagin zehaztu ziren, 6 Usurbilen eta 6 Urretxun.

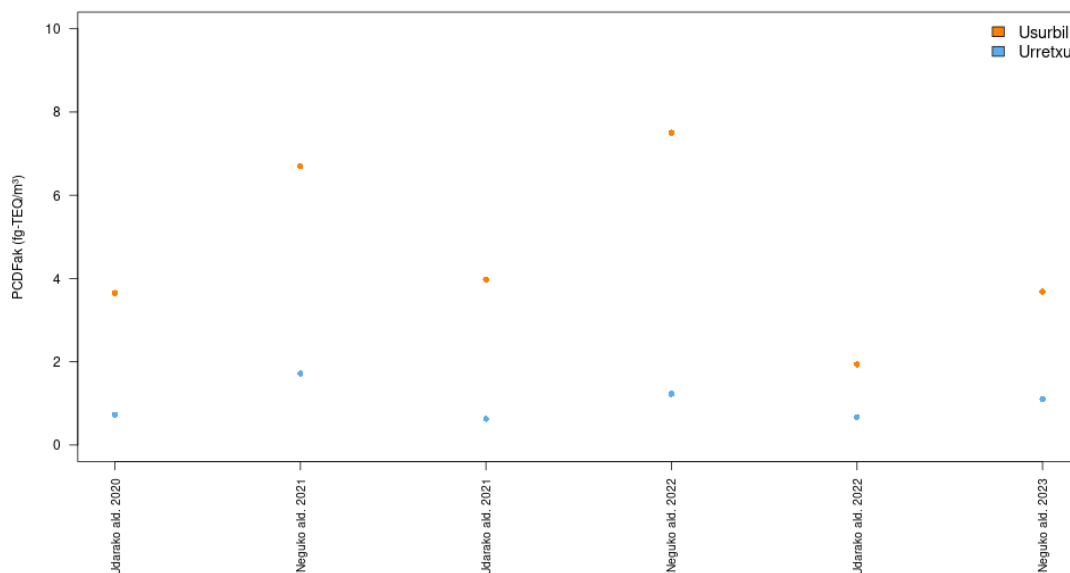
41-44. Grafikek modu pasiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen denbora-serieak jasotzen dituzte, kontrol-eremuan (Urretxun) eta eraginpeko-eremuan (Usurbilen), 2020ko ekainetik 2023ko martxora bitartean. Grafiketari ikus daitezkeen bezala, kaptazio pasiboa

1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

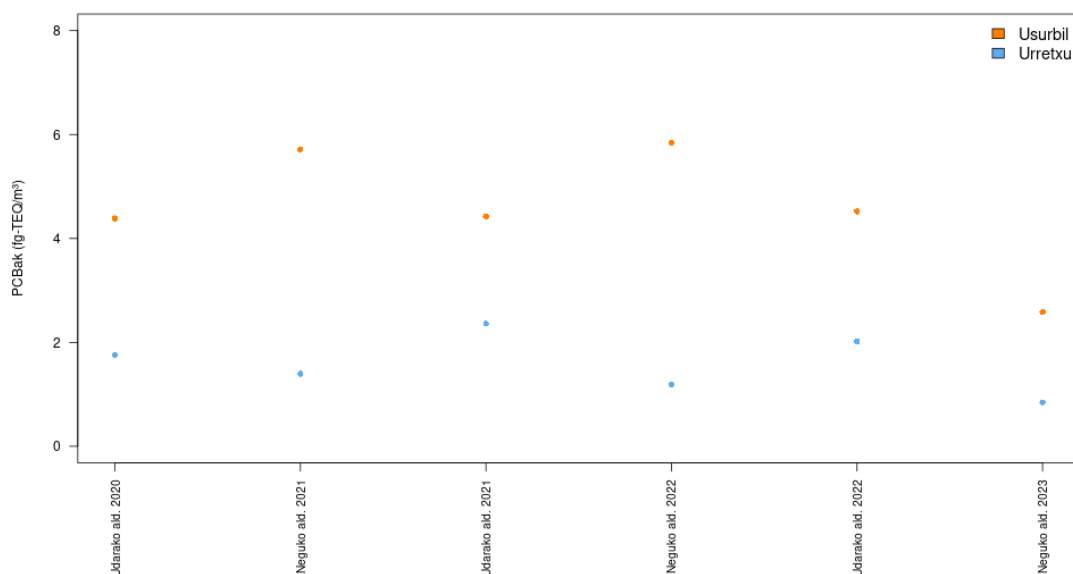
burutu den aldi guztietan, eraginpeko-eremuko (Usurbil) balioak kontrol-eremukoak (Urretxu) baino altuagoak dira. Bestalde, urtarokotasuna ere ikus daiteke, balio altuagoak aurkitzen dira neguko aldietan udakoetan baino, batez ere eraginpeko-eremuan.



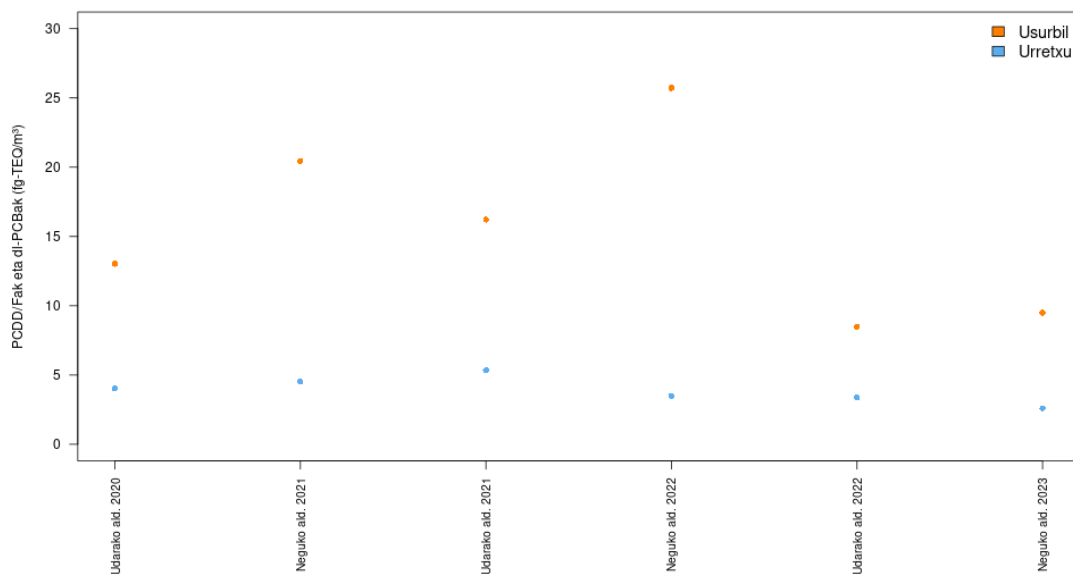
41. Grafikoa. PCDDen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.



42. Grafikoa. PCDFen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.



43. Grafikoa. dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.



44. Grafikoa. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean. Kaptazio pasiboa.

8. Taulan 2020ko ekainetik 2023ko martxora bitartean modu pasiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m³) balioak jasotzen dira. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren batez besteko balioak altuagoak dira eraginpeko-eremuan kontrol-

1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

eremuan baino (BG (%95KT): 14.41 (9.15; 22.70) fg TEQ/m³ Usurbilen vs 3.79 (2.92; 4.94) fg TEQ/m³ Urretxun).

8. Taula. Modu pasiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT), 2020ko ekaina 2023ko martxoa bitartean.

Kide	Eraginpeko-eremua (n=6)				Kontrol-eremua (n=6)			
	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)
2378-tcdd	0.32	2.79	1.67 (0.61; 2.74)	1.31 (0.53; 3.25)	0.11	0.86	0.44 (0.13; 0.76)	0.35 (0.16; 0.79)
12378-pecdd	1.27	7.97	3.83 (1.26; 6.4)	3.21 (1.59; 6.46)	0.32	1.19	0.6 (0.27; 0.94)	0.55 (0.33; 0.9)
123478-hxcdd	0.08	0.36	0.18 (0.06; 0.30)	0.16 (0.08; 0.29)	0.02	0.09	0.05 (0.02; 0.07)	0.04 (0.02; 0.07)
123678-hxcdd	0.14	0.6	0.34 (0.15; 0.53)	0.3 (0.17; 0.53)	0.05	0.11	0.07 (0.05; 0.1)	0.07 (0.05; 0.1)
123789-hxcdd	0.12	0.53	0.25 (0.10; 0.41)	0.22 (0.13; 0.39)	0.03	0.09	0.06 (0.04; 0.09)	0.06 (0.04; 0.09)
1234678-hpcdd	0.08	0.21	0.13 (0.08; 0.18)	0.12 (0.08; 0.18)	0.03	0.09	0.05 (0.03; 0.07)	0.05 (0.04; 0.07)
ocdd	0.00	0.01	0.01 (0.00; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.01)
ΣPCDD	2.03	12.37	6.41 (2.44; 10.38)	5.42 (2.70; 10.9)	0.65	2.35	1.29 (0.62; 1.96)	1.16 (0.69; 1.96)
2378-tcdf	0.32	1.41	0.82 (0.39; 1.25)	0.73 (0.42; 1.29)	0.13	0.47	0.21 (0.08; 0.35)	0.19 (0.12; 0.31)
12378-pecdf	0.05	0.25	0.12 (0.05; 0.20)	0.11 (0.06; 0.19)	0.02	0.05	0.03 (0.02; 0.04)	0.03 (0.02; 0.04)
23478-pecdf	0.98	3.98	2.34 (1.11; 3.58)	2.10 (1.22; 3.62)	0.20	0.70	0.43 (0.24; 0.63)	0.40 (0.24; 0.65)
123478-hxcdf	0.17	0.54	0.37 (0.22; 0.52)	0.35 (0.22; 0.54)	0.05	0.20	0.11 (0.05; 0.16)	0.09 (0.05; 0.16)
123678-hxcdf	0.17	0.63	0.36 (0.20; 0.52)	0.34 (0.21; 0.53)	0.04	0.13	0.09 (0.05; 0.13)	0.08 (0.05; 0.13)
234678-hxcdf	0.18	0.69	0.38 (0.19; 0.57)	0.35 (0.22; 0.56)	0.04	0.13	0.09 (0.05; 0.14)	0.09 (0.05; 0.14)
123789-hxcdf	0.01	0.14	0.06 (0.01; 0.11)	0.04 (0.02; 0.11)	0.01	0.06	0.02 (0.00; 0.05)	0.02 (0.01; 0.04)
1234678-hpcdf	0.05	0.15	0.10 (0.06; 0.15)	0.10 (0.06; 0.15)	0.01	0.04	0.02 (0.02; 0.03)	0.02 (0.01; 0.04)
1234789-hpcdf	0.00	0.01	0.01 (0.00; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ocdf	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCDF	1.94	7.50	4.58 (2.37; 6.78)	4.16 (2.49; 6.95)	0.63	1.72	1.01 (0.57; 1.46)	0.95 (0.62; 1.44)
ΣPCDD/F	3.96	19.88	10.99 (4.96; 17.02)	9.67 (5.29; 17.69)	1.36	3.12	2.30 (1.58; 3.01)	2.21 (1.59; 3.08)
PCB77	0.02	0.09	0.05 (0.02; 0.08)	0.05 (0.03; 0.08)	0.01	0.04	0.02 (0.01; 0.04)	0.02 (0.01; 0.04)
PCB81	0.00	0.02	0.01 (0.00; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.01)
PCB105	0.02	0.05	0.03 (0.02; 0.04)	0.03 (0.02; 0.04)	0.01	0.02	0.01 (0.01; 0.02)	0.01 (0.01; 0.02)
PCB114	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB118	0.04	0.13	0.08 (0.05; 0.11)	0.08 (0.05; 0.11)	0.02	0.06	0.04 (0.02; 0.06)	0.04 (0.03; 0.06)
PCB123	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB126	2.40	5.50	4.27 (3.10; 5.43)	4.13 (3.02; 5.63)	0.80	2.20	1.48 (0.94; 2.03)	1.40 (0.95; 2.07)
PCB156	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.01)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB157	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB167	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB169	0.06	0.18	0.13 (0.08; 0.18)	0.12 (0.08; 0.19)	0.00	0.03	0.02 (0.01; 0.04)	0.01 (0.00; 0.05)
PCB189	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCB	2.58	5.84	4.58 (3.34; 5.81)	4.43 (3.25; 6.03)	0.85	2.36	1.59 (1.01; 2.18)	1.51 (1.02; 2.24)
ΣPCDD/F+dl-PCBak	8.49	25.72	15.57 (8.59; 22.54)	14.41 (9.15; 22.70)	2.60	5.34	3.89 (2.89; 4.90)	3.79 (2.92; 4.94)

4.4.3. Kaptazio aktiboaren eta pasiboaren bidez lortutako emaitzen konparaketa

2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean kaptazio pasibo bidez jasotako PCDD/F eta dl-PCBen emaitzak, aldi berean modu aktiboan jasotako laginen emaitzen batez bestekoekin alderatu dira. Konparaketa honetan datu sorta osoagoa izateko, *“Gipuzkoako ingurumen gunearen parte den balorizazio energetikoko plantaren esposizio eta kontrol eremuko aireko laginetan dioxina, furano eta dl-PCBen kontzentrazioari buruzko azterlan bat egiteko zerbitzuak (2023/15-HH-ZI)”* kontratuan lortutako datuak sartu dira: 9 lagin modu aktiboan jasoak eta lagin 1 modu pasiboan jasoak, laginketa-puntu bakoitzean, 2023ko ekainetik irailera bitartean.

Kontratuz, 2023/15-HH-ZI kontratuan 8 lagin modu aktiboan eta lagin 1 modu pasiboan jaso behar ziren laginketa-puntu bakoitzean 2023ko ekaina-iraila bitartean. Baina kontuan hartuta 2020ko ekaina-2023 iraila bitartean, 2020/04-HH-ZE kontratuari zegozkion modu aktiboan jasotako lagin bat eta beste lagin baten PCDD/Fen emaitzak baliogabetu zirela, ikerketa-taldeak, 2023ko maiatzaren amaieran bi lagin gehiago bildu zituen modu aktiboan (lagin bat laginketa-puntu bakoitzean), galdutako bi lagin horiek ordezkatzeko. Bilketa-data kontuan izanda, bi lagin hauen emaitzak 2023/15-HH-ZI kontratuaren emaitzen barruan sartu dira.

9. Taulan, Usurbilen eta Urretxun modu aktiboan eta pasiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen batez bestekoak aurkezten dira, 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean. Eraginpeko-eremuan (Usurbil), modu pasiboan jasotako PCDD/F+dl-PCBen kontzentrazioen balioek nabarmen gainditzen dituzte modu aktiboan jasotako laginen batez besteko kontzentrazioak (6.82 (5.17; 8.46) fg TEQ/m³ kaptazio aktiboa vs 14.68 (8.66; 20.69) fg TEQ/m³ kaptazio pasiboa). Kontrol-eremuan (Urretxu), modu pasiboan jasotako laginen kontzentrazioen balioek ere modu aktiboan jasotako laginen batez besteko mailak gainditzen dituzte, baina Usurbilen baino neurri txikiagoan (3.52 (2.72; 4.32) fg TEQ/m³ kaptazio aktiboa vs 4.04 (3.15; 4.94) fg TEQ/m³ kaptazio pasiboa).

9. Taula. Kaptazio aktibo eta pasibo bidez jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen batez bestekoak (fg TEQ/m³) Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta Urretxun (kontrol-eremua), 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.

BB(%95KT)	GUZTIRA			Eraginpeko-eremua			Kontrol-eremua		
	Kaptazio aktiboa (n=159)	Kaptazio pasiboa (n=14)	p	Kaptazio aktiboa (n=80)	Kaptazio pasiboa (n=7)	p	Kaptazio aktiboa (n=79)	Kaptazio pasiboa (n=7)	p
2378-tcdd	0.42 (0.35; 0.49)	1.03 (0.52; 1.55)	0.002	0.59 (0.47; 0.71)	1.61 (0.73; 2.48)	0.004	0.25 (0.20; 0.30)	0.46 (0.20; 0.72)	0.034
12378-pecdd	1.07 (0.82; 1.31)	2.11 (0.84; 3.38)	0.012	1.60 (1.17; 2.04)	3.54 (1.36; 5.72)	0.004	0.53 (0.39; 0.66)	0.68 (0.35; 1.00)	0.066
123478-hxcdd	0.07 (0.04; 0.11)	0.12 (0.06; 0.18)	0.001	0.07 (0.05; 0.09)	0.18 (0.08; 0.28)	0.001	0.08 (0.00; 0.15)	0.05 (0.02; 0.09)	0.052
123678-hxcdd	0.13 (0.09; 0.18)	0.19 (0.09; 0.29)	0.002	0.15 (0.10; 0.20)	0.31 (0.14; 0.48)	0.003	0.11 (0.03; 0.19)	0.08 (0.06; 0.10)	0.065
123789-hxcdd	0.09 (0.06; 0.12)	0.16 (0.08; 0.24)	<0.001	0.11 (0.07; 0.14)	0.25 (0.12; 0.38)	0.001	0.08 (0.03; 0.13)	0.07 (0.04; 0.10)	0.022
1234678-hpcdd	0.08 (0.05; 0.11)	0.08 (0.05; 0.11)	0.003	0.08 (0.05; 0.11)	0.12 (0.07; 0.17)	0.009	0.08 (0.03; 0.12)	0.05 (0.03; 0.07)	0.146
ocdd	0.01 (0.00; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	<0.001	0.01 (0.00; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	0.014	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.01)	0.019
ΣPCDD	1.87 (1.49; 2.25)	3.71 (1.71; 5.70)	0.004	2.61 (1.98; 3.24)	6.01 (2.67; 9.35)	1003	1.13 (0.75; 1.51)	1.40 (0.79; 2.01)	0.039
2378-tcdf	0.40 (0.33; 0.46)	0.49 (0.26; 0.72)	0.296	0.59 (0.48; 0.70)	0.77 (0.40; 1.14)	0.122	0.21 (0.17; 0.24)	0.21 (0.10; 0.32)	0.528
12378-pecdf	0.07 (0.05; 0.08)	0.07 (0.04; 0.11)	0.344	0.09 (0.06; 0.12)	0.12 (0.05; 0.18)	0.114	0.04 (0.03; 0.05)	0.03 (0.02; 0.04)	0.776
23478-pecdf	1.05 (0.81; 1.29)	1.33 (0.65; 2.02)	0.276	1.44 (0.99; 1.89)	2.19 (1.13; 3.25)	0.013	0.66 (0.51; 0.82)	0.48 (0.29; 0.67)	0.776
123478-hxcdf	0.22 (0.16; 0.29)	0.23 (0.13; 0.32)	0.367	0.25 (0.14; 0.35)	0.35 (0.21; 0.48)	0.008	0.20 (0.13; 0.27)	0.10 (0.06; 0.15)	0.458
123678-hxcdf	0.20 (0.15; 0.26)	0.22 (0.12; 0.31)	0.350	0.23 (0.15; 0.32)	0.35 (0.21; 0.48)	0.005	0.17 (0.11; 0.24)	0.09 (0.06; 0.12)	0.512
234678-hxcdf	0.21 (0.15; 0.26)	0.22 (0.11; 0.33)	0.172	0.19 (0.13; 0.25)	0.35 (0.19; 0.52)	0.003	0.22 (0.13; 0.32)	0.09 (0.05; 0.12)	0.641
123789-hxcdf	0.05 (0.03; 0.06)	0.04 (0.02; 0.07)	0.436	0.05 (0.03; 0.06)	0.06 (0.02; 0.10)	0.116	0.05 (0.03; 0.07)	0.03 (0.01; 0.05)	0.728
1234678-hpcdf	0.05 (0.03; 0.07)	0.06 (0.03; 0.09)	0.023	0.03 (0.03; 0.04)	0.10 (0.06; 0.14)	<0.001	0.07 (0.03; 0.1)	0.02 (0.02; 0.03)	0.862
1234789-hpcdf	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.01)	0.124	0.00 (0.00; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	0.054	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)	0.653
ocdf	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.080	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.002	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.670
ΣPCDF	2.25 (1.77; 2.74)	2.67 (1.40; 3.94)	0.351	2.87 (2.03; 3.72)	4.28 (2.38; 6.19)	0.014	1.63 (1.19; 2.08)	1.06 (0.68; 1.43)	0.636
ΣPCDD/F	4.12 (3.30; 4.95)	6.38 (3.16; 9.59)	0.043	5.48 (4.05; 6.92)	10.29 (5.15; 15.43)	0.005	2.76 (2.02; 3.50)	2.46 (1.76; 3.15)	0.283
PCB77	0.02 (0.01; 0.02)	0.04 (0.02; 0.05)	<0.001	0.02 (0.02; 0.02)	0.05 (0.03; 0.07)	<0.001	0.01 (0.01; 0.01)	0.02 (0.01; 0.03)	0.006
PCB81	0.00 (0.00; 0.00)	0.01 (0.00; 0.01)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.01 (0.01; 0.01)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.01)	0.006
PCB105	0.01 (0.01; 0.01)	0.02 (0.02; 0.03)	<0.001	0.01 (0.01; 0.01)	0.03 (0.02; 0.04)	<0.001	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.02)	0.003
PCB114	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.004
PCB118	0.03 (0.03; 0.03)	0.06 (0.05; 0.08)	<0.001	0.03 (0.03; 0.04)	0.08 (0.06; 0.11)	<0.001	0.02 (0.02; 0.03)	0.04 (0.03; 0.06)	0.003
PCB123	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.003	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.010
PCB126	0.98 (0.86; 1.11)	2.77 (1.86; 3.69)	<0.001	1.25 (1.03; 1.47)	4.07 (3.02; 5.12)	<0.001	0.71 (0.62; 0.8)	1.47 (1.03; 1.91)	<0.001
PCB156	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.01)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.003
PCB157	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001
PCB167	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.005
PCB169	0.03 (0.02; 0.03)	0.07 (0.04; 0.11)	0.002	0.04 (0.03; 0.05)	0.12 (0.08; 0.17)	<0.001	0.02 (0.01; 0.02)	0.02 (0.01; 0.03)	0.148
PCB189	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	<0.001	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.025
ΣPCBs	1.07 (0.94; 1.21)	2.98 (2.00; 3.96)	<0.001	1.36 (1.12; 1.6)	4.38 (3.28; 5.49)	<0.001	0.78 (0.68; 0.88)	1.59 (1.12; 2.06)	0.001
ΣPCDD/F+dlPCBak	5.18 (4.23; 6.13)	9.36 (5.26; 13.46)	0.003	6.82 (5.17; 8.46)	14.68 (8.66; 20.69)	0.001	3.52 (2.72; 4.32)	4.04 (3.15; 4.94)	0.030

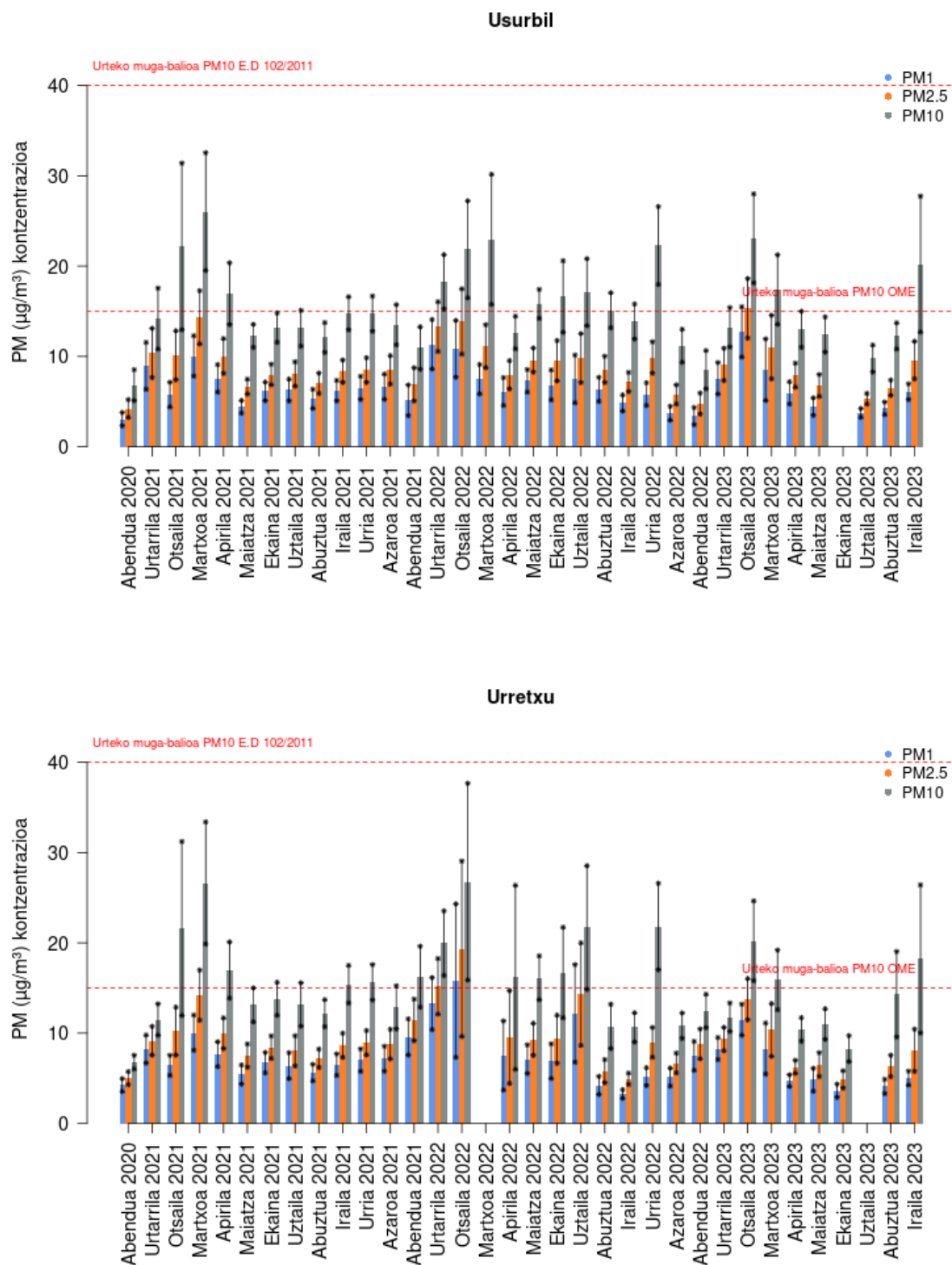
4.5. PALAS ekipoen bidez zehaztutako PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀ partikulak

2020ko abenduan instalatutako Palas kaptadoreen bitartez, guztira, 870 eguneko PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀ partikulen kontzentrazioen datuak lortu dira Usurbilen eta 849 egunekoak Urretxun (ikus 1.7. ERANSKINA).

1.6. Eranskinean, aireko partikulen eta datu meteorologikoen datuen banaketa aurkezten da Urretxun eta Usurbilen, eta PM_{2.5} partikulen kontzentrazioen alderaketa kaptadore jarraituen (Palas) eta etenen (Digital) artean.

PM₁, PM_{2.5} eta PM₁₀ partikulen kontzentrazioari dagokionez, emaitzek adierazten, 2020ko abendua eta 2023 iraila bitartean, dute 3 kutsatzaile horien mailak antzekoak izan zirela kontrol-eremuan (Urretxu) eta eraginpeko-eremuan (Usurbil) (10. Taula) (batez bestekoa (%95KT) PM₁: 6.63 (6.31; 6.94) Usurbil vs. 7.14 (6.79; 7.49) Urretxu; PM_{2.5}: 9.00 (8.64; 9.37) Usurbil vs. 9.23 (8.82; 9.65) Urretxu; PM₁₀: 15.61 (14.91; 16.31) Usurbil vs. 15.44 (14.69; 16.19) Urretxu). Aipatzekoa da DIGITEL kaptadoreen bidez jasotako aire-laginen zehaztapenek PM_{2.5} partikulen kontzentrazio maila esanguratsuki altuagoak kuantifikatu zituztela kontrol-eremuan eraginpeko-eremuan baino (6. Taula); Palas hargailuek, aldiz, kontzentrazio altuagoak adierazi zituzten, baina ez esanguratsuki desberdinak.

102/2011 Errege Dekretuak araututako eta airearen kalitateari buruzko OMEren gidan jasotako PM₁₀ partikulen kontzentrazioari dagokionez, datuek adierazten dute bai Urretxu eta bai Usurbileko mailak E.D.aren muga-balioetik (40µg/m³) behera egon zirela azterketa-aldi osoan.



45. Grafikoa. PM_1 (urdina), $\text{PM}_{2.5}$ (laranja) eta PM_{10} (grisa) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) partikulen kontzentrazioak Usurbilen (A) eta Urretxun (B) 2020ko abendutik 2023 irailera bitartean. 102/2011 Errege Dekretuak eta OMEk ezarritako urteko balio-mugak adierazten dira.

10. Taula. Palas ekipoeekin kuantifikatutako PM_{10} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulen kontzentrazioen batez bestekoak (%95KT) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2020ko abendua eta 2023 iraila bitartean, Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta Urretxun (kontrol-eremua).

Batezbestekoa (%95KT)	Usurbil	Urretxu
	N=870	N=849
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.63 (6.31; 6.94)	7.14 (6.79; 7.49)
$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.00 (8.64; 9.37)	9.23 (8.82; 9.65)
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15.61 (14.91; 16.31)	15.44 (14.69; 16.19)

11. Taula. PM_{10} , $PM_{2.5}$ eta PM_{10} partikulen kontzentrazioen batez bestekoak (%95KT) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2021eko urtarrila-abendua, 2022ko urtarrila-abendua eta 2023ko urtarrila-iraila aldietan.

Batezbestekoa (%95KT)	2021 Urtarrila-Abendua	
	Usurbil	Urretxu
N	351	365
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.58 (6.14; 7.03)	7.24 (6.83; 7.65)
$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	8.90 (8.36; 9.45)	9.38 (8.86; 9.90)
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15.32 (14.20; 16.45)	15.73 (14.58; 16.87)
	2022 Urtarrila-Abendua	
N	294	262
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.70 (6.18; 7.21)	7.60 (6.76; 8.44)
$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.23 (8.63; 9.83)	9.78 (8.84; 10.72)
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	16.47 (15.34; 17.59)	16.30 (14.99; 17.62)
	2023 Urtarrila-Iraila	
N	206	208
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	6.94 (6.16; 7.71)	6.59 (5.95; 7.23)
$PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.29 (8.41; 10.16)	8.57 (7.82; 9.32)
PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15.69 (14.17; 17.21)	14.42 (12.81; 16.02)

5. GIGEBI MARTXAN JARRI AURREKO ALDIKO ETA GIGEBI MARTXAN JARRI ONDORENGO ALDIKO ERANTZUNEN KONPARAKETA

2020ko ekainetik 2023ko irailera bitartean lortutako emaitzez gain (kontratu honi dagozkion emaitzak), 2020ko apirilaren 16tik maiatzaren 31ra bitartean ere aire laginetako kutsatzaile atmosferikoak bildu eta zehaztapena egin zaie, kontratu txiki baten barruan. Horregatik, egunero hartutako PM_{2,5}, metalen eta loturiko HAPen 44 datu dauzkagu, aztertzen ari garen 4 udalerrietakoak (Lasarte eta Usurbil, eraginpeko-eremuan eta Urretxu eta Ordizia, kontrol-eremuan), eta PCDD/F eta PCBen 3 datu, azter eremu bakoitzekoak (Usurbil, eraginpeko-eremuan, eta Urretxu, kontrol-eremuan), epealdi horretakoak. *2020ko apirilaren 16tik 2023ko irailera bitarteko datuak GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiari dagozkion datuak dira.* 2023ko PCDD/F eta PCBen datuak osatzeko, 2023ko uda-aldian (2023ko ekaina-iraila), 9 lagin modu aktiboan eta lagin 1 modu pasiboan jaso eta zehaztu ziren laginketa-gune bakoitzen (Usurbil eta Urretxu) beste kontratu bati erantzunez.

2019ko azaroan, GIGEBI martxan jarri aurreko aldiaren (2017-2019 aldia) azterlana amaitu zuen BIOGIPUZKOAK. Data horretatik aurrera, eta airearen kalitatearen jarraipenari segida emateko asmoz, 2019ko urritik 2020ko apirilaren 15era aire laginak jaso ziren aztertutako lau udalerrietan, eta beraz, PM_{2,5}aren, eta atxikitako metal eta HAPen datuak ditugu. Horrela, osorik geratzen da kutsatzaile horiei buruzko informazioa 2017ko irailetik 2020ko apirilaren 15eraino. Era berean, PCDD/F eta PCBen 14 datu daude (8 Usurbilen eta 6 Urretxun) 2019ko azarotik 2020ko otsaila bitartean. *2017ko irailetik 2020ko apirilaren 15era bitarteko datuak GIGEBI martxan jarri aurreko aldiari dagozkion datuak dira.*

Laburbilduz, BIOGIPUZKOAK burututako kontratu hauetan lortutako emaitzak erabili dira:

MARTXAN JARRI AURREKO ALDIA		MARTXAN JARRI ONDORENGO ALDIA	
2017ko iraila-2019ko iraila	2019ko azaroa-2020ko apirilak 15	2020ko apirilak 16-2020ko maiatza	2020ko ekaina-2023ko iraila
2017/11-HH-ZE	2021/599-Z eta 2022/1523-Z	2020/74-HH-ZD	2020/04-HH-ZD 2023/15/HH-ZI (2023ko eka-irai)

GIGEBI martxan jarri aurreko aldia:

- Azterlan epidemiologikoa, Gipuzkoako ingurumen guneko balorizazio energetikoko instalazioari buruzkoa (2017/11-HH-ZE), 2017ko iraila-2019ko iraila bitartean.
- Usurbil eta Urretxuko aire-laginetan 2019ko azarotik 2020ko otsailera bitartean izandako dioxinen, furanoen eta PCB-en kontzentrazioen ikerketa (2021/599-Z).

- Lasarte-Oria, Usurbil, Ordizia eta Urretxuko aire-laginetan partikulei eta HAPEi lotutako metalen kontzentrazioari buruzko azterlana (2022/1523-Z). 2019ko azarotik 2020ko otsaila bitartean.

GIGEBI martxan jarri ondorengo aldia:

- Airearen kalitateari buruzko txostena, 2020ko apirilaren 16tik maiatzaren 15era. (2020/74-HH-ZD)
- Gipuzkoako ingurumen gunea abiarazi ondorengo lehen lau urteetan epidemiologiako zerbitzu espezializatuak (2020/04-HH-ZE), 2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean.
- Gipuzkoako ingurumen gunearen parte den balorizazio energetikoko plantaren eraginpeko eta kontrol-eremuko aire laginetan dioxina, furano eta dl-PCBen kontzentrazioari buruzko azterlan bat egiteko zerbitzuak (2023/15-HH-ZI), 2023ko ekain-iraila aldia.

5.1. PM_{2.5}

12. Taulan erakusten da PM_{2.5}en kontzentrazioarako 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako 20 µg/m³ (2020ko urtarriletik aurrera), eta OMEk gomendaturiko 10 µg/m³ (2021 arte gomendatutakoa) eta 5 µg/m³ (2021a geroztik gomendatutakoa) balioak gainditu dituzten laginen ehunekoa, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldietan. GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian, 102/2011 Errege Dekretuan ezarritako PM_{2.5} partikularako muga gainditu zuten laginen ehunekoa martxan jarri aurreko aldian baino txikiagoa izan zen udalerrri guztietan, Lasarten izan ezik. OMEk gomendatutako kontzentrazioari dagokionez, balio hori gainditu zuten laginen ehunekoa ere jaitسي egin zen GIGEBI martxan jarri aurreko aldiarekin alderatuta udalerrri guztietan.

12. Taula. PM_{2.5} kontzentrazioak 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako 20 µg/m³-ko balioa (2020ko irailetik aurrera ezarria), eta OMEk gomendaturiko 10 µg/m³ (2021 arte gomendatutakoa) eta 5 µg/m³ (2021tik aurrera gomendatutakoa) gainditu zuten laginen ehunekoa, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian.

	Lasarte		Usurbil		Ordizia		Urretxu	
	Aurretik N=782	Ondoren N= 1021	Aurretik N=653	Ondoren N=1027	Aurretik N=837	Ondoren N=1034	Aurretik N=614	Ondoren N=1016
%>20 µg/m ³	1.92	2.18	6.13	3.16	8.24	2.87	4.56	2.89
%>10 µg/m ³	34.53	25.33	40.58	25.75	51.61	29.01	36.64	27.08
%>5 µg/m ³	80.43	68.56	82.39	67.93	90.92	72.65	81.76	69.68

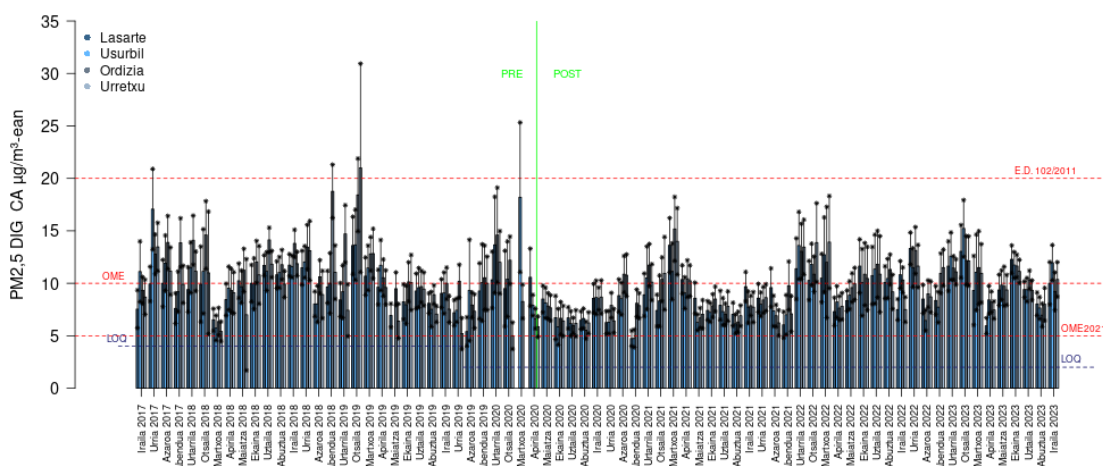
102/2011 Errege Dekretuak, urte zibil bati (urtarrila-abendua) dagokion PM_{2.5} partikulen batez besteko kontzentrazioak 20 µg/m³-ko muga ezin duela gainditu ezartzen du. Bost urte zibil kontuan hartuta (2018, 2019, 2020, 2021 eta 2022), GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo datuak kontuan hartzen direlarik, eta 2023ko urtarrila-iraila aldia ere kontuan hartuta, ikerketa eremuko udalerrri guztietako batez besteko balioek, urte guztietan, ez dute 102/2011 Errege Dekretuak araututako muga gainditu (13. Taula).

13. Taula. PM_{2.5} partikulen batez besteko balioa(µg/m³) 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 eta 2023ko urtarrila-iraila aldian.

Batezbestekoa (%95 KT)	2018ko urtarrila-abendua			
	Lasarte	Usurbil	Ordizia	Urretxu
N	335	272	345	221
PM _{2.5} µg/m ³	9.93 (9.45; 10.4)	10.32 (9.72; 10.91)	12.56 (11.93; 13.19)	10.32 (9.7; 10.93)
	2019ko urtarrila-abendua			
N	325	227	320	256
PM _{2.5} µg/m ³	8.92 (8.42; 9.42)	9.52 (8.81; 10.22)	11.26 (10.63; 11.88)	9.23 (8.46; 10)
	2020ko urtarrila-abendua			
N	269	296	296	264
PM _{2.5} µg/m ³	7.53 (7.06; 8.01)	8.05 (7.41; 8.7)	8.21 (7.73; 8.69)	7.64 (7.16; 8.13)
	2021eko urtarrila-abendua			
N	285	269	281	278
PM _{2.5} µg/m ³	8.88 (8.38; 9.38)	8.04 (7.52; 8.55)	9.16 (8.62; 9.71)	8.86 (8.30; 9.41)
	2022ko urtarrila-abendua			
N	270	275	264	273
PM _{2.5} µg/m ³	9.86 (9.30; 10.42)	10.36 (9.68; 11.04)	10.88 (10.19; 11.57)	10.82 (10.05; 11.59)
	2023ko urtarrila-abendua			
N	219	237	236	223
PM _{2.5} µg/m ³	9.89 (9.25; 10.54)	10.70 (10.07; 11.33)	10.02 (9.45; 10.6)	9.89 (9.35; 10.43)

46. Grafikoak PM_{2.5} partikulen kontzentrazioa (µg/m³) jasotzen du aztergai izan den aldi osoan, 2017ko irailetik 2023ko irailera bitartean. Partikulen mailak 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako mugen azpitik egon ziren.

1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



46. Grafikoa. Aireko $PM_{2.5}$ kontzentrazioa ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2017ko irailetik 2023ko irailera bitartean.

14. Taulan, $PM_{2.5}$, atxikitako elementuen eta HAPen kontzentrazioen balio maximoak agertzen dira, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian. $PM_{2.5}$ partikulen balio maximoak baxuagoak izan dira GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian Lasarte, Usurbil eta Urretxun; Ordizian, aldiz, balio maximoa GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian detektatu zen.

1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

14. Taula. PM_{2,5}, eta atxikitako elementu eta HAPen kontzentrazio balio maximoak, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian. Gorriz, ondorengo aldian maximoa altuagoa izan zen kasuetan.

	Lasarte		Usurbil		Ordizia		Urretxu	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
	N=782	N=1021	N=653	N=1027	N=837	N=1034	N=614	N=1016
PM _{2,5} BAeta $\mu\text{g}/\text{m}^3$	34.00	29.00	56.00	41.00	36.00	57.00	68.00	59.00
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
	N=782	N=994	N=613	N=977	N=837	N=996	N=590	N=982
Banadioa PM _{2,5} ng/m^3	5.85	3.70	5.59	2.60	4.91	3.50	4.53	4.30
Kromoa PM _{2,5} ng/m^3	29.00	12.00	31.00	17.00	425.00	217.00	29.74	32.00
Manganesoa PM _{2,5} ng/m^3	34.00	333.00	81.00	79.00	605.45	133.00	46.07	39.00
Burdina PM _{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.70	0.90	0.60	1.10	2.40	2.40	0.70	1.40
Kobaltoa PM _{2,5} ng/m^3	0.68	0.42	3.03	1.38	2.80	1.07	0.43	0.68
Nikela PM _{2,5} ng/m^3	19.00	36.00	19.00	13.00	298.00	92.00	24.08	14.00
Kobrea PM _{2,5} ng/m^3	45.00	47.00	30.61	28.00	262.00	236.00	56.01	30.00
Zinka PM _{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.40	0.64	1.06	0.86	1.25	0.74	0.28	0.23
Artsenikoa PM _{2,5} ng/m^3	3.00	2.10	2.50	1.30	5.12	3.40	1.40	1.20
Selenioa PM _{2,5} ng/m^3	1.70	3.90	10.65	55.70	2.90	1.00	1.75	1.80
Kadmioa PM _{2,5} ng/m^3	1.60	1.80	1.30	2.00	5.10	2.50	1.04	0.90
Barioa PM _{2,5} ng/m^3	44.91	14.00	66.55	12.00	42.00	22.00	36.00	44.00
Zerioa PM _{2,5} ng/m^3	1.37	1.04	1.20	1.60	1.07	2.18	3.03	2.60
Beruna PM _{2,5} $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0.04	0.10	0.05	0.08	0.18	0.09	0.07	0.03
Paladioa PM _{2,5} ng/m^3	0.10	0.07	0.09	0.13	0.11	0.02	0.05	0.07
Merkurioa PM _{2,5} ng/m^3	0.13	0.19	0.10	0.13	4.11	1.84	0.19	0.11
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
	N=608	N=973	N=609	N=973	N=673	N=979	N=585	N=968
Naftalenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.50	0.10	0.40	0.20	0.30	0.10	0.30	0.40
Azenaftenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.05	0.20	0.05	0.05	0.10	0.05	0.05	0.30
Fluorenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.05	0.20	0.05	0.05	0.17	0.05	0.20	0.10
Fenantrenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.40	0.10	0.57	0.20	0.30	0.30	0.40	0.10
Antrazenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.20	0.05	0.05	0.05	0.83	0.10	0.05	0.05
Fluorantenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.40	0.20	0.34	1.00	0.40	0.40	0.50	0.30
Pirenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.50	0.30	0.80	1.40	0.60	0.60	1.00	0.50
Benzo(a)antrazenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.40	0.30	0.69	0.70	1.40	0.60	0.80	1.20
Krisenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.60	0.30	0.87	0.50	1.50	0.70	1.10	0.70
Benzo(b)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.90	0.70	1.28	1.00	1.90	1.00	1.30	1.40
Benzo(k)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.60	0.60	0.57	0.60	0.90	0.50	0.60	0.80
Benzo(a)pirenoa PM _{2,5} ng/m^3	1.10	0.80	2.00	1.50	2.60	1.20	1.40	2.70
Dibenzo(a,h)antrazenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.40	0.20	0.36	0.10	0.18	0.05	0.10	0.20
Benzo(g,h,i)perilenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.90	1.30	9.10	5.00	1.80	1.40	1.80	2.70
Indeno(1,2,3-c,d)pirenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.90	1.10	3.00	1.40	1.80	1.50	1.00	2.40
Azenaftilenoa PM _{2,5} ng/m^3	0.80	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

PM_{2,5} partikulen batez besteko balioak kalkulatu dira 4 udalerrietan GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian, kuantifikazio-mugatik behera dauden laginen ehunekoa (%<LOQ) %70 baino gutxiago izan zen kasuetan (15. Taula). Aztertutako 4 udalerrietan PM_{2,5} partikulen mailak esanguratsuki murriztu ziren GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko espazioaren ebaluazioa

15. Taula. PM_{2,5}, eta atxikitako elementu eta HAPen kontzentrazioen batez besteko balioak (%95KT), aztertutako 4 udalerrietan, GIGEBI martxa jarri aurreko eta ondorengo aldian. Balio esanguratsuki handiagoak laranja adierazi dira, eta esanguratsuki txikiagoak berdez.

	Lasarte			Usurbil			Ordizia			Urretxu		
	PRE N=782	POST N=1021	p	PRE N=653	POST N=1027	p	PRE N=837	POST N=1034	p	PRE N=614	POST N=1016	p
Batezbestekoa (%95KT)												
N												
PM _{2,5} BAetan µg/m ³	9.39 (9.07; 9.71)	8.97 (8.69; 9.25)	0.025	10.63 (10.15; 11.11)	9.01 (8.71; 9.32)	<0.001	11.95 (11.56; 12.35)	9.42 (9.12; 9.71)	<0.001	9.94 (9.5; 10.39)	9.28 (8.97; 9.59)	0.020
	PRE N=782	POST N=994		PRE N=613	POST N=977		PRE N=837	POST N=996		PRE N=590	POST N=982	
Banadioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kromoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	40.9 (36.99; 44.82)	8.21 (7.37; 9.05)	<0.001	-	-	-
Manganesoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	38.74 (35.53; 41.96)	15.79 (14.75; 16.83)	<0.001	-	-	-
Burdina PM _{2,5} µg/m ³	0.10 (0.10; 0.11)	0.09 (0.09; 0.10)	<0.001	-	-	-	0.38 (0.36; 0.41)	0.18 (0.17; 0.19)	<0.001	0.12 (0.11; 0.12)	0.10 (0.09; 0.11)	<0.001
Kobalto PM _{2,5} ng/m ³	0.05 (0.04; 0.05)	0.04 (0.04; 0.04)	<0.001	0.15 (0.13; 0.17)	0.08 (0.07; 0.09)	<0.001	0.33 (0.30; 0.36)	0.09 (0.08; 0.10)	<0.001	0.05 (0.05; 0.05)	0.04 (0.04; 0.05)	<0.001
Nikela PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	26.43 (23.77; 29.09)	4.85 (4.42; 5.29)	<0.001	-	-	-
Kobrea PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	38.5 (35.62; 41.37)	15.83 (14.71; 16.95)	<0.001	5.56 (5.12; 5.99)	4.10 (3.85; 4.34)	<0.001
Zinka PM _{2,5} µg/m ³	0.06 (0.06; 0.07)	0.06 (0.05; 0.06)	0.001	0.07 (0.06; 0.07)	0.06 (0.05; 0.06)	<0.001	0.15 (0.14; 0.16)	0.09 (0.08; 0.09)	<0.001	-	-	-
Artsenikoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	0.85 (0.8; 0.91)	0.58 (0.54; 0.61)	<0.001	-	-	-
Selenioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	0.68 (0.61; 0.75)	1.36 (1.18; 1.55)	<0.001	-	-	-	-	-	-
Kadmioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Barioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zerioa PM _{2,5} ng/m ³	0.09 (0.09; 0.1)	0.10 (0.09; 0.11)	0.758	0.09 (0.08; 0.09)	0.09 (0.08; 0.10)	0.361	0.09 (0.09; 0.10)	0.09 (0.08; 0.10)	<0.001	0.11 (0.10; 0.13)	0.12 (0.10; 0.13)	0.018
Beruna PM _{2,5} µg/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Paladioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Merkurioa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PRE N=608	POST N=973	p	PRE N=609	POST N=973	p	PRE N=673	POST N=979	p	PRE N=585	POST N=968	p
Naftalenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azenaftenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenantrenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Krisenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(b)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	0.17 (0.16; 0.19)	0.12 (0.11; 0.12)	<0.001	0.13 (0.12; 0.14)	0.12 (0.11; 0.13)	<0.001
Benzo(k)fluorantenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(a)pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dibenzo(a,h)antrazenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Benzo(g,h,i)perilenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	0.33 (0.27; 0.38)	0.22 (0.20; 0.25)	<0.001	0.21 (0.19; 0.23)	0.15 (0.14; 0.16)	<0.001	0.19 (0.17; 0.2)	0.17 (0.16; 0.19)	0.001
Indeno(1,2,3-c,d)pirenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	0.16 (0.14; 0.18)	0.13 (0.12; 0.14)	<0.001	0.16 (0.14; 0.17)	0.13 (0.12; 0.14)	<0.001	0.14 (0.13; 0.16)	0.16 (0.14; 0.17)	0.281
Azenaftilenoa PM _{2,5} ng/m ³	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Ez da konparaketarik egin emaitzen %70 baino gehiago kuantifikazio-mugatik behera aurkeztu duten kutsatzaileentzat.

5.1.1. PM_{2.5} partikulen aldaketaren ebaluazioa, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldirian, BACI metodologiaren bidez

BACI metodologiak, inguruneetan eginiko neurketen ibilbidea konparatzen du, perturbazioaren baten eraginpean egon aurretik eta ondoren, eta aztertutako perturbazioaren eraginpean ez dauden ondoko inguruneetan (kontrol-eremuak) erregistratutako neurketekin konparaketa egiten du. Horrelako azterlanak baliagarriak dira ingurumen-inpaktuak aztertzeko.

Gaur egun, denbora-serie sendoa dugu, hau da, bi urte osoko datuak ditugu GIGEBI martxan jarri aurreko aldirian, eta beste 2 urteko datuak, GIGEBI martxan jarri ondorengo aldirian. Kutsatzaile bakoitzaren aldaketaren ebaluazioa egin da, GIGEBI martxan jarri aurretik eta ondoren, BACI metodologia erabilita (before after control intervention, (Hannah S. Wauchope et al, 2021)).

Lagin-bilketa 2017ko irailean hasi bazen ere, azterketa honetarako 2018/01/01 eta 2022/09/30 bitartean bildutako datuak baino ez dira kontuan hartuko, eta hiru aldirian banatzen dira, GIGEBIren martxaren arabera:

- GIGEBI martxan jarri aurreko aldia: 2018/01/01-2020/02/06
- Konfinamenduarekin eta COVID19-aren murrizketekin bat datorren GIGEBI abiarazi eta martxan jarri zen aldia: 2020/02/07-2020/12/09
- GIGEBI martxan jarri ondorengo aldia, errendimendu osoan: 2020/12/01-2022/09/30

*** PM_{2.5}**

16. Taulan jasotzen dira PM_{2.5} partikulen balioen deskriptiboak, 2018/1/1-2022/09/30 aldirako, azterlaneko lau udalerrietan (Lasarte, Ordizia, Usurbil eta Urretxu).

16. Taula. PM_{2.5} partikulen deskriptiboak azterlaneko lau udalerrietan 2018ko urtarrila-2022ko iraila bitartean. Min = minimoa; Max = maximoa; IQR = Rango intercuartilico.

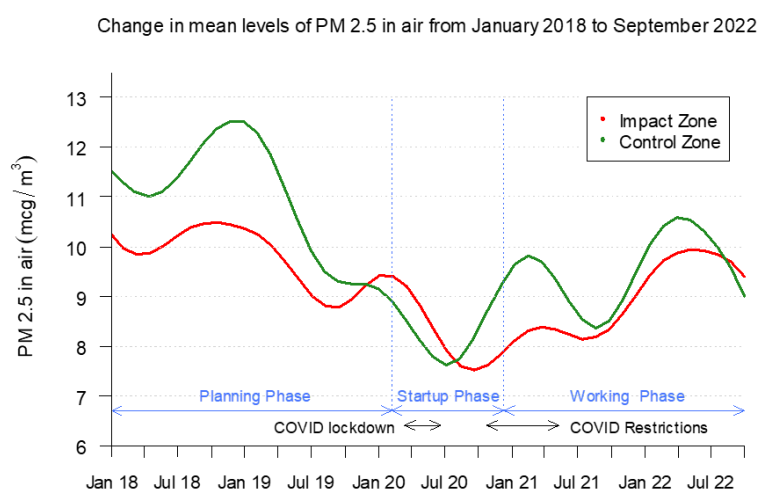
	n	Min	Max	Rango	Media	StDev	Mediana	IQR
PM _{2.5} (µg/m ³)	5999	1.00	68.00	67.00	9.67	5.38	8.00	6.00

17. Taulan jasotzen dira udalerriri eta azterketa-aldi bakoitzerako PM_{2.5} partikulen mailak. Lau udalerrietan partikula-mailak jaitsi egin dira 2. aldirian (GIGEBIren martxaren hasiera/martxan jartzea). Aldi hau konfinamenduarekin eta COVID-19aren murrizketekin bat dator. Beherakada nabarmenagoa izan da Ordizia eta Urretxun. Ondoren, GIGEBIren funtzionamendu-aldian, mailak goraka doaz, baina ez dira iritsi 2018ko mailetara.

17. Taula. Estatistiko deskribatzaileak. $PM_{2.5}$ partikulen kontzentrazioa $\mu g/m^3$ -tan udalerraren arabera (Lasarte, Usurbil, Ordizia eta Urretxu), 2018ko urtarrila 2022ko iraila bitartean. Min = minimoa; Max = maximo; IQR = Rango intercuartílico.

Neurketa puntua	Aldia	n	Min	Max	Rango	Media	Des.Est	Mediana	RIQ
Lasarte	GIGEBI aurretik	827	2.00	34.00	32.00	9.32	4.56	9.32	6.00
Lasarte	COVID/hasiera	230	1.00	26.00	25.00	7.59	3.81	7.59	4.00
Lasarte	GIGEBI ondoren	511	1.00	27.00	26.00	9.05	4.60	9.05	5.00
Ordizia	GIGEBI aurretik	851	2.00	36.00	34.00	12.04	5.88	12.04	7.00
Ordizia	COVID/hasiera	300	2.00	22.00	20.00	8.04	3.83	8.04	5.00
Ordizia	GIGEBI ondoren	501	2.00	57.00	55.00	9.75	5.26	9.75	6.00
Urretxu	GIGEBI aurretik	634	1.00	68.00	67.00	9.91	5.56	9.91	6.38
Urretxu	COVID/hasiera	221	2.00	23.00	21.00	7.39	3.84	7.39	5.00
Urretxu	GIGEBI ondoren	505	2.00	59.00	57.00	9.64	5.84	9.64	6.00
Usurbil	GIGEBI aurretik	653	1.00	56.00	55.00	10.5	5.93	10.5	7.00
Usurbil	COVID/hasiera	266	1.00	55.00	54.00	8.22	5.55	8.22	5.00
Usurbil	GIGEBI ondoren	500	2.00	41.00	39.00	9.08	5.34	9.08	6.00

Aztertutako bi eremuetako (eraginpeko- eta kontrol-eremua) $PM_{2.5}$ partikulen aldakortasuna denboran zehar, hiru aldietarako, kontrol-eremuan (Ordizia eta Urretxu) eta eraginpeko-eremuan (Lasarte eta Usurbil) dauden udalerrietan egindako neurketen eguneko batez bestekoak erabiliz kalkulatu da. Bi denbora-serie lortu dira, bata kontrol-eremuari dagokiona eta bestea eraginpeko-eremuari dagokiona (47. Grafikoa).

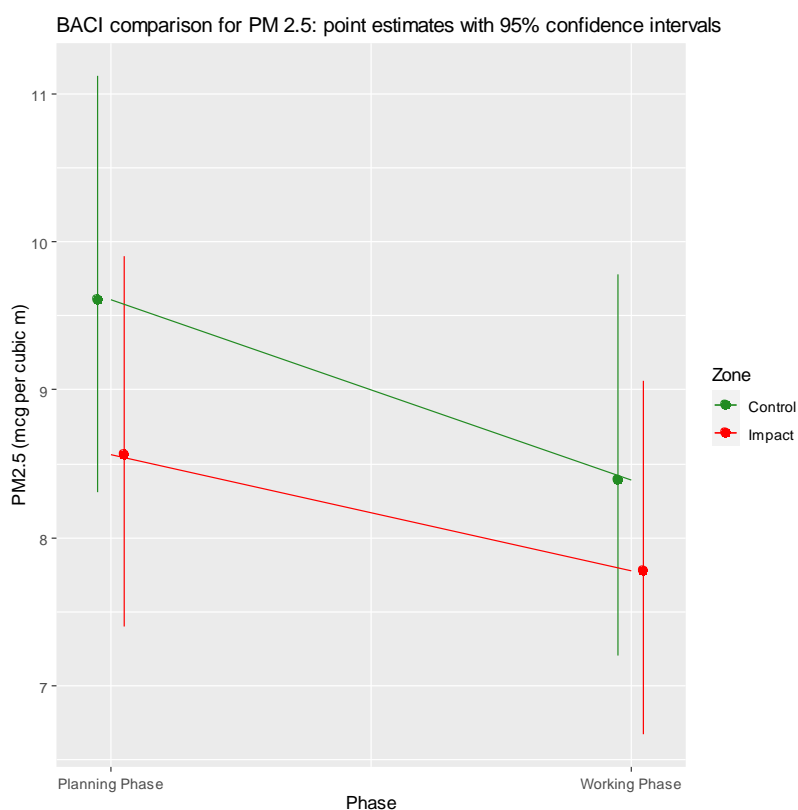


47. Grafikoa. $PM_{2.5}$ partikulen joera denboran zehar aztertutako bi eremuetan, 2018ko urtarrila eta 2020ko iraila bitartean.

Aztertutako aldian (2018-2022), partikulen mailek behera egin dute bi eremuetan (kontrol- eta eraginpeko-eremuan). Beherakadarik nabarmenena GIGEBIren abiarazte eta martxan jarri zen aldian gertatu da. Aldi hori bat dator COVID-19aren konfinamenduarekin eta murrizketekin (16. Taula). Beherakadaren arrazoia, besteak beste, enpresa batzuetan hartutako neurri

zuzentzaileak (<https://www.euskadi.eus/noticia/2021/los-niveles-niquel-aire-ambiente-ordizia-y-zaldibia-se-reducen-mas-90-gracias-medias-correctoras/web01-a2inguru/es/>), eta COVIDaren ondoriozko industria-jardueraren beherakada eta enpresen itxiera izan daiteke. PM_{2.5} partikulen urtaro-joera bat ikusten da bi eremuetan azterlaneko aldi osoan, balio maximoekin neguko aldiaren amaieran eta balio minimoekin udako aldiaren amaieran.

Azterketa eremu bakoitzean (eraginpeko- eta kontrol-eremua) PM_{2.5} partikulen beherakada zein neurritakoa izan den ezagutzeko, COVID-19aren konfinamendurekin eta murrizketekin bat datorren GIGEBIren abiarazte eta martxan jartze aldia alde batera utzi da, eta GIGEBI martxan jarri aurreko aldia konparatu da GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiarekin. 48. Grafikoan ikus daitezke PM_{2.5} partikulen batez bestekoak bi eremuetan (eraginpeko- eta kontrol-eremuan) bi aldietan.



48. Grafikoa. PM_{2.5} partikulen batez bestekoa GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldiaren eremu bakoitzean.

Abiapuntuko hipotesiak PM_{2.5} partikulen mailen aldaketa denboran zehar bi eremuetan antzekoa izan behar duela kontuan hartuz, 16. Taulan jasotzen den kontraste estatistikoa egin da. PM_{2.5} partikulen neurketa originalei Aurretik-Ondoren/kontrol-eremua-eraginpeko-eremua

azterketa aplikatzen diegu (48. Grafikoa, 18. Taula). Kontrastearen emaitzek erakusten dute ez dagoela alde esanguratsutik $PM_{2.5}$ partikulen batez besteko balioetan, ez eremuen artean (p -balioa=0.271), ez aldien artean (p -balioa=0.202). Hala ere, kontrol-eremuko partikula mailak esanguratsuki jaitsi dira eraginpeko-eremuarekin alderatuta (p -balioa=0.008). Arrazoa, Ingurumen Sailak GIGEBI martxan jarri aurreko aldiari aplikatutako neurri zuzentzaileetan egon daiteke (<https://www.euskadi.eus/noticia/2021/los-niveles-niquel-aire-ambiente-ordizia-y-zaldibia-se-reducen-mas-90-gracias-medias-correctoras/web01-a2inguru/es/>).

18. Taula. Kontraste estatistikoaren emaitzak, BACI

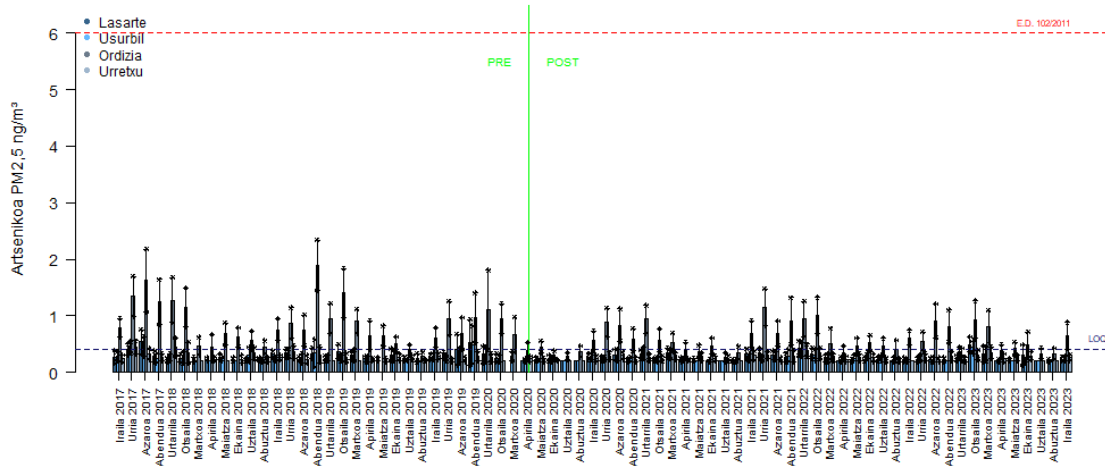
Hypothesis testing	SS	MS	df	F-value	p-value (> F)
Zona	0.128	0.128	(1, 2.0)	2.3	0.271
Periodo	0.101	0.101	(1, 13.9)	1.8	0.202
Zona*Periodo	0.392	0.392	(1, 3192.6)	6.9	0.008

5.2. $PM_{2.5}$ partikulei lotutako traza-elementuak

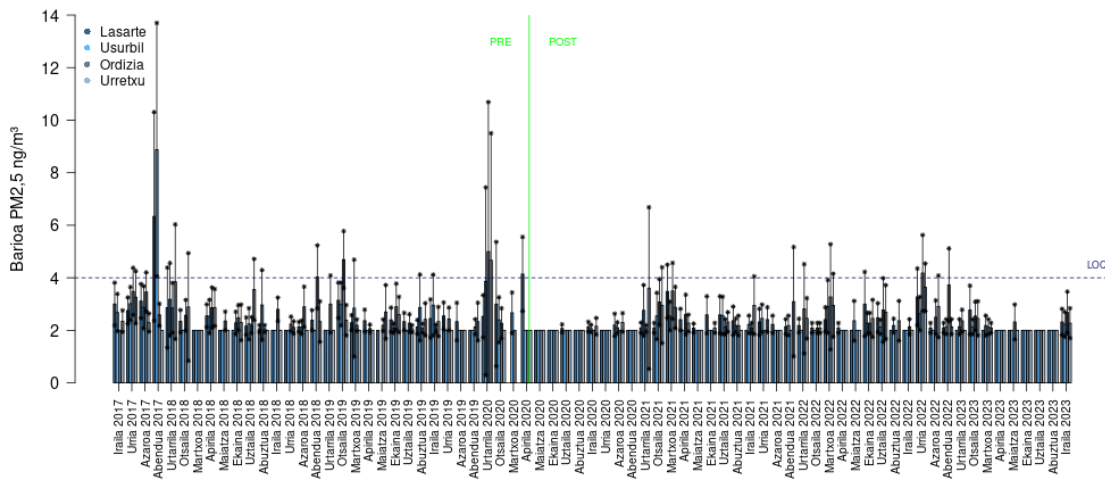
14. Taulan, $PM_{2.5}$ partikulei lotutako traza-elementuen kontzentrazioen balio maximoak agertzen dira, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldiari. GIGEBI martxan jarri ondorengo fasean, martxan jarri aurreko faseko balio maximoa gainditu zuten manganesoak, burdinak, nikelak, kobreak, zinkak, selenioak, kadmioak, berunak eta merkurioak Lasarten; burdinak, selenioak, kadmioak, zeriak, berunak, paladioak eta merkurioak Usurbilen; zeriak Ordizian; eta kromoak, burdinak, kobaltoak, selenioak, barioak eta paladioak Urretxun.

49-64. Grafiketan ikus daitekeenez, GIGEBI martxan jarri aurreko aldiari zein ondorengo aldiari, udaberri eta udaran mailak udazkenean eta neguan baino baxuagoak izan ziren.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

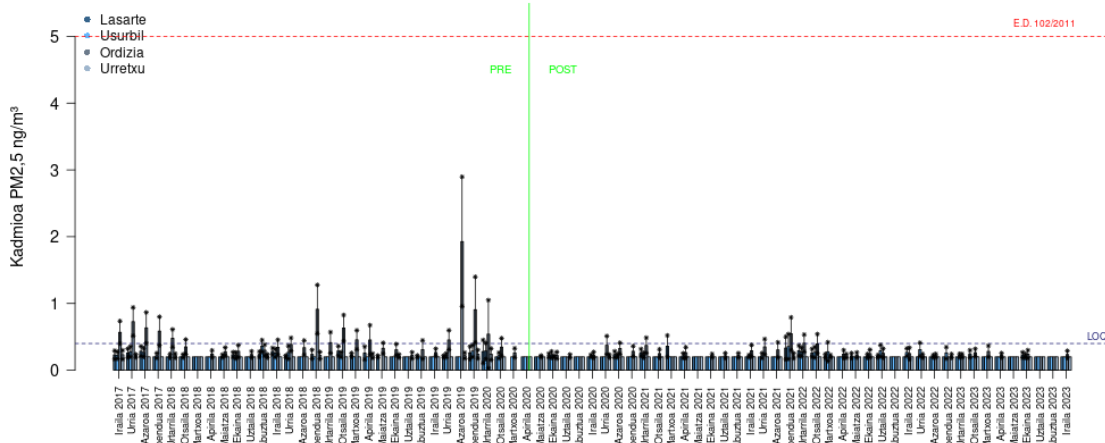


49. Grafikoa. Artsenikoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

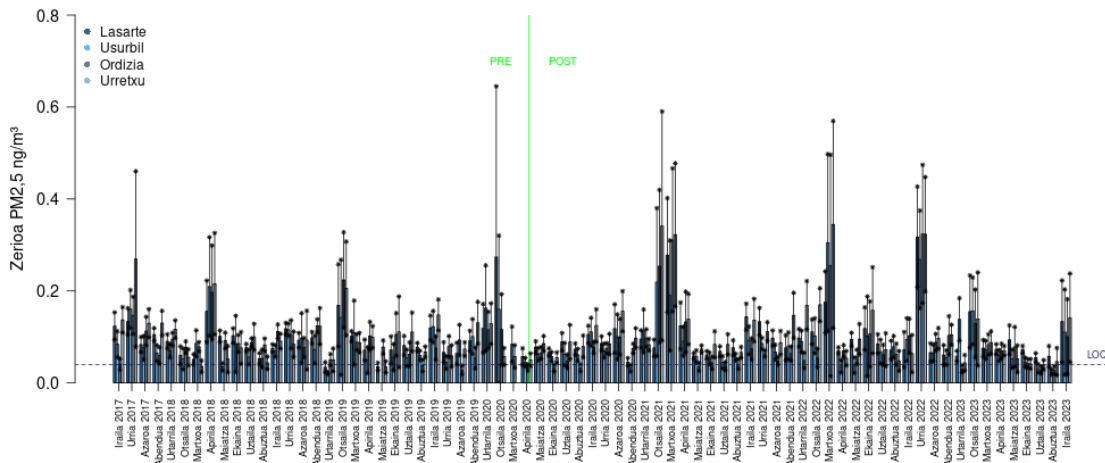


50. Grafikoa. Barioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



51. Grafikoa. Kadmioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.



52. Grafikoa. Zerioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

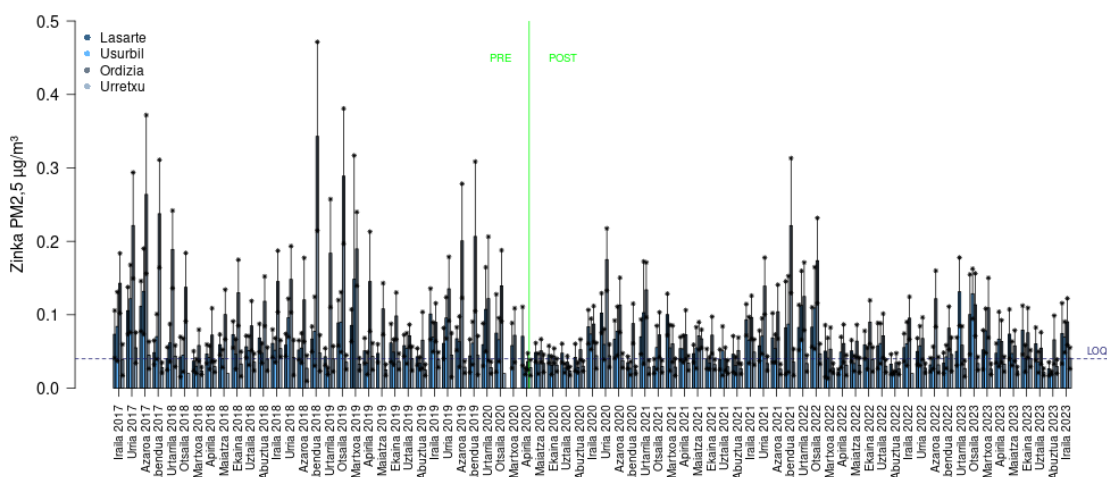
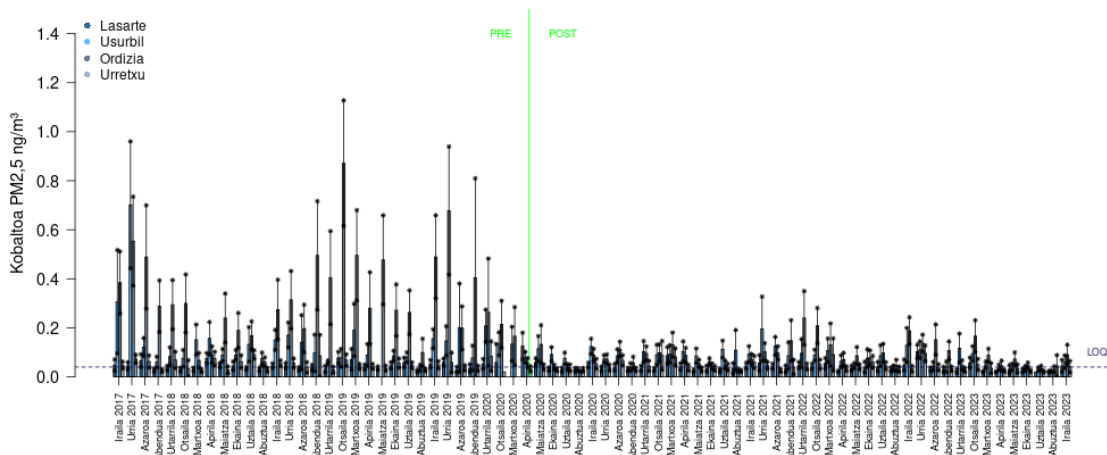
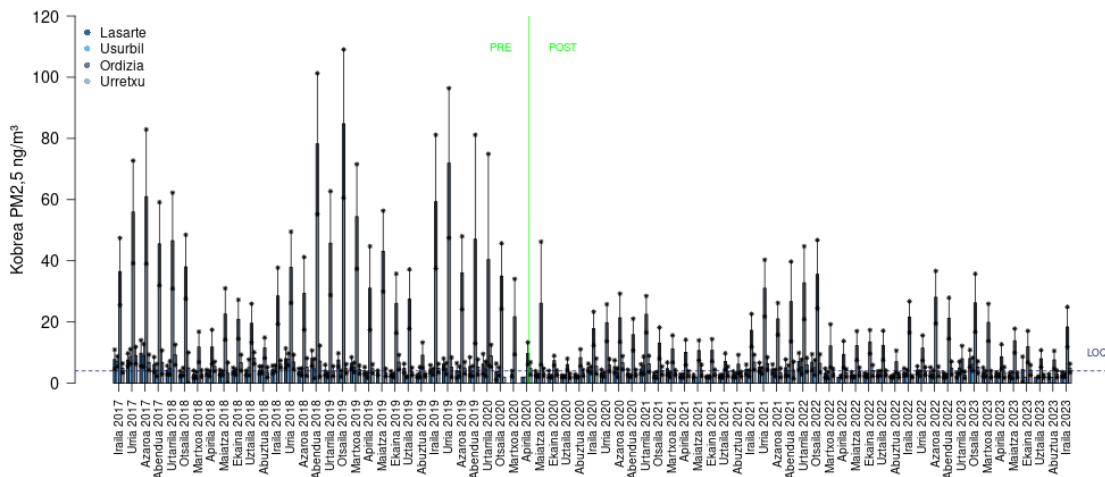


Figura 53. Zinkaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

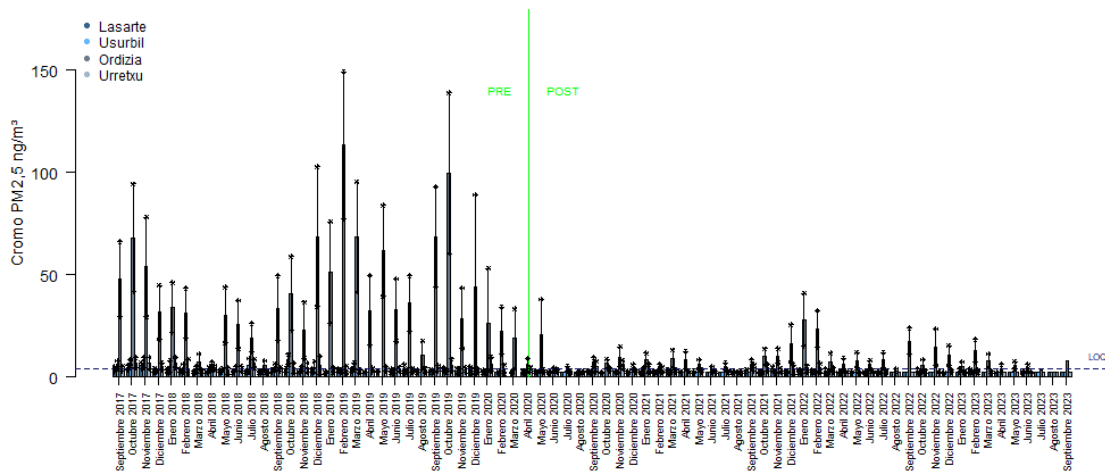


54. Grafikoa. Kobaltoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

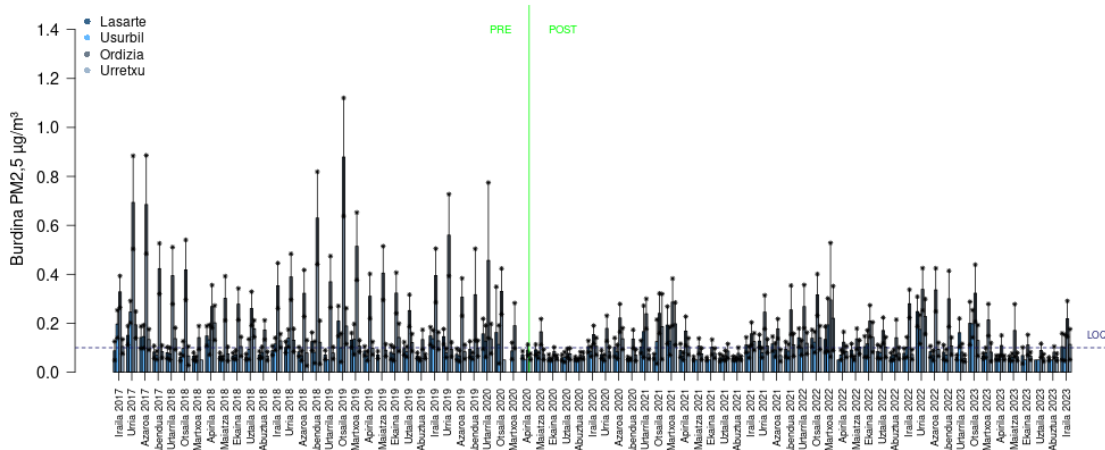


55. Grafikoa. Kobreakin kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

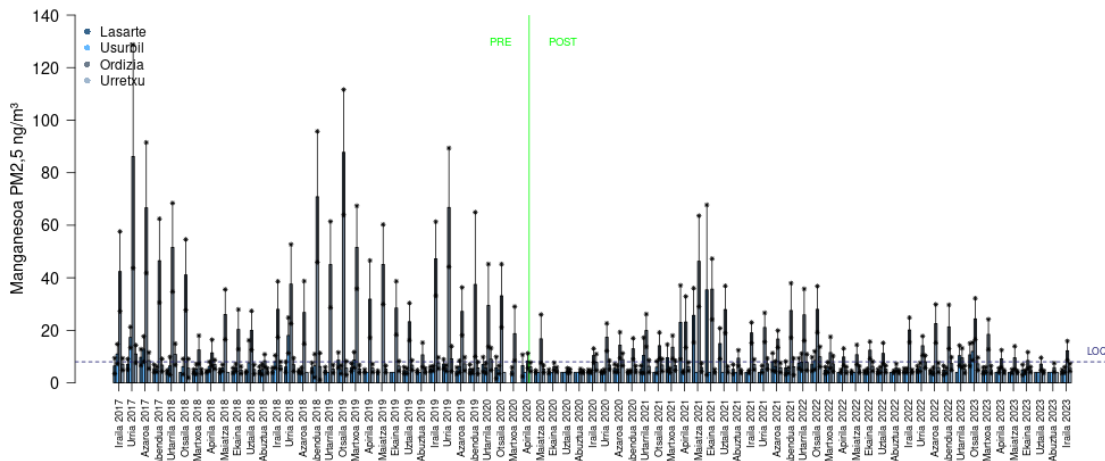


56. Grafikoa. Kromoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

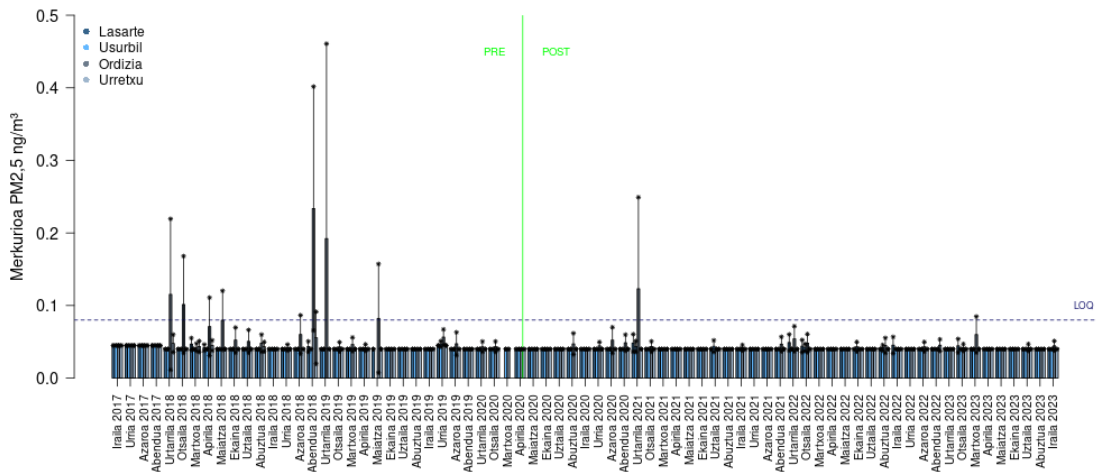


57. Grafikoa. Burdinaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

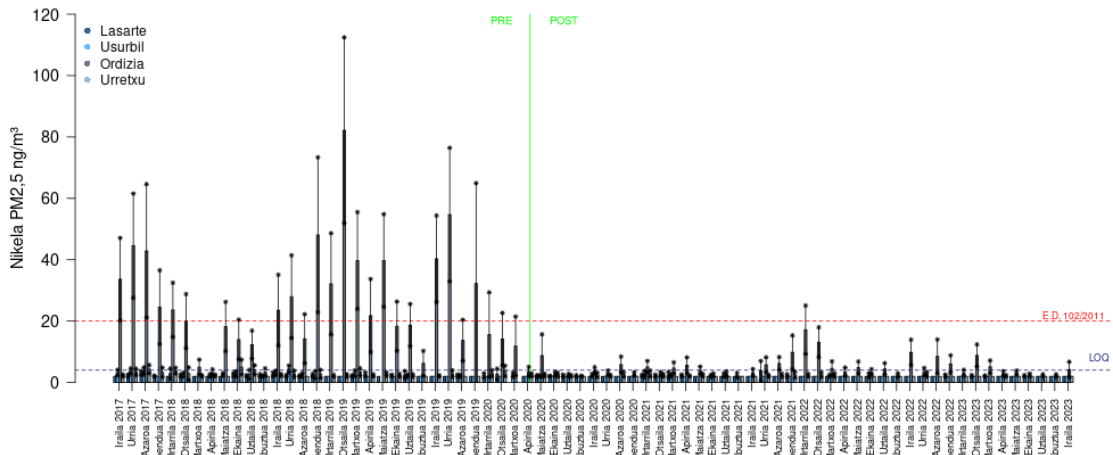


58. Grafikoa. Manganeseoren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

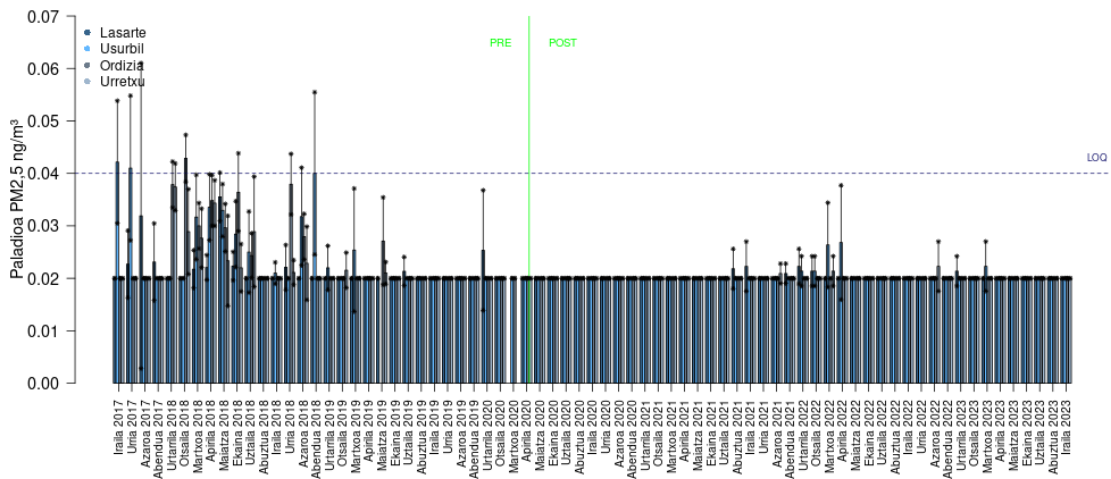


59. Grafikoa. Merkurioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

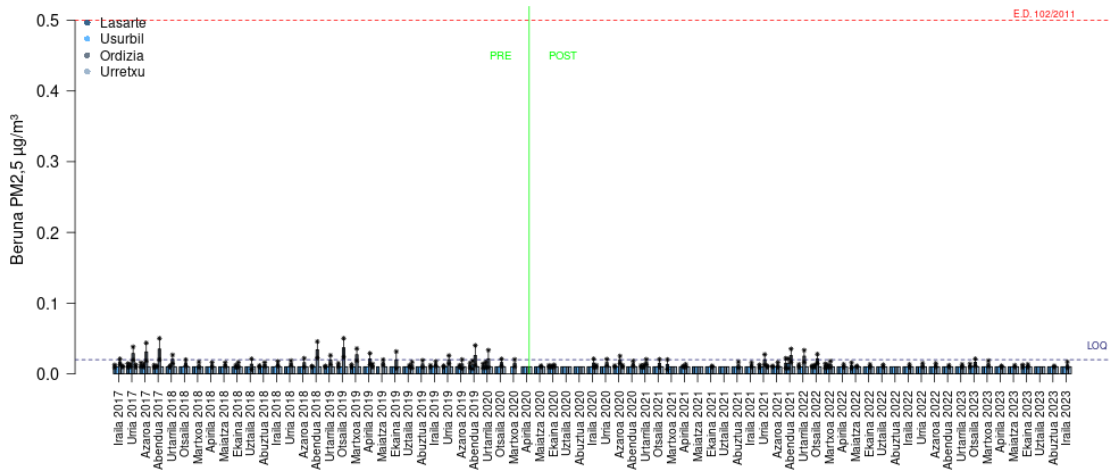


60. Grafikoa. Nikelaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

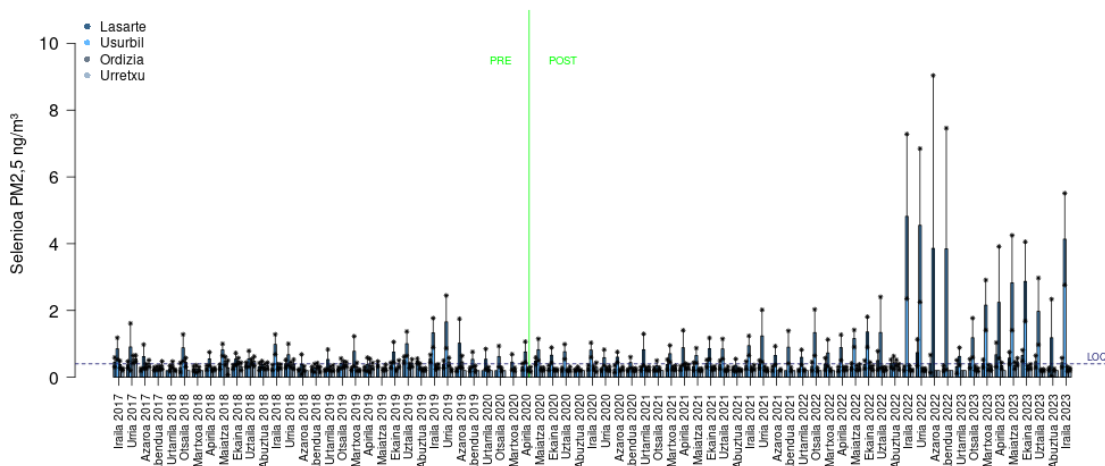
1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



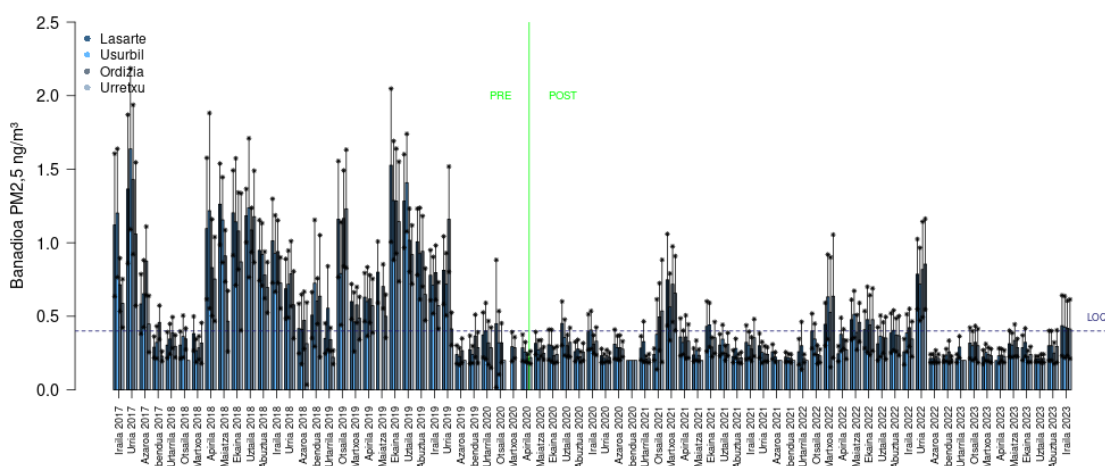
61. Grafikoa. Paladioaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.



62. Grafikoa. Berunaren kontzentrazioa airean ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.



63. Grafikoa. Selenioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.



64. Grafikoa. Banadioaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

PM_{2,5} partikulei lotutako traza-elementuan batez besteko balioak kalkulatu dira 4 udalerrietan GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian, kuantifikazio-mugatik behera dauden laginen ehunekoa (%<LOQ) %70 baino gutxiago izan zen kasuetan (15. Taula).

GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldiak neurtutako traza-elementuen batez besteko balioak alderatzen direnean, beherakada orokorra ikusten da azterlaneko 4 udalerrietan. Beherakadarik handiena Ordizian ikusi da, non metal guztien kontzentrazioak nabarmen murriztu diren, bereziki Cr, Mn, Fe, Co, Ni eta Cu-aren kasuan, zeinen kontzentrazioak erdia baino gehiago jaitsi diren. Usurbilen, selenioa izan da GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiak kontzentrazio altuagoak izan dituen elementua.

Metalen erantzunak PM_{2.5} partikulei lotutako elementu guztien ehunekoetan adierazten direnean (19. Taula), V, Cr eta Cu-aren ehunekoa jaitsi egin dela erakusten dute eraginpeko-eremuan (Lasarte eta Usurbil). Aldiz, Mn-aren ehunekoak Lasarten, eta Se eta Pb-aren ehunekoak Usurbilen gora egin dute. Lasarten, aztertutako metal guztien ehunekoa baxuagoa da GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiak, martxan jarri aurreko aldiak baino. Nahiz eta, Ni, Cr, Cd eta Mn-aren ehunekoak batura soilik kontuan hartzen denean kontrako gertatzen den.

Kontrol-eremuan, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn eta Cd-aren ehunekoak behera egin dute Ordizian, eta Ba-aren ehunekoak berriz, gora. Urretxun, V, Cr, Fe, Cu eta Se-aren ehunekoak behera egin dute. Horrela, PM_{2.5} partikulei lotutako aztertutako metal guztien ehunekoak baturak behera egin du bi udalerrietan GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiak.

1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

19. Taula. Metalen eta HAPen ehuneko batez bestekoak (%95KT), aztertutako lau udalerrietan, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian. Balio esanguratsuki handiagoak laranja adierazi dira, eta esanguratsuki txikiagoak berdez.

batezbestekoa (%95KT)	Lasarte		Usurbil		Ordizia		Urretxu	
	PRE N=782	POST N=994	PRE N=613	POST N=977	PRE N=837	POST N=996	PRE N=590	POST N=982
Banadioa	0.009 (0.008; 0.009)	0.004 (0.004; 0.004)	0.008 (0.007; 0.009)	0.004 (0.004; 0.004)	0.007 (0.006; 0.007)	0.003 (0.003; 0.004)	0.006 (0.006; 0.007)	0.004 (0.003; 0.004)
Kromoa	0.036 (0.034; 0.038)	0.032 (0.030; 0.033)	0.040 (0.038; 0.043)	0.031 (0.029; 0.033)	0.318 (0.291; 0.344)	0.085 (0.078; 0.092)	0.047 (0.044; 0.050)	0.036 (0.034; 0.037)
Manganesoa	0.065 (0.062; 0.067)	0.091 (0.079; 0.103)	0.073 (0.069; 0.077)	0.071 (0.062; 0.080)	0.299 (0.280; 0.318)	0.175 (0.163; 0.187)	0.076 (0.072; 0.080)	0.070 (0.068; 0.073)
Burdina	1.115 (1.070; 1.160)	1.058 (1.016; 1.100)	1.017 (0.967; 1.067)	1.043 (0.926; 1.159)	3.063 (2.933; 3.193)	1.815 (1.743; 1.888)	1.188 (1.136; 1.240)	1.049 (1.014; 1.085)
Kobaltoa	0.001 (0.000; 0.001)	0.000 (0.000; 0.000)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.003 (0.002; 0.003)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.000; 0.001)	0.000 (0.000; 0.000)
Nikela	0.029 (0.028; 0.031)	0.030 (0.029; 0.031)	0.029 (0.028; 0.031)	0.031 (0.029; 0.033)	0.203 (0.185; 0.221)	0.052 (0.049; 0.056)	0.033 (0.031; 0.035)	0.029 (0.028; 0.031)
Kobrea	0.056 (0.053; 0.059)	0.044 (0.042; 0.047)	0.046 (0.043; 0.049)	0.038 (0.035; 0.042)	0.302 (0.284; 0.320)	0.168 (0.158; 0.178)	0.058 (0.054; 0.062)	0.047 (0.045; 0.050)
Zinka	0.751 (0.700; 0.802)	0.722 (0.677; 0.767)	0.646 (0.602; 0.689)	0.675 (0.581; 0.769)	1.203 (1.133; 1.272)	0.937 (0.887; 0.987)	0.424 (0.396; 0.452)	0.406 (0.387; 0.424)
Artsenikoa	0.003 (0.003; 0.004)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.007 (0.006; 0.007)	0.006 (0.006; 0.007)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)
Selenioa	0.004 (0.004; 0.004)	0.004 (0.004; 0.005)	0.008 (0.007; 0.008)	0.015 (0.013; 0.017)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.004 (0.004; 0.004)	0.003 (0.003; 0.003)
Kadmioa	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.004 (0.004; 0.004)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)	0.003 (0.003; 0.003)
Barioa	0.032 (0.029; 0.036)	0.031 (0.030; 0.032)	0.034 (0.028; 0.040)	0.031 (0.030; 0.032)	0.025 (0.024; 0.026)	0.029 (0.028; 0.030)	0.030 (0.028; 0.032)	0.030 (0.029; 0.032)
Zerioa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Beruna	0.137 (0.133; 0.142)	0.147 (0.142; 0.153)	0.129 (0.123; 0.135)	0.149 (0.143; 0.155)	0.168 (0.159; 0.177)	0.162 (0.156; 0.169)	0.138 (0.130; 0.145)	0.138 (0.134; 0.143)
Paladioa	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)	0.000 (0.000; 0.000)
Merkurioa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.000; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Nikela + Kromoa + Kadmioa + Manganesoa	0.133 (0.128; 0.138)	0.156 (0.143; 0.168)	0.145 (0.138; 0.152)	0.136 (0.124; 0.149)	0.824 (0.762; 0.885)	0.316 (0.297; 0.335)	0.159 (0.151; 0.167)	0.138 (0.134; 0.143)
Batura	2.243 (2.159; 2.327)	1.886 (1.805; 1.967)	1.914 (1.822; 2.005)	1.801 (1.605; 1.997)	5.604 (5.363; 5.844)	2.986 (2.856; 3.117)	1.935 (1.850; 2.020)	1.568 (1.510; 1.626)
	PRE N=608	POST N=973	PRE N=609	POST N=973	PRE N=673	POST N=979	PRE N=585	POST N=968
Naftalenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Azenaftenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Fluorenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Fenantrenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Antrazenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Fluorantenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Pirenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Benzo(a)antrazenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Krisenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Benzo(b)fluorantenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)
Benzo(k)fluorantenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Benzo(a)pirenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)
Dibenzo(a,h)antrazenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Benzo(g,h,i,j)perilenoa	0.002 (0.002; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.003 (0.003; 0.004)	0.003 (0.002; 0.003)	0.002 (0.002; 0.002)	0.002 (0.002; 0.002)	0.002 (0.002; 0.002)	0.002 (0.002; 0.002)
Indeno(1,2,3-c,d)pirenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.002 (0.002; 0.002)	0.002 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.002 (0.002; 0.002)	0.002 (0.002; 0.002)
Azenaftilenoa	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.002)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)	0.001 (0.001; 0.001)
Batura	0.012 (0.011; 0.013)	0.012 (0.011; 0.012)	0.016 (0.015; 0.017)	0.014 (0.013; 0.015)	0.011 (0.011; 0.012)	0.013 (0.012; 0.013)	0.016 (0.015; 0.016)	0.014 (0.013; 0.014)
Batura Totala elementuan %-koa	2.255 (2.171; 2.340)	1.898 (1.817; 1.979)	1.930 (1.838; 2.021)	1.815 (1.619; 2.011)	5.615 (5.375; 5.856)	2.999 (2.868; 3.130)	1.951 (1.866; 2.036)	1.582 (1.524; 1.640)

5.2.1. BACI metodologiaren bidezko konparazioa PM_{2.5} partikulei lotutako traza-elementuentzat

20. Taulan jasotzen dira PM_{2.5} partikulei lotutako 16 elementuen balioen deskriptiboak, 2018/1/1-2022/09/30 aldirako, azterlaneko lau udalerrietan (Lasarte, Ordizia, Usurbil eta Urretxu).

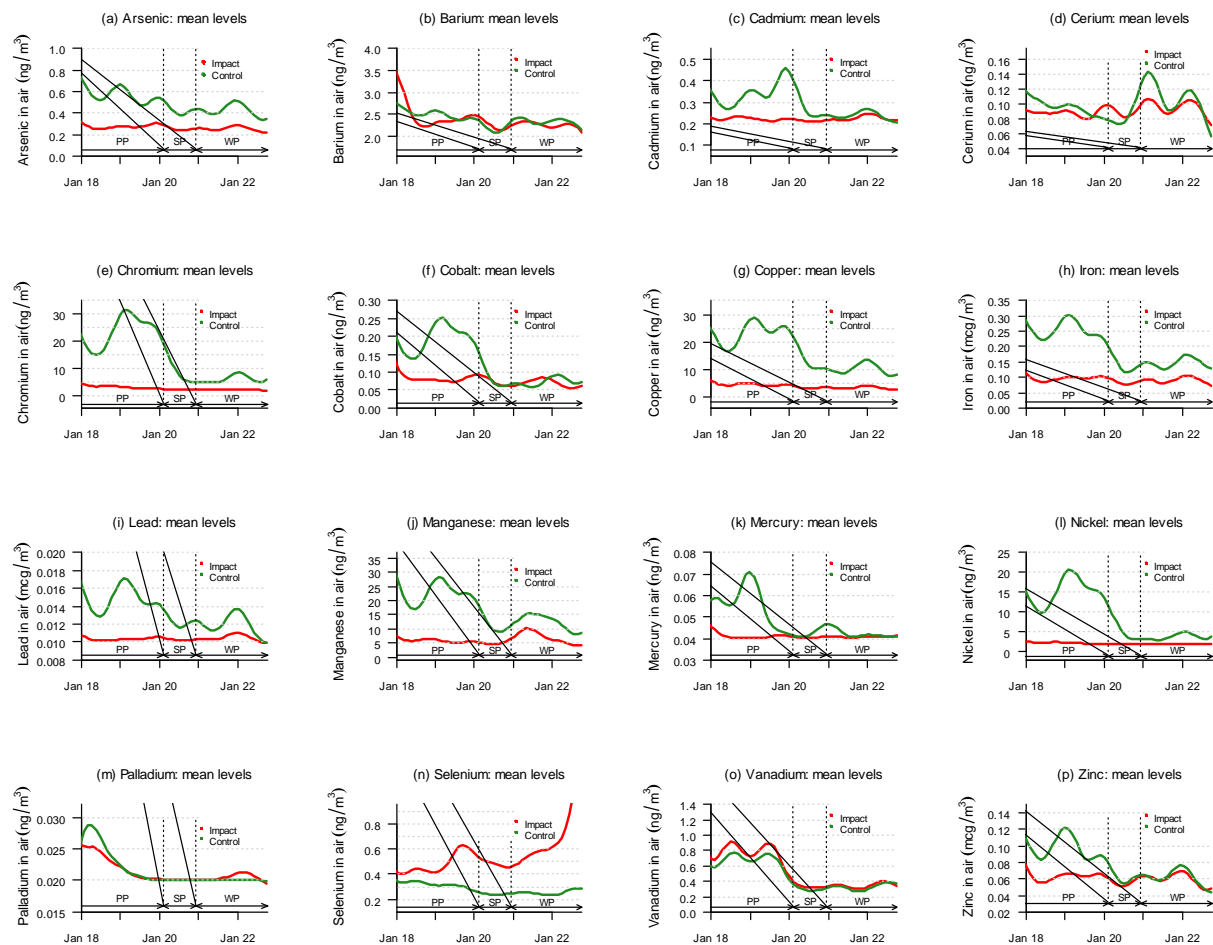
20. Taula. Partikulei lotutako elementuen deskriptiboak azterlaneko lau udalerrietan, 2018ko urtarrila 2022ko iraila bitartean. Min = minimoa; Max = maximoa; IQR = Rango intercuartílico.

	n	Min	Max	Rango	Media	StDev	Mediana	IQR
Arsénico (ng/m ³)	5911	0.20	5.12	4.92	0.40	0.46	0.20	0.20
Bario (ng/m ³)	5911	2.00	66.55	64.55	2.42	2.11	2.00	0.00
Cadmio (ng/m ³)	5911	0.20	6.60	6.40	0.27	0.29	0.20	0.00
Cerio (ng/m ³)	5911	0.02	3.03	3.01	0.10	0.13	0.07	0.06
Cromo (ng/m ³)	5911	2.00	425.00	423.00	9.49	26.73	2.00	3.00
Cobalto (ng/m ³)	5911	0.02	3.03	3.01	0.11	0.21	0.05	0.08
Cobre (ng/m ³)	5910	2.00	299.99	297.99	11.07	22.39	4.00	7.00
Hierro (µg/m ³)	5911	0.05	2.40	2.35	0.15	0.20	0.05	0.15
Plomo (µg/m ³)	5911	0.01	0.18	0.17	0.01	0.01	0.01	0.00
Manganeso (ng/m ³)	5911	4,00	605.45	601.45	12.42	23.56	4,00	7.00
Mercurio (ng/m ³)	5609	0.04	4.11	4.07	0.05	0.08	0.04	0.00
Niquel (ng/m ³)	5910	2.00	298.00	296.00	6.29	17.69	2,00	0.00
Paladio (ng/m ³)	5609	0.02	0.13	0.11	0.02	0.01	0.02	0.00
Selenio (ng/m ³)	5911	0.20	19.30	19.10	0.41	0.66	0.20	0.30
Vanadio (ng/m ³)	5909	0.20	5.85	5.65	0.52	0.58	0.20	0.40
Zinc (µg/m ³)	5911	0.02	1.25	1.23	0.07	0.09	0.04	0.07

Cr, Cu, Mn eta Ni-a dira aztertutako metalen artean kontzentrazio altuenak dituzten metalak. Honek, metalurgia-industriak airearen kalitatean duen eragin handia adierazten du.

Aزتتutako bi eremuetako (eraginpeko- eta kontrol-eremua) PM_{2.5} partikulei lotutako elementuen aldakortasuna denboran zehar, hiru aldietarako, kontrol-eremuan (Ordizia eta Urretxu) eta eraginpeko-eremuan (Lasarte eta Usurbil) dauden udalerrietan egindako neurketen eguneko batez bestekoak erabiliz kalkulatu da. Bi denbora-serie lortu dira, bata kontrol-eremuari dagokiona eta bestea eraginpeko-eremuari dagokiona (65. Grafikoa).

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko espazioaren ebaluazioa



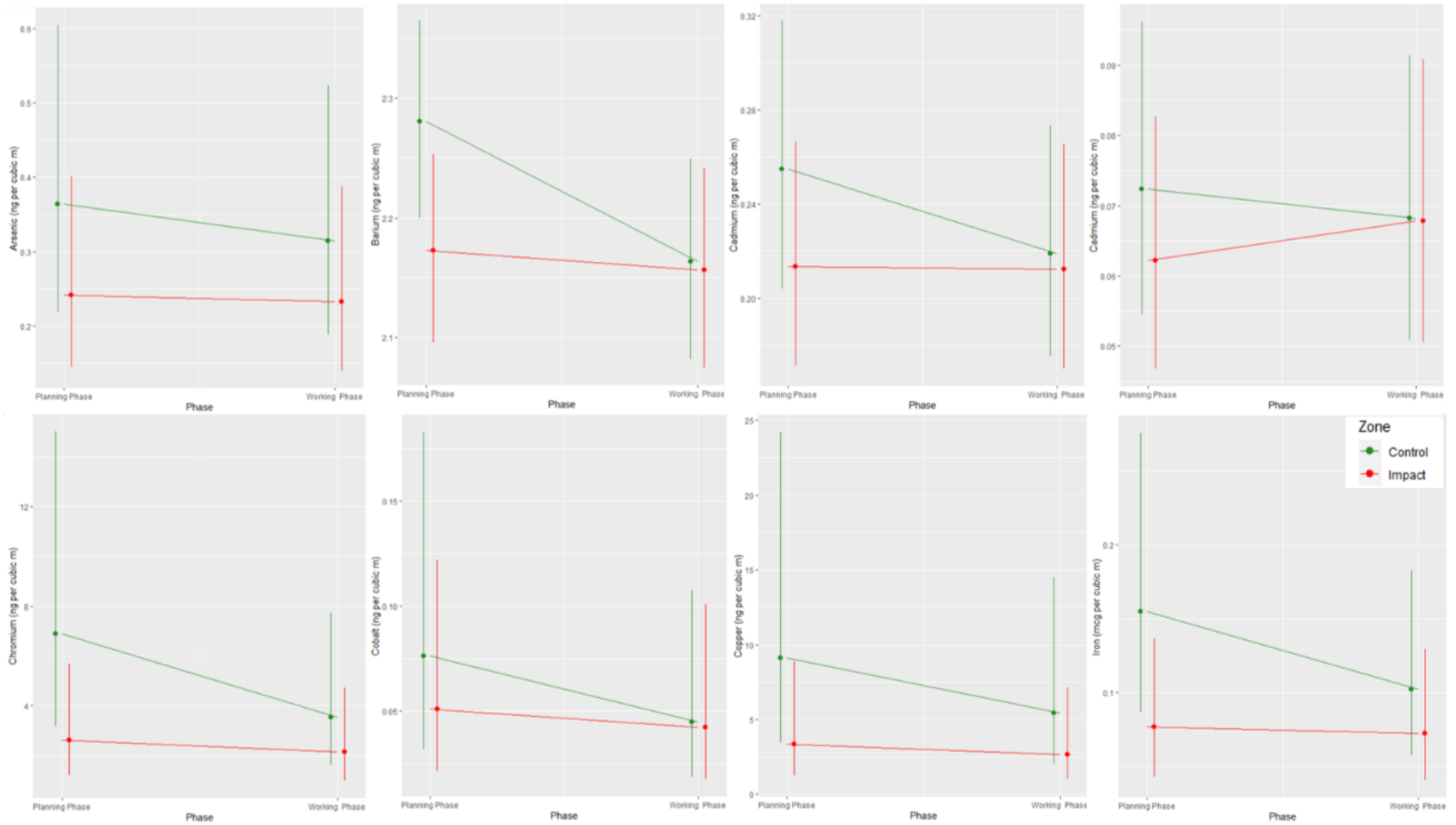
65. Grafikoa. Arsenikoaren, barioaren, kadmioaren, zerioaren, kromoaren, kobaltoaren, kobreakaren, burdinaren, berunaren, manganesoaren, merkurioaren, nikelaren, paladioaren, selenioaren, banadioaren eta zinkaren joera denboran zehar aztertutako bi eremuetan, 2018ko urtarrila eta 2020ko iraila bitartean.

Metal eta ez-metalen kasuan, $PM_{2.5}$ partikulen antzeko urtarokotasuna ikusten da horietako gehienetan, nahiz eta kasu batzuetan joera desberdina izan daitekeen haien artean edo $PM_{2.5}$ partikulekin alderatuz gero. Honek zerikusia izan dezake elementu hauekin lotutako industria-prozesuetan denboran zehar gerta daitezkeen aldaketekin. Kromoaren, kobaltoaren, kobreaken, burdinaren, berunaren, manganesoaren, nikelaren eta zinkaren patroiak antzekoak dira, GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian, kontrol-eremuan, beherakada bat ikusten da, $PM_{2.5}$ partikulen beherakadaren arrazoi bereberekin azal daitekeena. Gainerako traza-elementuek, hala nola banadioak, paladioak, zerioak eta artsenikoak, antzera jokatzen dute bi eremuetan, urtarokotasun berarekin, baina, Ar eta Ce-ren kasuan kontzentrazioak altuagoak dira kontrol-eremuan.

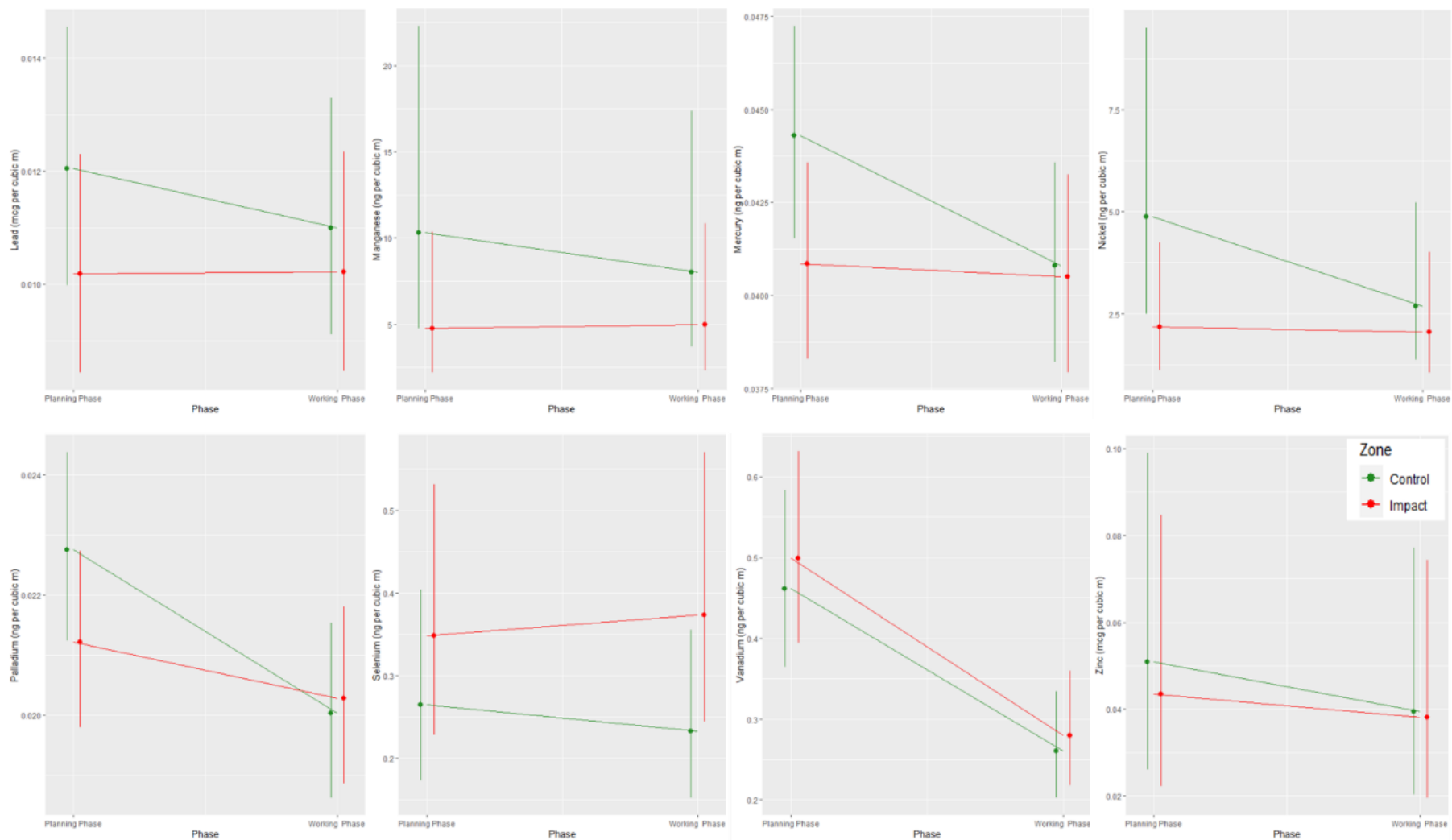
Selenioa da eraginpeko-eremuan gora egin duen elementu bakarra kontrol-eremuarekin alderatuta GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian. Kasu honetan, selenioaren iturria identifikatu behar da, bai eta kontzentrazioaren igoera GIGEBI martxan jarri aurretik zegoen iturri bati egotz dakioken ere.

Azterlaneko eremuetan (eraginpeko- eta kontrol-eremuan) "interbentzioak" (GIGEBI martxan jartzeak) duen eragina ebaluatzeko, $PM_{2.5}$ partikulekin egindako prozedura bera burutu da. 66. Grafikoan $PM_{2.5}$ partikulei lotutako elementuen batez bestekoak agertzen dira bi eremuetan (eraginpeko- eta kontrol-eremuan), GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldietan.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



66. Grafikoa. PM_{2.5} partikulei lotutako elementuen batez bestekoa GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian eremu bakoitzean.

Traza-elementu bakoitzarentzako BACI efektuen estimazio puntualak (21. Taula) negatiboak dira ia elementu guztientzat. Horrek esan nahi du, kutsatzailea gutxitu edo gehitu egin dela proportzio txikiagoan, bi aldien artean, eraginpeko-eremuan kontrol-eremuarekin alderatuta; izan ere, elementu bakoitzaren kontzentrazioaren diferentzia eraginpeko eta kontrol-eremuaren artean handiagoa da “interbentzioaren” ondoren aurretik baino. Banadioa da estimazioa puntual positiboa duen elementu bakarra, nahiz eta hau ez izan esanguratsua, eta berdin jokatu bi eremuetan.

21. Taula. Kontraste estatistikoaren erantzunak, BACI PM_{2.5} partikulei loturiko elementuentzat

Variable	Punto estimado	95% Límite inferior	95% Límite superior	df	F	p-valor
Arsenico (ng m ⁻³)	-0.04	-0.07	-0.02	(1, 3269.5)	154.792	<0.0001
Bario (ng m ⁻³)	-0.10	-0.10	-0.10	(1, 3320.6)	75.623	0.00599
Cadmio (ng m ⁻³)	-0.03	-0.04	-0.03	(1, 3409.4)	419.893	<0.0001
Cerio (ng m ⁻³)	-0.01	-0.01	-0.01	(1, 3222.9)	190.587	<0.0001
Cromo (ng m ⁻³)	-2.90	-6.33	-1.33	(1, 3365.7)	1.067.671	<0.0001
Cobalto (ng m ⁻³)	-0.02	-0.05	-0.01	(1, 3256.8)	641.999	<0.0001
Cobre (ng m ⁻³)	-3.01	-7.97	-1.13	(1, 3256.5)	548.905	<0.0001
Hierro (µg m ⁻³)	-0.05	-0.09	-0.03	(1, 3206.1)	1.405.044	<0.0001
Plomo (µg m ⁻³)	0.00	0.00	0.00	(1, 3394.3)	266.361	<0.0001
Manganeso (ng m ⁻³)	-2.52	-5.44	-1.17	(1, 3327.2)	604.556	<0.0001
Mercurio (ng m ⁻³)	0.00	0.00	0.00	(1, 2802.3)	276.196	<0.0001
Níquel (ng m ⁻³)	-2.08	-4.05	-1.06	(1, 4416.1)	1.665.621	<0.0001
Paladio (ng m ⁻³)	0.00	0.00	0.00	(1, 4419.3)	572.464	<0.0001
Selenio (ng m ⁻³)	-0.06	-0.09	-0.04	(1, 3342.9)	369.754	<0.0001
Vanadio (ng m ⁻³)	0.02	0.01	0.02	(1, 3107.84)	0.1101	0.74006
Zinc (µg m ⁻³)	-0.01	-0.01	0.00	(1, 3253.7)	84.503	0.00368

Azterlanaren aldian bi esku-hartze egin ziren (“nikelaren interbentzioa” deiturikoa kontrol-eremuan eta GIGEBI martxan jartzea eraginpeko-eremuan), eta horrek zaildu egiten du ikerketaren estimazioak GIGEBIri bakarrik egoztea. *Zein interbentziori egotzi ahal dizkiogu ikusitako patroiak?* galderari erantzun ahal izateko, bi hipotesi edo agertoki planteatzen dira nikelaren, kobreaken, burdinaren, kobaltoaren, manganesoaren eta, beharbada, antzeko patroia duten beste kutsatzaile batzuen denbora-serieak azaltzen saiatzeko. Lehengo hipotesiaren arabera, egindako esku-hartzeak kontrol-eremuari bakarrik eragiten dio, eta ez eraginpeko-eremuari. Beraz, BACI efektu negatiboak (ikusitako nikelaren, kobreaken, burdinaren, kobaltoaren, manganesoaren, etab.-en mailen jaitsiera), kontrol-eremuan dauden bi enpresetan egindako esku-hartzeari egotzi beharko litzaioke, kutsatzaile horiek airearen kalitateari eraginik ez eginez eraginpeko-eremuan, bi aldietako lerro ia horizontalaren bidez agerian geratuz. Baina, egindako interbentzioak bi eremuei eragin bazien, suposatuz beharko genuke, GIGEBI martxan jartzeak ere eragina izan zezakeela nikelaren, kobreaken, burdinaren, kobaltoaren, manganesoaren, etab.-en igoeran bi eremuetan. Kasu horretan, BACI-ren efektu

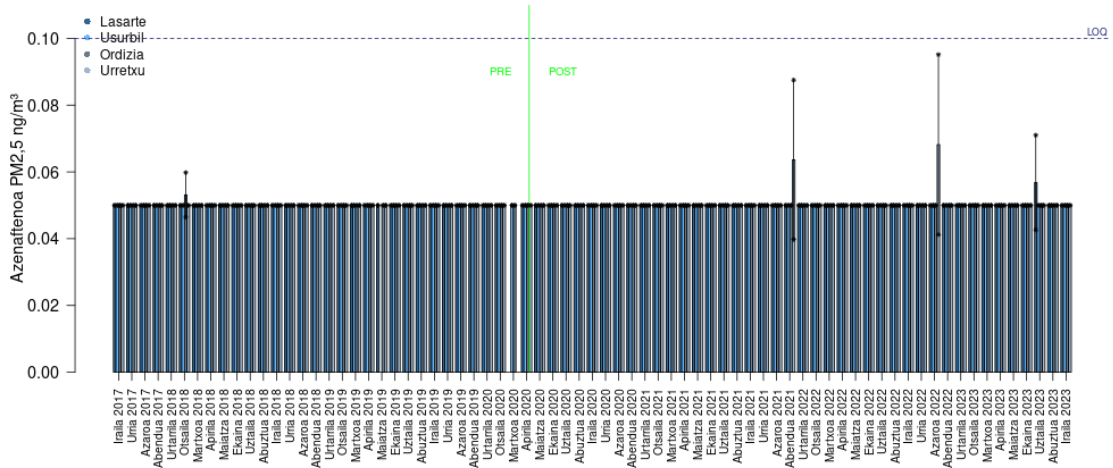
negatiboa bi eremuetan bi esku-hartzeen konbinazioari egotzi beharko litzaioke, baina nikelaren beherakada nabarmenagoa izan beharko litzateke kontrol-eremuan. Baina, nikelaren murrizketa ez da ikusi eraginpeko-eremuan, kontrol-eremuan bakarrik ikusi da. Horregatik, lehenengo agertokia onargarriena da. Airearen kutsatzaileekiko esposizioari dagokionez, bi eremuek portaera desberdinak dituztenez konposatu guztientzat, banadioarentzat izan ezik, Eusko Jaurlaritzako Ingurumena Kudeatzeko Zuzendaritzak azterketa bat egin zuen nikelaren emisioen iturria identifikatzeko. Hasiera batean, enpresa bat identifikatu zen balizko emisio iturri gisa, baina nikelaren emisioak murrizteko egindako esku-hartzeak emisio-maila oso gutxi murriztu zuen. Horregatik, ikerketa udalerrri mugakideetara zabaldu zen, beste iturri posible batzuk identifikatzeko. Horrela, bigarren enpresa bat identifikatu zen emisio-iturri posible gisa, eta beste esku-hartze bat egin zen nikelaren emisioak murrizteko. Ondorioz, nikelaren mailak nabarmen jaitsi ziren. Bi enpresa horietatik 2km-tara kokatutako aire-kaptadore finko batean neurtutako nikel-mailek ez zuten nikel-maila alturik identifikatu, ez bi enpresetan egin ziren interbentzioen aurretik, ez ondoren. Beraz, litekeena da interbentzioak 26km-tara kokatzen den eraginpeko-eremuan eraginik ez izatea.

5.3. Hidrokarbuero Aromatiko Poliziklikoak (HAPak)

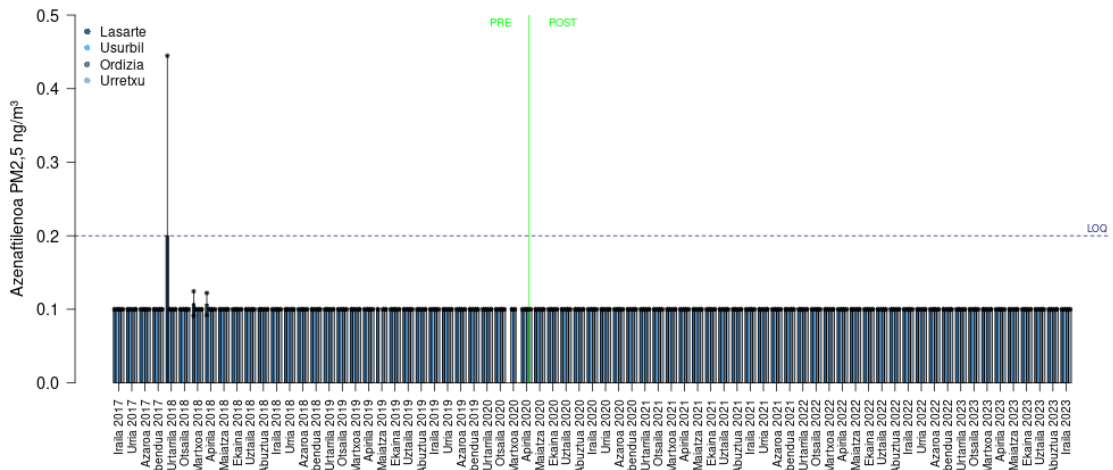
14. Taulan, $PM_{2.5}$ partikulei lotutako HAPen kontzentrazioen balio maximoak agertzen dira, GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldian. GIGEBI martxan jarri ondorengo fasean, martxan jarri aurreko faseko balio maximoa gainditu zuten azenaftenoak, fluorenoak, benzo(g,h,i)perilenoak eta indeno (1,2,3-c,d)pirenoak Lasarte; fluorantenoak, pirenoak, benzo(a)antrazenoak eta benzo(k)fluorantenoak Usurbilen; eta naftalenok, azenaftenoak, benzo(a)antrazenoak, benzo(b)fluorantenoak, benzo(k)fluorantenoak, benzo(a)pirenoak, dibenzo(a,h)antrazenoak, benzo(g,h,i)perilenoak eta indeno(1,2,3-c,d)pirenoak Urretxun.

67-82. Grafiketan ikus daitekeenez, GIGEBI martxan jarri aurreko aldian zein ondorengo aldian, udaberri eta udaran mailak udazkenean eta neguan baino baxuagoak izan ziren.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

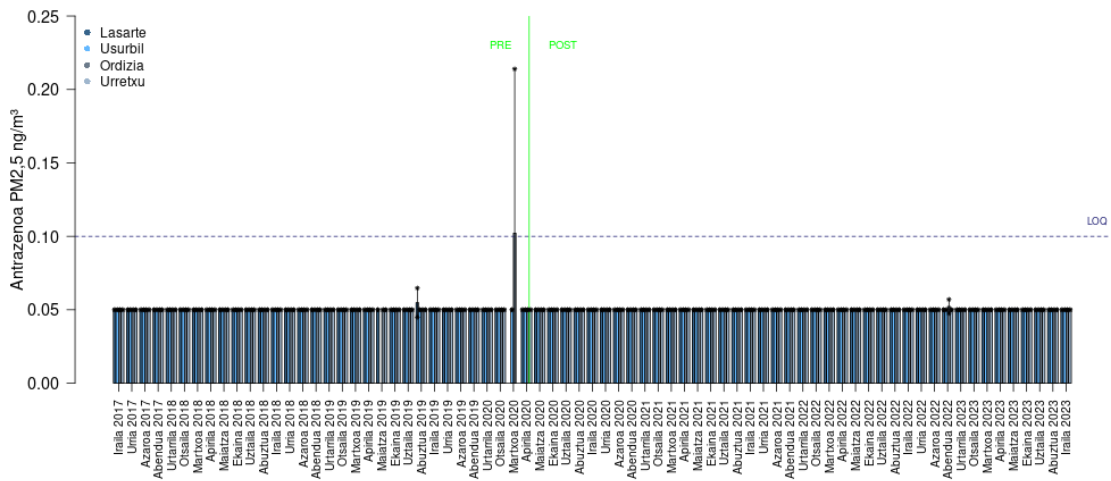


67. Grafikoa. Azenaftenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

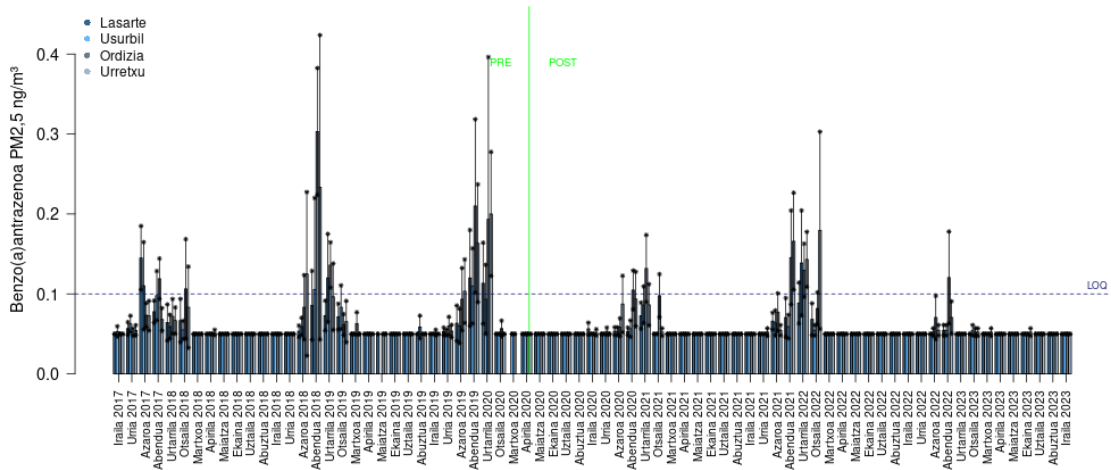


68. Grafikoa. Azenaftenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

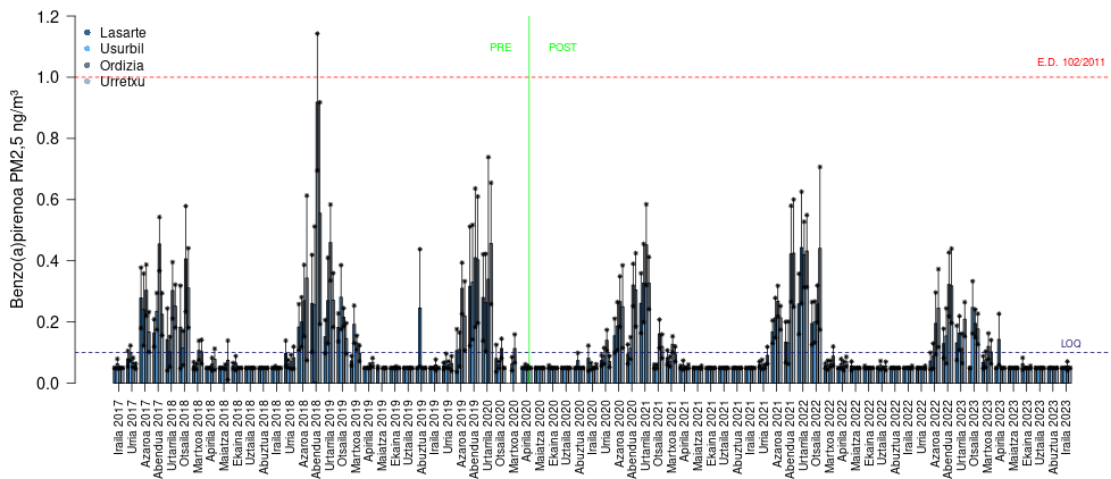


69. Grafikoa. Antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

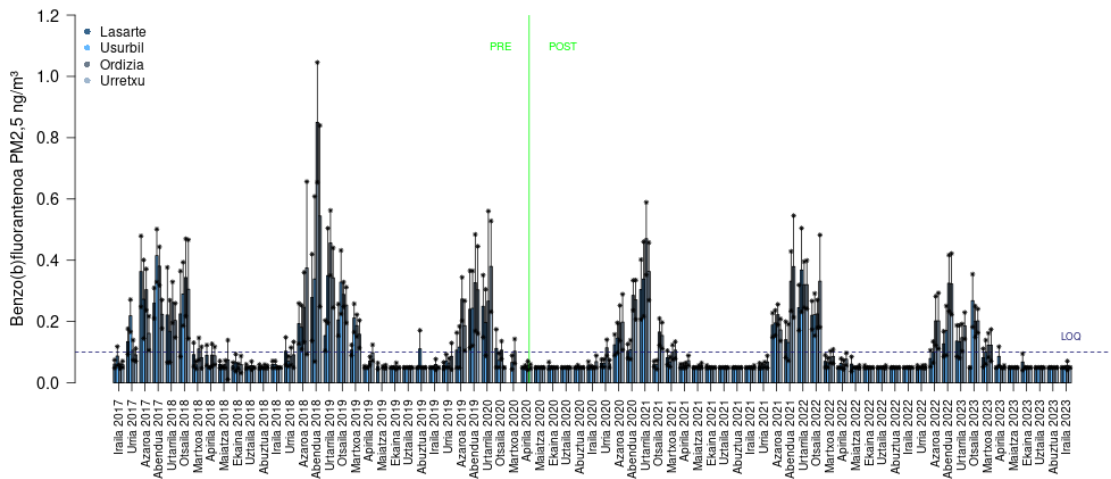


70. Grafikoa. Benzo(a)antrazenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

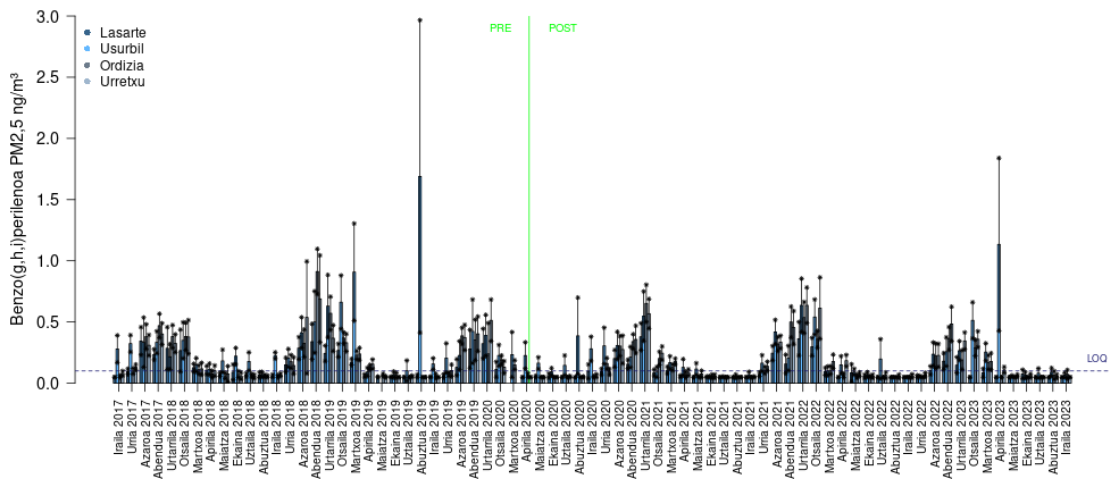


71. Grafikoa. Benzo(a)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

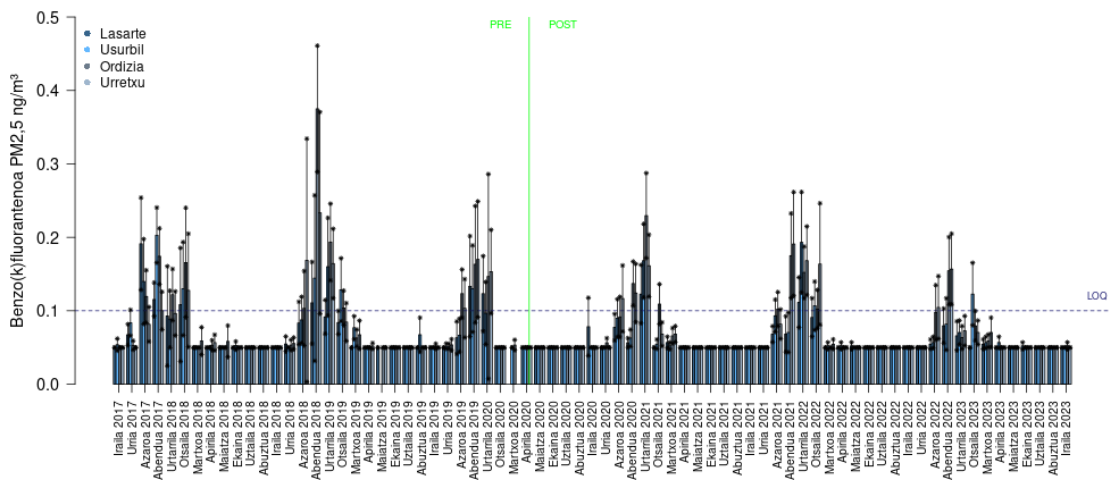


72. Grafikoa. Benzo(b)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

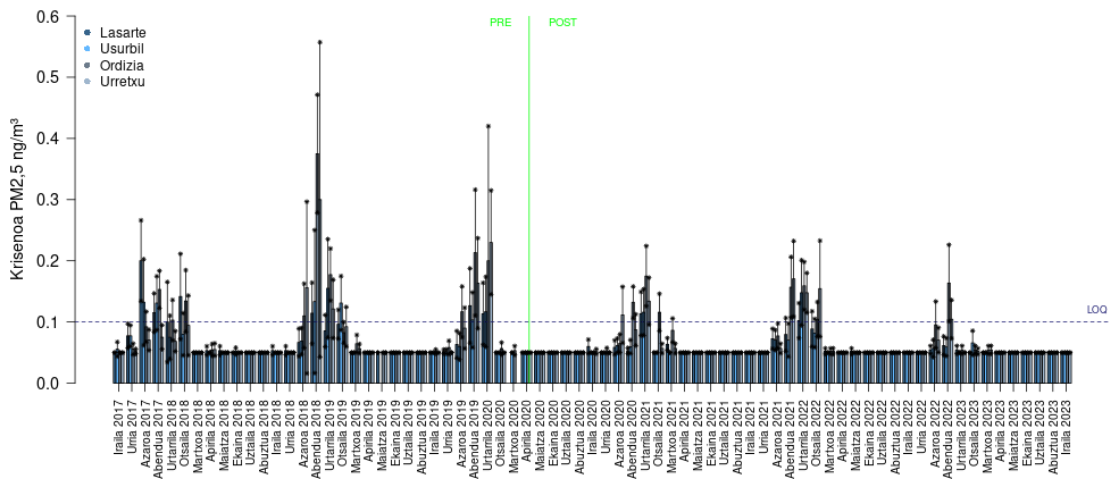


73. Grafikoa. Benzo(g,h,i)perilenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

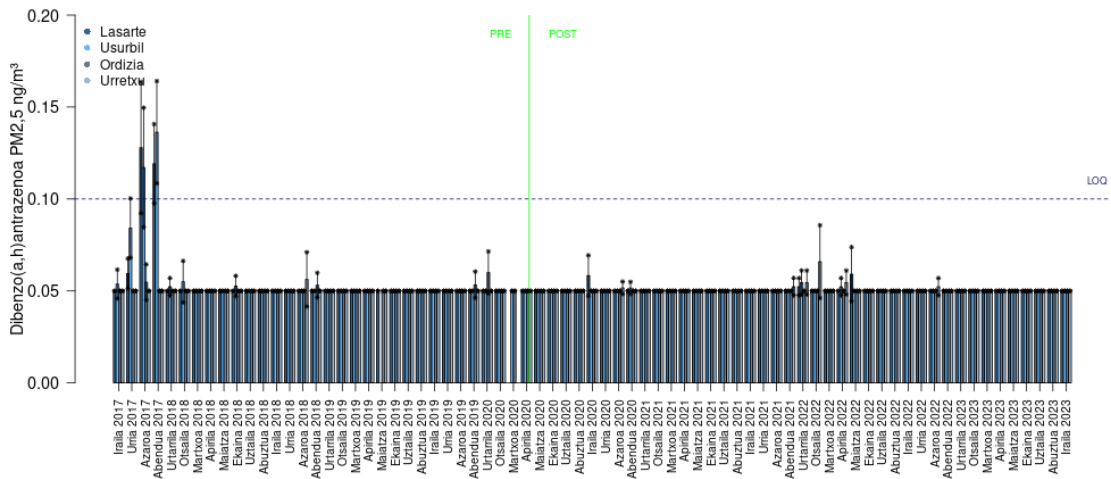


74. Grafikoa. Benzo(k)fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

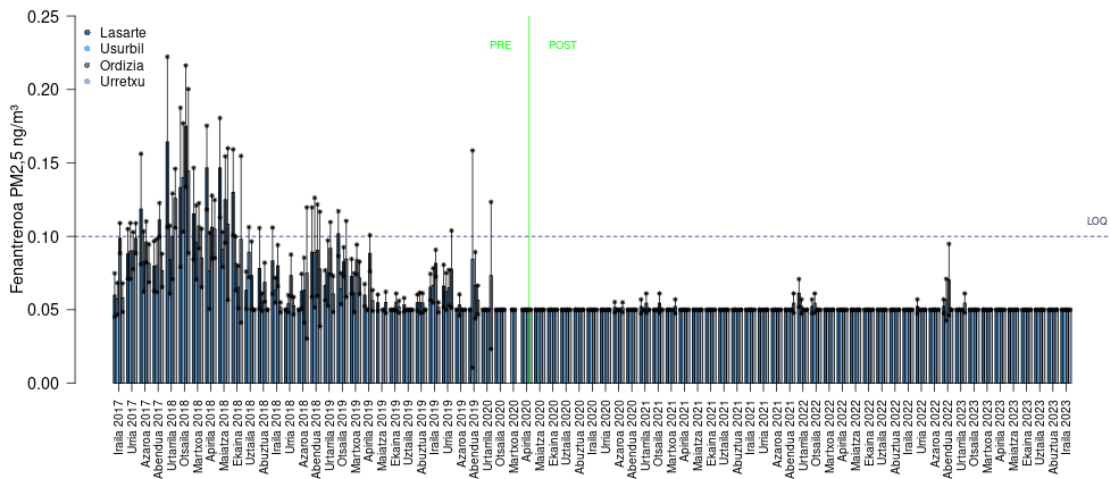


75. Grafikoa. Krisenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

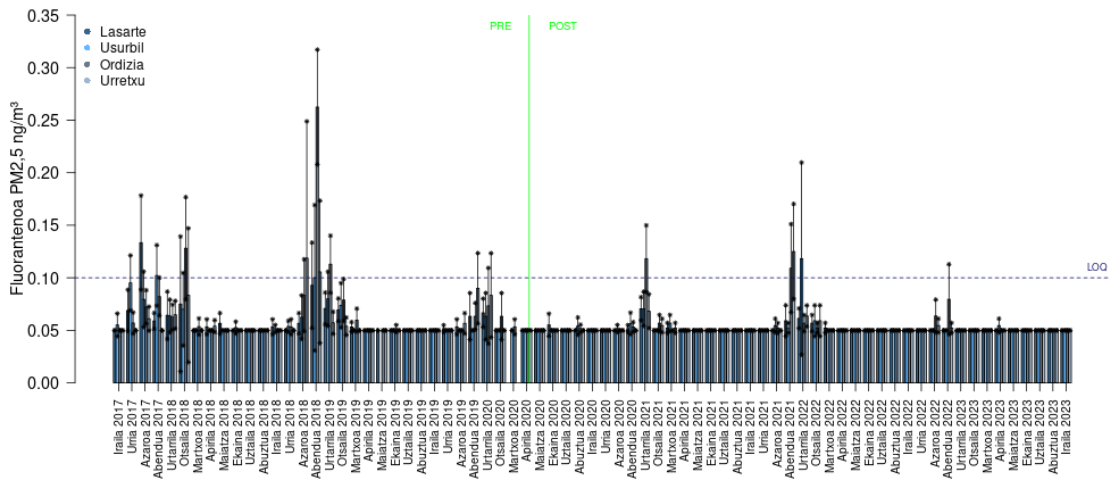


76. Grafikoa. Dibenzo(a,h)antrazenoaren kontzentrazioa aireane (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

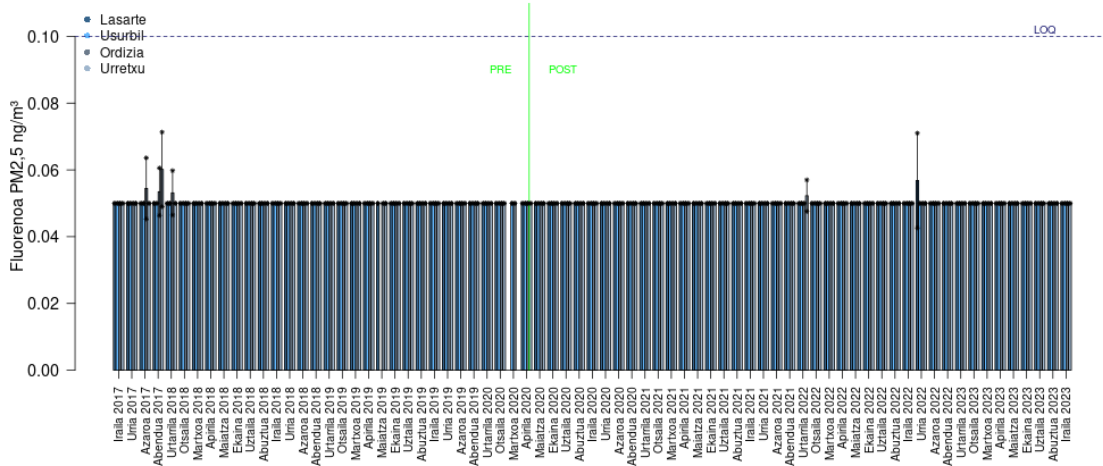


77. Grafikoa. Fenantrenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

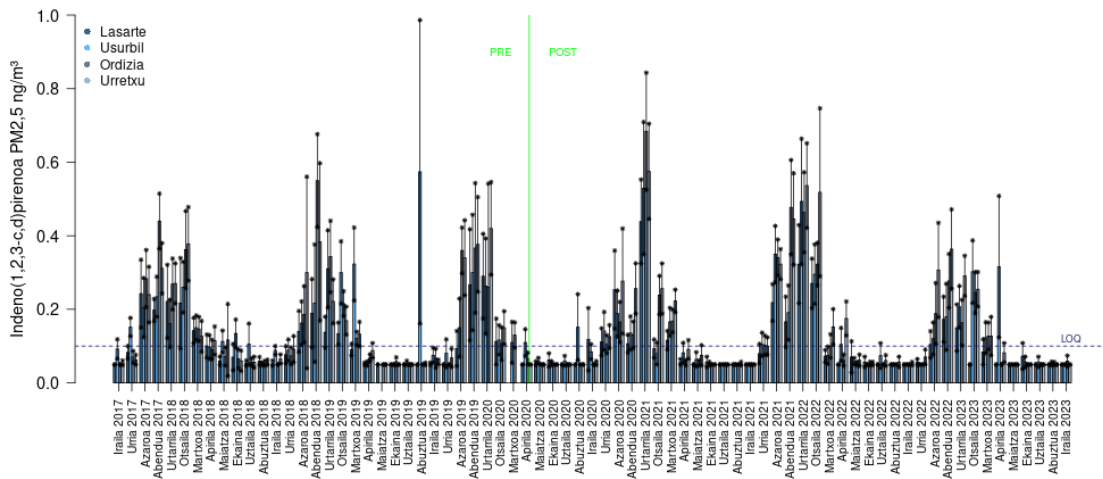


78. Grafikoa. Fluorantenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

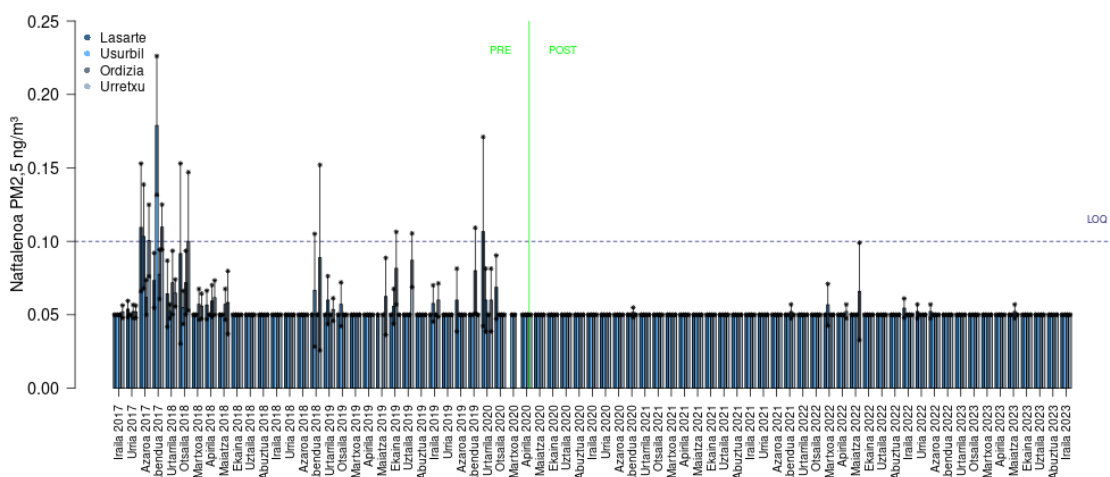


79. Grafikoa. Fluorenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

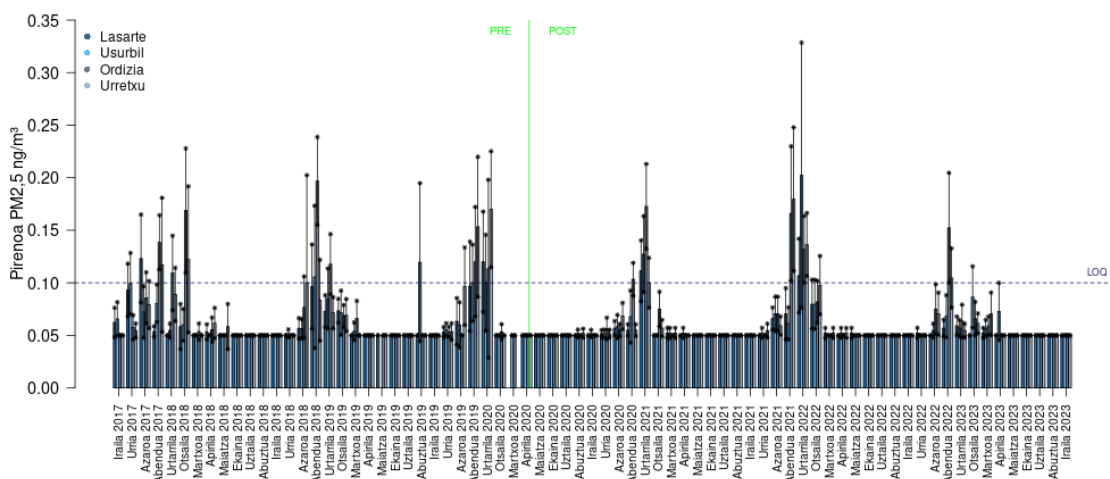


80. Grafikoa. Indeno(1,2,3-c,d)pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m^3) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



81. Grafikoa. Naftalenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.



82. Grafikoa. Pirenoaren kontzentrazioa airean (ng/m³) 2017ko iraila eta 2023ko iraila bitartean.

GIGEBI martxan jarri aurreko eta ondorengo aldiak neurtutako HAPen batez besteko balioak alderatzen direnean (15. Taula), beherakada orokorra ikusten da GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiak.

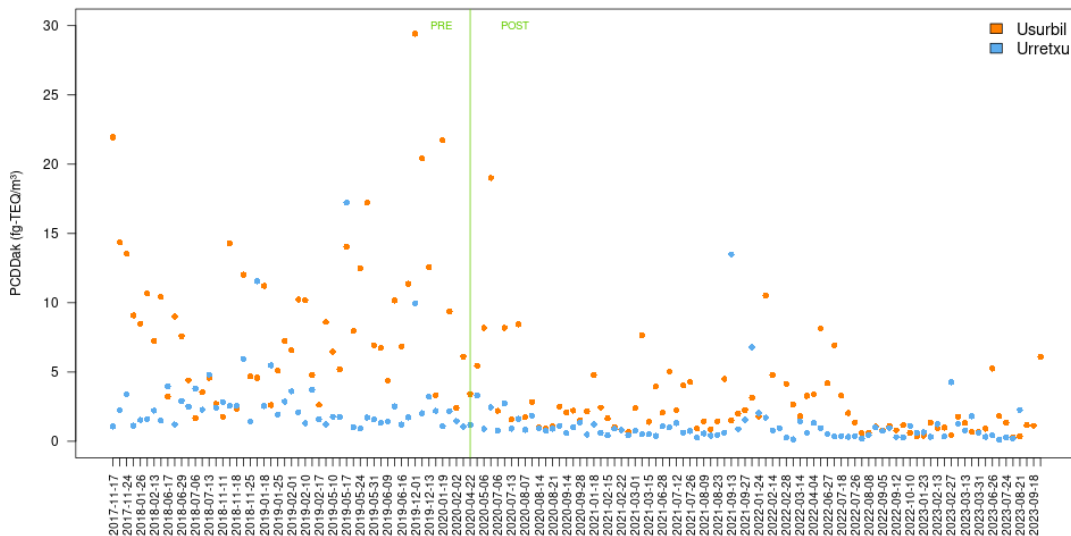
HAPen erantzunak PM_{2.5} partikulei lotutako elementu guztien ehunekoetan adierazten direnean (19. Taula), Urretxun (kontrol-eremua), HAP guztien ehuneko baturak behera egin duela ikusten da, GIGEBI martxan jarri aurreko aldiarekin alderatuta.

Oro har, PM_{2.5} partikulei lotutako kutsatzaileen ehuneko baturak behera egin dute Lasarte eta kontrol-eremuan (Ordizia eta Urretxun) GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiari, GIGEBI martxan jarri aurreko aldiarekin alderatuta.

5.4. PCDD/F eta PCBak

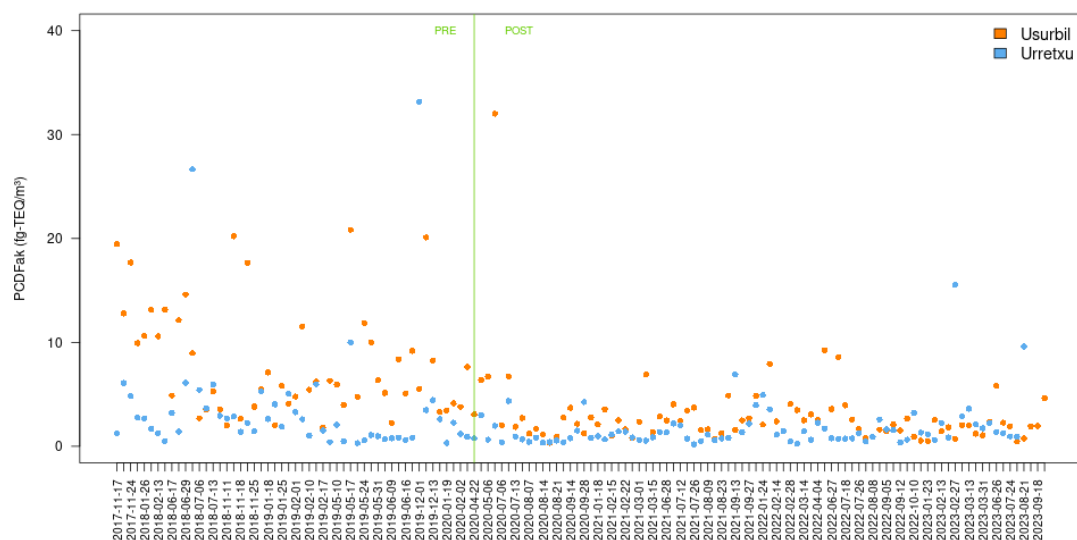
GIGEBI martxan jarri aurreko aldiaren azterlanean, PCDD/F eta PCBak modu aktiboan baino ez ziren jaso; beraz, GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiarekin konparatzeko, modu aktiboan jasotako laginen PCDD/F eta PCB-en zehaztapenak bakarrik erabiliko dira.

83-86. Grafikek modu aktiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen denbora-serieak jasotzen dituzte, kontrol-eremuan (Urretxun) eta eraginpeko eremuan (Usurbilen), azterketa-aldi osoan (2017ko irailetik 2023ko irailera bitartean). Ikus daitekeenez, oro har, GIGEBI martxan jarri ondorengo aldiko mailak, GIGEBI martxan jarri aurreko aldiko mailak baino txikiagoak dira.

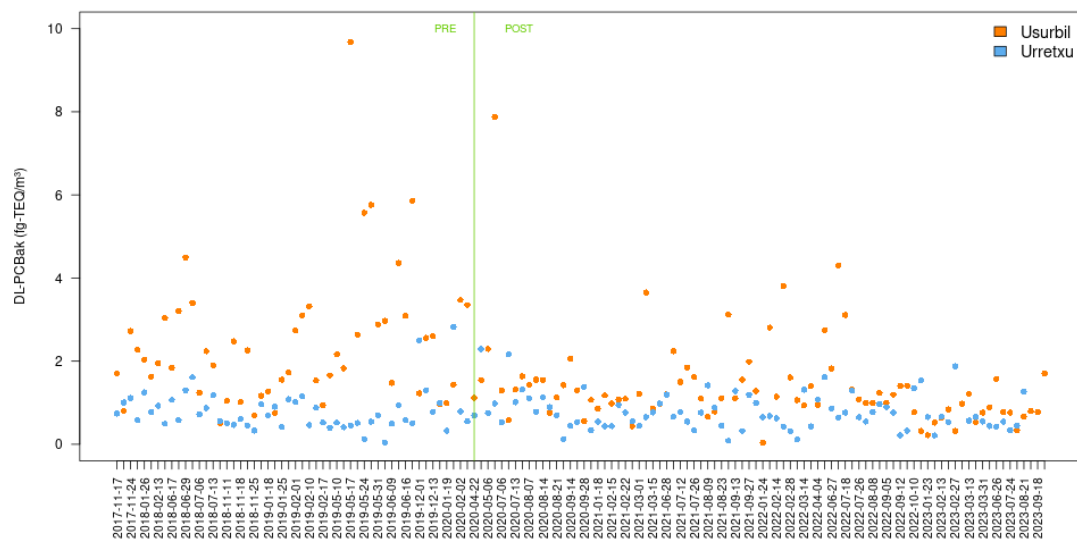


83. Grafikoa. PCDDen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.

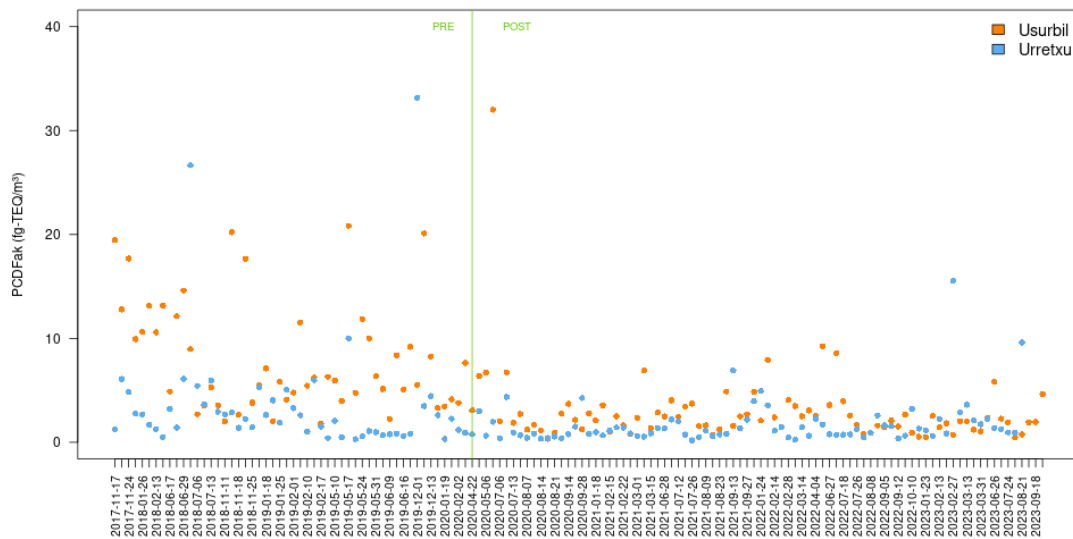
1. ildo: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa



84. Grafikoa. PCDFen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.



85. Grafikoa. dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.



86. Grafikoa. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen baturaren denbora-seriea Urretxun (urdina) eta Usurbilen (laranja), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean.

22. Taulan modu aktiboan jasotako PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batezbesteko geometrikoak (BG) (%95KT) jasotzen dira, 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean. Balio esanguratsuki altuagoak laranja adierazten dira, eta esanguratsuki baxuagoak berdez. GIGEBI martxan jarri ondorengo aldia, PCDD/Fen baliokide toxikoen (fg TEQ/m³) beherakada bat hauteman da, GIGEBI martxan jarri aurreko aldiarekin alderatuta, bai eraginpeko-eremuan (martxan jarri aurreko aldia; BG (%95KT): 14.10 (12.12; 16.42) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 4.13 (3.48; 4.90) fg TEQ/m³), bai kontrol-eremuan (martxan jarri aurreko aldia; BG (%95KT): 4.67 (3.77; 5.80) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 2.04 (1.74; 2.40) fg TEQ/m³). dl-PCBei dagokienez, beherakada atzeman da eraginpeko-eremuan (martxan jarri aurreko aldia; BG (%95KT): 1.95 (1.69; 2.23) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 1.11 (0.96; 1.29) fg TEQ/m³). PCDD/F eta dl-PCBen batura baxuagoa izan da GIGEBI martxan jarri ondorengo aldia, aurrekoa aldia baino, bai eraginpeko-eremuan (martxan jarri aurreko aldia; BG (%95KT): 16.34 (14.17; 18.86) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 5.35 (4.58; 6.26) fg TEQ/m³), bai kontrol-eremuan (martxan jarri aurreko aldia; BG (%95KT): 5.46 (4.46; 6.70) fg TEQ/m³ vs ondorengo aldia 2.79 (2.41; 3.22) fg TEQ/m³).

Aztertutako bi eremuak alderatuz, GIGEBI martxan jarri aurreko azterlan epidemiologikoan ikusi zen bezala, Usurbilgo mailak Urretxukoak baino altuagoak dira GIGEBI martxan jarri ondorengo aldia (BG (%95KT): 5.35 (4.58; 6.26) fg TEQ/m³ Usurbilen vs. 2.79 (2.41; 3.22) fg TEQ/m³ Urretxun).

1. ildoa: Aireko kutsatzaile atmosferikoekiko esposizioaren ebaluazioa

22. Taula. PCDD/F eta dl-PCBen kontzentrazioen (fg TEQ/m³) balio maximoak, minimoak, batez bestekoak (%95KT) eta batez besteko geometrikoak (BG) (%95KT), 2017ko iraila 2023ko iraila bitartean, Usurbilen (eraginpeko-eremua) eta Urretxun (kontrol-eremua). Balio esanguratsuki handiagoak laranja adierazi dira, eta esanguratsuki txikiagoak berdez.

Kide	Eraginpeko-eremua								Kontrol-eremua							
	Aurreko aldia (n=52)				Ondorengo aldia (n=84)				Aurreko aldia (n=50)				Ondorengo aldia (n=83)			
	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)	Min	Max	BB (%95KT)	BG (%95KT)
2378-tcdd	0.51	6.60	1.91 (1.61; 2.22)	1.60 (1.37; 1.86)	0.06	3.73	0.61 (0.49; 0.72)	0.45 (0.37; 0.53)	0.20	6.60	0.97 (0.71; 1.23)	0.79 (0.67; 0.93)	0.03	1.24	0.26 (0.21; 0.30)	0.19 (0.15; 0.22)
12378-pecdd	0.83	10.40	3.84 (3.24; 4.44)	3.12 (2.65; 3.69)	0.14	13.37	1.71 (1.28; 2.14)	1.10 (0.89; 1.34)	0.36	6.97	1.16 (0.80; 1.51)	0.87 (0.73; 1.05)	0.01	4.01	0.54 (0.41; 0.67)	0.37 (0.31; 0.45)
123478-hxcdd	0.04	1.80	0.34 (0.26; 0.43)	0.24 (0.20; 0.30)	0.00	0.33	0.08 (0.06; 0.09)	0.05 (0.04; 0.06)	0.03	0.60	0.11 (0.07; 0.14)	0.08 (0.06; 0.10)	0.00	2.97	0.08 (0.00; 0.15)	0.03 (0.02; 0.03)
123678-hxcdd	0.08	3.82	0.75 (0.57; 0.92)	0.51 (0.41; 0.64)	0.00	1.30	0.17 (0.12; 0.22)	0.09 (0.07; 0.11)	0.03	1.65	0.24 (0.15; 0.33)	0.14 (0.11; 0.18)	0.01	2.99	0.11 (0.04; 0.18)	0.05 (0.04; 0.06)
123789-hxcdd	0.05	4.33	0.63 (0.45; 0.81)	0.41 (0.32; 0.51)	0.00	0.83	0.11 (0.08; 0.15)	0.06 (0.05; 0.08)	0.03	1.34	0.20 (0.13; 0.28)	0.12 (0.10; 0.16)	0.01	1.94	0.08 (0.03; 0.13)	0.03 (0.03; 0.04)
1234678-hpcdd	0.01	8.67	0.78 (0.45; 1.11)	0.34 (0.25; 0.47)	0.00	0.89	0.08 (0.05; 0.12)	0.03 (0.02; 0.04)	0.00	2.07	0.25 (0.14; 0.36)	0.12 (0.08; 0.17)	0.00	1.35	0.08 (0.04; 0.12)	0.03 (0.03; 0.04)
ocdd	0.00	0.74	0.05 (0.03; 0.08)	0.02 (0.01; 0.03)	0.00	0.16	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.11	0.01 (0.01; 0.02)	0.01 (0.01; 0.01)	0.00	0.28	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCDD	1.66	29.41	8.30 (6.92; 9.68)	6.79 (5.78; 7.98)	0.27	19.01	2.76 (2.14; 3.39)	1.88 (1.55; 2.27)	0.92	17.22	2.94 (2.12; 3.76)	2.30 (1.94; 2.74)	0.11	13.49	1.15 (0.78; 1.51)	0.77 (0.65; 0.92)
12378-tcdf	0.32	7.19	1.40 (1.15; 1.65)	1.16 (1.00; 1.35)	0.10	3.73	0.60 (0.49; 0.70)	0.48 (0.42; 0.55)	0.06	5.09	0.53 (0.31; 0.74)	0.33 (0.26; 0.42)	0.05	1.03	0.21 (0.18; 0.24)	0.17 (0.15; 0.20)
12378-pecdf	0.03	0.53	0.20 (0.17; 0.23)	0.16 (0.13; 0.19)	0.00	1.02	0.09 (0.07; 0.12)	0.07 (0.05; 0.08)	0.01	0.54	0.07 (0.04; 0.10)	0.04 (0.03; 0.06)	0.01	0.27	0.04 (0.03; 0.05)	0.03 (0.03; 0.04)
23478-pecdf	0.80	8.51	3.71 (3.14; 4.28)	3.04 (2.58; 3.57)	0.07	16.72	1.50 (1.06; 1.93)	1.03 (0.86; 1.23)	0.10	16.83	1.62 (0.80; 2.44)	0.83 (0.61; 1.12)	0.07	4.76	0.70 (0.53; 0.86)	0.48 (0.40; 0.58)
123478-hxcdf	0.16	2.69	0.84 (0.68; 1.00)	0.65 (0.55; 0.78)	0.00	4.22	0.26 (0.15; 0.36)	0.17 (0.14; 0.20)	0.03	4.02	0.39 (0.22; 0.56)	0.22 (0.17; 0.30)	0.01	2.59	0.22 (0.14; 0.30)	0.12 (0.10; 0.15)
123678-hxcdf	0.10	2.62	0.78 (0.62; 0.93)	0.58 (0.48; 0.71)	0.01	3.37	0.24 (0.16; 0.33)	0.16 (0.13; 0.19)	0.03	3.92	0.34 (0.18; 0.50)	0.19 (0.14; 0.26)	0.01	2.22	0.19 (0.12; 0.25)	0.11 (0.09; 0.13)
234678-hxcdf	0.10	3.59	0.99 (0.78; 1.20)	0.72 (0.59; 0.88)	0.00	1.99	0.21 (0.15; 0.27)	0.13 (0.10; 0.16)	0.03	6.95	0.50 (0.22; 0.78)	0.24 (0.17; 0.33)	0.01	2.84	0.23 (0.14; 0.32)	0.11 (0.08; 0.14)
123789-hxcdf	0.05	1.12	0.30 (0.24; 0.36)	0.23 (0.19; 0.28)	0.00	0.73	0.05 (0.03; 0.07)	0.03 (0.02; 0.04)	0.02	1.83	0.15 (0.08; 0.22)	0.09 (0.07; 0.12)	0.00	0.66	0.05 (0.03; 0.07)	0.03 (0.02; 0.04)
1234678-hpcdf	0.03	0.91	0.21 (0.16; 0.26)	0.16 (0.13; 0.19)	0.00	0.22	0.04 (0.03; 0.05)	0.02 (0.02; 0.03)	0.00	1.17	0.11 (0.06; 0.16)	0.06 (0.04; 0.08)	0.00	1.27	0.07 (0.03; 0.10)	0.03 (0.02; 0.03)
1234789-hpcdf	0.00	0.13	0.03 (0.02; 0.04)	0.02 (0.02; 0.03)	0.00	0.03	0.00 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.21	0.02 (0.01; 0.02)	0.01 (0.01; 0.01)	0.00	0.23	0.01 (0.00; 0.01)	0.00 (0.00; 0.00)
ocdf	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.02	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.03	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCDF	1.78	20.84	8.46 (7.10; 9.81)	6.91 (5.88; 8.12)	0.33	32.01	2.99 (2.17; 3.80)	2.17 (1.84; 2.55)	0.30	33.15	3.73 (2.08; 5.37)	2.11 (1.59; 2.80)	0.20	15.53	1.70 (1.24; 2.17)	1.17 (0.98; 1.39)
ΣPCDD/F	3.78	41.41	16.76 (14.35; 19.16)	14.10 (12.12; 16.42)	0.71	51.02	5.75 (4.35; 7.15)	4.13 (3.48; 4.90)	1.33	43.12	6.66 (4.49; 8.83)	4.67 (3.77; 5.80)	0.39	20.39	2.85 (2.12; 3.59)	2.04 (1.74; 2.40)
PCB77	0.01	0.07	0.03 (0.02; 0.03)	0.02 (0.02; 0.03)	0.00	0.06	0.02 (0.02; 0.02)	0.01 (0.01; 0.02)	0.00	0.03	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)	0.00	0.05	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)
PCB81	0.00	0.01	0.01 (0.01; 0.01)	0.00 (0.00; 0.01)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB105	0.01	0.13	0.02 (0.02; 0.02)	0.02 (0.02; 0.02)	0.00	0.05	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)	0.00	0.04	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)	0.00	0.02	0.01 (0.01; 0.01)	0.01 (0.01; 0.01)
PCB114	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB118	0.02	0.33	0.06 (0.05; 0.07)	0.05 (0.05; 0.06)	0.01	0.15	0.03 (0.03; 0.04)	0.03 (0.03; 0.03)	0.01	0.11	0.03 (0.03; 0.03)	0.03 (0.02; 0.03)	0.01	0.06	0.02 (0.02; 0.03)	0.02 (0.02; 0.02)
PCB123	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB126	0.44	8.75	2.06 (1.71; 2.42)	1.74 (1.51; 2.01)	0.00	7.30	1.26 (1.05; 1.47)	1.00 (0.83; 1.19)	0.00	2.60	0.72 (0.59; 0.85)	0 (-;-)	0.00	2.10	0.71 (0.63; 0.80)	0.58 (0.49; 0.70)
PCB156	0.00	0.03	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB157	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB167	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.01	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
PCB169	0.02	0.35	0.10 (0.08; 0.12)	0.08 (0.07; 0.10)	0.00	0.36	0.04 (0.03; 0.05)	0.02 (0.01; 0.02)	0.00	0.15	0.02 (0.02; 0.03)	0 (-;-)	0.00	0.15	0.02 (0.01; 0.02)	0.01 (0.00; 0.01)
PCB189	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)	0.00	0.00	0.00 (0.00; 0.00)	0.00 (0.00; 0.00)
ΣPCB	0.51	9.68	2.29 (1.91; 2.67)	1.95 (1.69; 2.23)	0.04	7.88	1.38 (1.15; 1.61)	1.11 (0.96; 1.29)	0.04	2.82	0.80 (0.66; 0.95)	0.67 (0.56; 0.81)	0.08	2.29	0.78 (0.68; 0.88)	0.66 (0.58; 0.76)
ΣPCDD/F+dl-PCBak	4.82	44.54	19.05 (16.48; 21.62)	16.34 (14.17; 18.86)	1.06	58.89	7.10 (5.50; 8.70)	5.35 (4.58; 6.26)	1.61	45.62	7.46 (5.21; 9.71)	5.46 (4.46; 6.70)	0.50	21.68	3.62 (2.82; 4.41)	2.79 (2.41; 3.22)

6. ONDORIOAK

Airearen kalitatearen ebaluazioari buruzko azterlan honek informazio zehatza ematen du, GIGEBI martxan jarri ondorengo lehen urteetako egoerari buruz (2020ko ekaina eta 2023ko iraila bitartean), GIGEBIren eraginpeko-eremuan eta GIGEBItik urrin dagoen kontrol-eremuan.

Aztertutako aldian, PM_{2.5} partikulen batez besteko mailak altuxeagoak izan ziren kontrol-eremuan (Ordizia eta Urretxu) eraginpeko-eremuan (Lasarte eta Usurbil) baino. Udalerri guztietan, PM_{2.5} partikulen mailak 2020/01/01etik aurrera 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako legezko mugatik beherakoak izan ziren (20 µg/m³), baina Osasunaren Mundu Erakundeak gomendatutakoak baino altuagoak (10 µg/m³ 2021 arte eta 5 µg/m³ 2021etik aurrera).

As, Cd, Ni eta Pb mailak 102/2011 Errege Dekretuak ezarritako mugen azpitik egon ziren. Cr (VI)-aren mailak ere Estatu Batuetako laneko segurtasun eta osasunerako Administrazioak gomendatutako de 5 µg/m³ (OSHA, 2009) mugaren azpitik egon ziren, baita Frantziako (ANSES, 2017) eta Holandako (MinSZW, 2016) 1 µg/m³-ko muga murriztaileen azpitik ere. Benzo(a)pirenoaren batez besteko maila, legez arauturiko HAP bakarra, mugaren azpitik zegoen aztertutako 4 udalerrietan.

PCDD/F eta PCB mailak, modu aktibo eta modu pasiboan neurtuta, altuagoak izan dira eraginpeko-eremuan kontrol-eremuan baino. Modu pasiboan bildutako laginen kontzentrazio mailek esanguratsuki gaituzten dituzte modu aktiboan bildutako laginen kontzentrazioen batez besteko balioak.

HAP eta PCDD/Fen kasuan urtarokotasuna ikusi da, udazken-neguko balioak altuagoak direlarik.

GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian lortutako emaitzak GIGEBI martxan jarri aurreko aldian lortutako emaitzekin alderatzen direnean, PM_{2.5} partikulen eta hauei lotutako traza-elementuen eta HAPen mailen jaitiera orokorra ikusten da GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian, aztertutako 4 udalerrietan.

Modu aktiboan jasotako laginen PCDD/F eta dl-PCB mailei dagokienez, GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian, azterlaneko bi eremuetan, mailak jaitsi egin direla ikusten da, eta beherakada hori nabarmenagoa da GIGEBIren eraginpean dagoen eremuan. Aztertutako bi eremuak alderatuz, GIGEBI martxan jarri aurreko azterlan epidemiologikoan ikusi zen bezala, Usurbilgo mailak Urretxukoak baino altuagoak dira GIGEBI martxan jarri ondorengo aldian.

BIBLIOGRAFIA

- Abdel-Shafy HI, Mansour MSM, 2016. A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25: 107–123. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011>.
- Aittola J, Paasivirta J, Vattulainen A. 1992. Measurements of organochloro compounds at a metal reclamation plant. *Organohalogen Compound*, 9: 9–12.
- Ali MU, Liu G, Yousaf B, Ullah H, Abbas Q, Munir MAM. 2019. A systematic review on global pollution status of particulate matter-associated potential toxic elements and health perspectives in urban environment. *Environmental geochemistry and health*, 41(3): 1131-1162.
- Almeida SM, Manousakas M, Diapouli E, Kertesz Z, Samek L, Hristova E, Segal K, Padilla Alvarez R, Belis CA, Eleftheriadis K, IAEA European Region Study GROUP. 2020. Ambient particulate matter source apportionment using receptor modelling in European and Central Asia urban areas. *Environmental Pollution*, 266: 115199.
- Antunes P, Viana P, Vinhas T, Rivera J, Gaspar EM. 2012. Emission profiles of polychlorinated dibenzodioxins, polychlorinated dibenzofurans (PCDD/Fs), dioxin-like PCBs and hexachlorobenzene (HCB) from secondary metallurgy industries in Portugal. *Chemosphere*, 88(11): 1332-1339.
- Argos M, Kalra T, Rathouz PJ, Chen Y, Pierce B, Parvez F, Islam T, Ahmed A, Rabikuz-Zaman M, Hasan R, Sarwar G, Slavkovich V, van Geen A, Graziano J, Ahsan, H. 2010. Arsenic exposure from drinking water, and all-cause and chronic-disease mortalities in Bangladesh (HEALS): a prospective cohort study. *The Lancet*, 376(9737): 252-258.
- Badia JH, Ramírez E, Bringué R, Cunill F, Delgado J. 2021. New octane booster molecules for modern gasoline composition. *Energy & Fuels*, 35(14): 10949-10997.
- Barregard L, Fabricius-Lagging E, Lundh T, Mölne J, Wallin M, Olausson M, Modigh C, Sallsten, G. (2010). Cadmium, mercury, and lead in kidney cortex of living kidney donors: Impact of different exposure sources. *Environmental research*, 110(1): 47-54.
- Beelen R, Hoek G, van Den Brandt PA, Goldbohm RA, Fischer P, Schouten LJ, Jerrett M, Hughes E, Armstrong B, Brunekreef B. 2008. Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environmental health perspectives*, 116(2): 196-202.
- Briffa J, Sinagra E, Blundell R. 2020. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9).
- Burnett RT, Pope III CA, Ezzati M, Olives C, Lim SS, Mehta S, Shin HS, Singh G, Hubbell B, Brauer M, Anderson HR, Smith KR, Balmes JR, Bruce NG, Kan H, Laden F, Prüss-Ustün A, Turner MC, Gapstur SM, Diver WR, Cohen A. 2014. An integrated risk function for estimating the global burden of disease attributable to ambient fine particulate matter exposure. *Environmental health perspectives*, 122(4): 397-403.

- Centeno JA, Tchounwou PB, Patlolla AK, Mullick FG, Murakata L, Meza E, Todorov T, Longfellow D, Yedjou, C. G. (2006). Environmental pathology and health effects of arsenic poisoning. *Managing arsenic in the environment: from soil to human health*, 311-327.
- Chang MB, Jen CH, Wu HT, Lin HY. 2003. Investigation on the emission factors and removal efficiencies of heavy metals from MSW incinerators in Taiwan. *Waste management & research*, 21(3): 218-224.
- Directiva 94/67/CE del Consejo, de 16 de diciembre de 1994, relativa a la incineración de residuos peligrosos. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-1994-82295>.
- Duda-Chodak A, Blaszczyk U. 2008. The impact of nickel on human health. *Journal of Elementology*, 13(4): 685-693.
- EEA. 2017. European Environment Agency. Air quality in Europe — 2017 report. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>
- EEA. European Environment Agency. 2018. Unequal exposure and unequal impacts: Social vulnerability to air pollution, noise and extreme temperatures in Europe — 2018 report. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/unequal-exposure-and-unequal-impacts>
- EEA. European Environment Agency. 2023a. Air quality in Europe — 2023 report. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023>
- EEA. European Environment Agency. 2023b. European city air quality viewer. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/urban-air-quality/european-city-air-quality-viewer>
- EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain). 2018. Scientific Opinion on the risk for animal and human health related to the presence of dioxins and dioxin-like PCBs in feed and food. *EFSA Journal*, 16(11):5333, 331 pp. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>.
- EPA. Environmental Protection Agency. 1987. EPA Contract Laboratory Program: Statement of Work for Organic Analysis. Washington, DC: EPA.
- EPA. Environmental Protection Agency. 1997. Standards of performance for new stationary sources and emission guidelines for existing sources: Hospital/medical/infectious waste incinerators; Final rule. *Fed Regist* 62:48348.
- Erickson MD. 1997. *Analytical Chemistry of PCBs* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.1201/9781315137452>
- European Commission. 2017. Special Eurobarometer 468: Attitudes of European citizens towards the environment. Disponible en: http://data.europa.eu/euodp/en/data/dataset/S2156_88_1_468_ENG

- Gworek B, Hajduk A, Koda E, Grochowalski A, Jeske A. 2013. Influence of a municipal waste landfill on the spatial distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDDs/Fs) in the natural environment. *Chemosphere*, 92(7): 753-759.
- Hou S, Zheng N, Tang L, Ji X, Li Y, Hua X. 2019. Pollution characteristics, sources, and health risk assessment of human exposure to Cu, Zn, Cd and Pb pollution in urban street dust across China between 2009 and 2018. *Environment international*, 128: 430-437.
- Hutzinger OS, Safe ZV. 1974. *The Chemistry of PCBs*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- IARC. Complete List of Agents evaluated and their classification. Consultado en junio de 2023. Disponible en: <https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications>.
- Jan AT, Azam M, Siddiqui K, Ali A, Choi I, Haq QMR. 2015. Heavy metals and human health: mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *International journal of molecular sciences*, 16(12): 29592-29630.
- Järup L, Åkesson A. 2009. Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and applied pharmacology*, 238(3): 201-208.
- Jeno JGA, Rathna R, Nakkeeran E. 2021. Biological Implications of Dioxins/Furans Bioaccumulation in Ecosystems. *Environmental Pollution and Remediation*, 395-420.
- Johansson Ch, Norman M, Burman L. 2008. Road traffic emission factors for heavy metals. *Atmospheric Environment*, 43: 4681-4688. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.10.024>.
- Kaleka AS, Thind SK. 2020. Dioxins and Dioxin-like Compounds (DLCs). In: Sharma A, Kumar M (eds) *Pollutants and Protectants: Evaluation and Assessment Techniques*. I K International Publishing House Pvt. Ltd, pp 75–97.
- Karagas MR, Choi AL, Oken E, Horvat M, Schoeny R, Kamai E, Cowell W, Grandjean P, Korrick, S. (2012). Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental health perspectives*, 120(6), 799-806.
- Karagulian F, Van Dingenen R, Belis CA, Janssens Maenhout G, Crippa M, Guizzardi D, Dentener F. 2017. Attribution of anthropogenic PM_{2.5} to emission sources. A global analysis of source-receptor model results and measured source-apportionment data. *European Commission JRC Technical Reports*.
- Krewski D, Jerrett M, Burnett RT, Ma R, Hughes E, Shi Y, et al. 2009. *Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality (Vol. 140)*. Boston, MA: Health Effects Institute.
- Lahl U. 1993. Sintering plants of steel industry—The most important thermal PCDD/CDF source in industrialized regions. *Organohalogen Compound*, 11:311–314.
- Lahl U. 1994. Sintering plants of steel industry—PCDD/F emission status and perspectives. *Chemosphere*, 29: 1939–1945.

- Lakovides M, Iakovides G, Stephanou EG. 2021. Atmospheric particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons, n-alkanes, hopanes, steranes and trace metals: PM_{2.5} source identification, individual and cumulative multi-pathway lifetime cancer risk assessment in the urban environment. *Science of the Total Environment*, 752: 141834.
- Lertxundi A, Martinez MD, Ayerdi M, Alvarez J, Ibarluzea J. M. 2010. Air quality assessment in urban areas of Gipuzkoa (Spain). *Gaceta Sanitaria*, 24(3): 187-192.
- Lexen K, De Wit C, Jansson B, Kjeller LO, Kulp SE, Ljung K, Söderstrom G, Rappe C. 1993. Polychlorinated dibenzo-p-dioxin and dibenzofuran levels and patterns in samples from different Swedish industries analyzed within the Swedish dioxin survey. *Chemosphere*, 27:163–170.
- McCarthy S, Braddock DC, Wilton-Ely JD. 2021. Strategies for sustainable palladium catalysis. *Coordination Chemistry Reviews*, 442: 213925.
- NATO/CCMS, 1988. Scientific basis for the development of international toxicity equivalency factor (I-TEF) method of risk assessment for the complex mixtures of dioxins and related compounds. Washington DC: North Atlantic Treaty Organization/Committee on Challenges of Modern Society.
- OMS. 2019. Environmental health inequalities in Europe. Second assessment report, World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen. Disponible en: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289054157>
- OMS. 2023. Contaminación del aire ambiente (exterior). Disponible en: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Pascal M, Falq G, Wagner V, Chatignoux E, Corso M, Blanchard M, Host S, Pascal L, Larrieu S. 2014. Short-term impacts of particulate matter (PM₁₀, PM_{10-2.5}, PM_{2.5}) on mortality in nine French cities. *Atmospheric Environment*, 95: 175-184.
- Patel AB, Shaikh S, Jain KR, Desai C, Madamwar D. 2020. Polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, toxicity, and remediation approaches. *Frontiers in Microbiology*, 11: 562813.
- Pope CA, Ezzati M, Cannon JB, Allen RT, Jerrett M, Burnett RT. 2018. Mortality risk and PM 2.5 air pollution in the USA: an analysis of a national prospective cohort. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11: 245-252.
- Quansah R, Armah FA, Essumang DK, Luginaah I, Clarke E, Marfoh K, Cobbina SJ, Nketiah-Amponsah E, Namujju PB, Obiri S, Dzodzomenyo, M. 2015. Association of arsenic with adverse pregnancy outcomes/infant mortality: a systematic review and meta-analysis. *Environmental health perspectives*, 123(5): 412-421.
- Querol X, Viana M, Alastuey A, Amato F, Moreno T, Castillo S, Pey J, de la Rosa J, Sánchez de la Campa A, Artíñano B, Salvador P, García Dos Santos S, Fernández-Patier R, Moreno-Grau S, Negral L, Minguillón MC, Monfort E, Gil JI, Inza A, Ortega LA, Santamaría JM, Zabalza J. 2007. Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain. *Atmospheric Environment*, 41: 7219-7231.

- Querol X, Alastuey A, Moreno T, Viana MM, Castillo S, Pey J, et al. 2008. Spatial and temporal variations in airborne particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}) across Spain 1999–2005. *Atmospheric Environment*, 42(17): 3964–3979.
- Rappe C, Kjeller L, Kulp S, deWit C, Hasselsten I, Palm O. 1991. Levels, profile and pattern of PCDDs and PCDFs in samples related to the production and use of chlorine. *Chemosphere*, 23: 1629–1636.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Ministerio de la Presidencia. Publicado en BOE núm. 25 de 29 de enero de 2011. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-1645>
- Sakshi, Haritash AK, 2020. A comprehensive review of metabolic and genomic aspects of PAH-degradation. *Archives of Microbiology*, 202: 2033–2058. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01929-5>.
- Saraga D, Maggos T, Degrendele C, Klánová J, Horvat M, Kocman D, Kanduc T, Garcia Dos Santos S, Franco R, Morillo Gómez P, Manousakas M, Bairachtari K, Eleftheriadis K, Kermenidou M, Karakitsios S, Gotti A, Sarigiannis D. 2021. Multi-city comparative PM_{2.5} source apportionment for fifteen sites in Europe: The ICARUS project. *Science of the Total Environment*, 751: 141855.
- Schwartz J, Fong K, Zanobetti A. 2018. A national multicity analysis of the causal effect of local pollution, NO₂, and PM_{2.5} on mortality. *Environmental health perspectives*, 126(8): 087004.
- Schwartz J, Neas LM. 2000. Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute respiratory health effects in schoolchildren. *Epidemiology*, 11: 6–10.
- Shen H, Grist S, Nugegoda D. 2020. The PAH body burdens and biomarkers of wild mussels in Port Phillip Bay, Australia and their food safety implications. *Environmental Research*, 188: 109827. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109827>.
- Sivulka DJ. 2005. Assessment of respiratory carcinogenicity associated with exposure to metallic nickel: A review. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 43(2): 117–133.
- Sung TC, Huang JW, Guo HR. 2015. Association between arsenic exposure and diabetes: a meta-analysis. *BioMed Research International*, 2015.
- Szajner J, Czarny-Dzialak M, Dziechciaz M, Pawlas N, Walosik A. 2021. Dioxin-like compounds (DLCs) in the environment and their impact on human health. *Journal of Elementology*, 26(2).
- Strak M, Weinmayr G, Rodopoulou S, Chen J, De Hoogh K, Andersen ZJ, et al. 2021. Long term exposure to low level air pollution and mortality in eight European cohorts within the ELAPSE project: pooled analysis. *bmj*, 374.
- Tolins M, Ruchirawat M, Landrigan, P. 2014. The developmental neurotoxicity of arsenic: cognitive and behavioral consequences of early life exposure. *Annals of global health*, 80(4): 303–314.

- van den Berg M, Birnbaum L, Bosveld AT, Brunström B, Cook P, Feeley M, Giesy JO, Hanberg A, Hasegawa R, Kennedy SW, Kubiak T, Larsen JC, van Leeuwen FX, Liem AK, Nolt C, Peterson RE, Poellinger L, Safe S, Schrenk D, Tillitt D, Tysklind M, Younes M, Waern F, Zacharewski T. 1998. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environmental health perspectives*, 106(12): 775-792.
- van den Berg M, Birnbaum LS, Denison M, De Vito M, Farland W, Feeley M, Fiedler H, Hakansson H, Hanberg A, Haws L, Rose M, Safe S, Schrenk D, Tohyama C, Tritscher A, Tuomisto J, Tysklind M, Walker N, Peterson RE. 2006. The 2005 World Health Organization reevaluation of human and mammalian toxic equivalency factors for dioxins and dioxin-like compounds. *Toxicological sciences*, 93(2): 223-241.
- van der Werf GR, Randerson JT, Giglio L, Collatz GJ, Mu M, Kasibhatla PS, Morton DC, DeFries RS, Jin Y, van Leeuwen TT. 2010. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997– 2009). *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10: 11707–11735.
- Villar-Vidal M, Lertxundi A, De Dicastillo MML, Alvarez JI, Santa Marina L, Ayerdi M, Basterrechea M, Ibarluzea J. 2014. Air Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) associated with PM2.5 in a North Cantabric coast urban environment. *Chemosphere*, 99: 233-238.
- Wang M, Liu G, Jiang X, Li S, Liu W, Zheng M. 2016. Formation and emission of brominated dioxins and furans during secondary aluminum smelting processes. *Chemosphere*, 146: 60-67.
- Wu H, Liao Q, Chillrud SN, Yang Q, Huang L, Bi J, Yan B. 2016. Environmental exposure to cadmium: health risk assessment and its associations with hypertension and impaired kidney function. *Scientific reports*, 6(1): 29989.
- Wu G, Weber R, Ren Y, Peng Z, Watson A, Xie J. 2020. State of art control of dioxins/unintentional POPs in the secondary copper industry: a review to assist policy making with the implementation of the Stockholm Convention. *Emerging Contaminants*, 6: 235-249.
- Zanobetti A, Schwartz J. 2009. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality: a national analysis. *Environmental health perspectives*, 117(6): 898-903.