

Međuzvješće

Zahvaljujemo organizaciji Zero Waste Europe na podršci ovom istraživanju o postojećim organskim onečišćujućim tvarima (POP).

Posebna zahvala tvrtki Collectif 3R (réduire, retutiliser, recycler) na podršci ovom istraživanju i pomoći u prikupljanju uzoraka te organizaciji javnih i ARS TW prezentacija.

Sadržaj

KRATICE	3
SADRŽAJ	4
UVOD	5
1. POSTOJANI ORGANSKI ZAGAĐIVAČI (POP)	6
1.1. DIOKSINI	6
1.2. PFAS	6
1.3. TEŠKI METALI	7
1. METODE	7
1.1. ANALIZA DIOKSINA - DR CALUX	7
1.2. ANALIZA PFAS-A - PFAS CALUX	7
1.3. KEMIJSKA ANALIZA PFAS-A (LC-MS/MS)	8
2. UZORKOVANJE	8
2.1. UZORKOVANJE MAHOVINA (BRIOFITA)	8
2.2. UZORKOVANJE LIŠĆA ZIMZELENOG DRVEĆA I BOROVIH IGLICA	9
2.3. UZORKOVANJE TLA	9
3. REZULTATI BIOMONITORINGA	10
3.1. DIOKSINI	10
3.1.1. Dioksini u mahovinama	10
3.1.2. Dioksini u tlu	12
3.1.3. Dioksini u borovim iglicama i zimzelenoj vegetaciji	14
3.2. TEŠKI METALI	15
3.2.1. Teški metali u mahovinama (briofitima)	15
3.2.2. Teški metali u tlu	16
4. PROTUISTRAŽIVANJE ARS 2023 – JAJA KOKOŠI IZ DVORIŠTA	17
5. ZAKLJUČAK	19
LITERATURA	20
POPIS SLIKA	21
POPIS TABLICA	21
PRILOG 1: LABORATORIJSKI REZULTATI	22
PRILOG 2: MAKSIMALNE I AKCIJSKE RAZINE EUROPSKOG ZAKONODAVSTVA	22
PRILOG 3: VEGETACIJA I REZULTATI	22

Uvod

Ovo izvješće predstavlja rezultate analize vegetacije i tla u okolnom okolišu spalionice otpada IVRY-PARIS XIII, koja se nalazi u Ivry-sur-Seineu. Uzorke je u listopadu 2024. prikupio tim TW-a, a u veljači tim C3R-a, koji je bio zadužen za provođenje dopunskog uzorkovanja.

Ovo međuizvješće usredotočuje se na analizu vegetacije i tla u okolnom području spalionice otpada IVRY-PARIS XIII. Za sveobuhvatne osnovne informacije o postojanim organskim onečišćujućim tvarima (POP), propisima EU-a i metodologijama, pogledajte prethodna TW izvješća: TW Biomonitoring Research Paris (2021.) i Hidden Emissions Waste Incinerator IVRY-PARIS XIII (2023.) - oba navedena u odjeljku s referencama na kraju ovog izvješća.

Početno istraživanje biomonitoringa koje je ToxicoWatch proveo 2021. godine usredotočilo se na dioksine i korištena su jaja kokoši iz privatnih kokošinjaca u blizini spalionice otpada. Iako je vlada potvrdila nalaze biomonitoringa, zaključila je da se slična kontaminacija dogodila i u drugim dijelovima Pariza, ne samo u blizini spalionice. Kao rezultat toga, spremnost javnosti na uzgoj kokoši ili sudjelovanje u naknadnim studijama značajno je pala zbog. Stoga strategija biomonitoringa TW 2024./2025. u Ivry-sur-Seineu daje prioritet mahovinama (briofitima), vegetaciji (iglicama bora i lišću zimzelenog drveća) i tlu kao ključnim matricama za analizu.

Kao i kod prethodnih TW istraživanja, kemijske analize nadopunjene su inovativnim biološkim testovima za otkrivanje šireg raspona POP-ova, uključujući dioksinima slične PCB-e, miješane halogenirane dioksine i PFAS-e. Osim toga, ova studija uključuje analize teških metala u mahovinama (briofitima).



Figure 1: View of the incinerator Ivry-Paris XIII

Slika 1: Pogled na spalionicu Ivry-Pariz XIII

1. Postojani organski zagađivači (POP)

1.1 Dioksini

Dioksini su sveprisutni i postojani onečišćivači okoliša koji predstavljaju ozbiljnu zabrinutost za javno zdravlje. Ove visokotoksične kemikalije povezane su s rakom, dijabetesom, neurotoksičnošću, imunitetnošću, kloraknama, a čak se sumnja - kada se izloženost dogodi tijekom kritičnih razvojnih razdoblja - da uzrokuju epigenetske promjene kroz više generacija (Viluksela i Pohjanvirta, 2019).

Dioksini nemaju namjernu industrijsku upotrebu i nastaju nenamjerno tijekom industrijskih i termičkih procesa, uključujući one koji uključuju spalionice otpada, talionice sekundarnog aluminija, postrojenja za sinteriranje, male spalionice krutog komunalnog otpada (MSWI), spalionice medicinskog otpada (MWI), elektrolučne peći (EAF), spalionice industrijskog otpada, cementne peći i krematorije.

Dioksini i dioksinima slični PCB-i (dl-PCB) su vrlo postojane tvari i razgrađuju se vrlo sporo, što dovodi do bioakumulacije u prehrambenom lancu. Prema Stockholmskoj konvenciji iz 2004. godine, 184 države obvezale su se na smanjenje emisija dioksina i drugih nenamjerno proizvedenih postojanih organskih onečišćujućih tvari. Od tada su PFOS (dodana 2009.) i PFOA (dodana 2019.) također navedene na konvenciji, s bromiranim dioksinima nominiranim za uvrštavanje (BRS Konvencija, 2025.).

1.2. PFAS

Per- i polifluoroalkilne tvari (PFAS) velika su skupina sintetičkih kemikalija koje se koriste u širokom rasponu industrijskih i potrošačkih proizvoda. Njihova široko rasprostranjena upotreba dovela je do sveprisutnog onečišćenja okoliša.

PFAS-i su cijenjeni zbog svoje toplinske, kemijske i biološke stabilnosti, nezapaljivosti i površinski aktivnih svojstava. Međutim, ista ta stabilnost dovela je do trajnog nakupljanja u okolišu. PFAS-i su otkriveni u brojnim okolišnim matricama, uključujući zrak, kanalizaciju, rijeke i prašinu, kao i u prehrambenim proizvodima, ambalaži za hranu, vodi za piće i u ljudskim biološkim uzorcima poput majčinog mlijeka i krvi.

Izloženost PFAS-u povezana je s negativnim učincima na zdravlje, uključujući poremećaje funkcije štitnjače, metabolizma (npr. pretilost, dijabetes, inzulinska rezistencija, visoki kolesterol), fetalnog razvoja i imunološke funkcije (Young, 2021.). Rizik od imunitetnosti i kod ljudi i kod divljih životinja sada je široko prepoznat (Corsini, 2014.).

PFAS ulaze u okoliš na različite načine i sada se nalaze u tlu, mulju od jaružanja, površinskim vodama i - što je kritično - u otpadnom toku, doprinoseći emisijama putem zraka, pepela i drugih ostataka iz spalionica RIVM, (2025).

Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA) zaključila je da dijelovi europskog stanovništva premašuju podnošljivi tjedni unos (TWI) za zbroj četiri PFAS-a, $\sum$ 4 PFAS-a, putem izloženosti hrani (EFSA 2024).

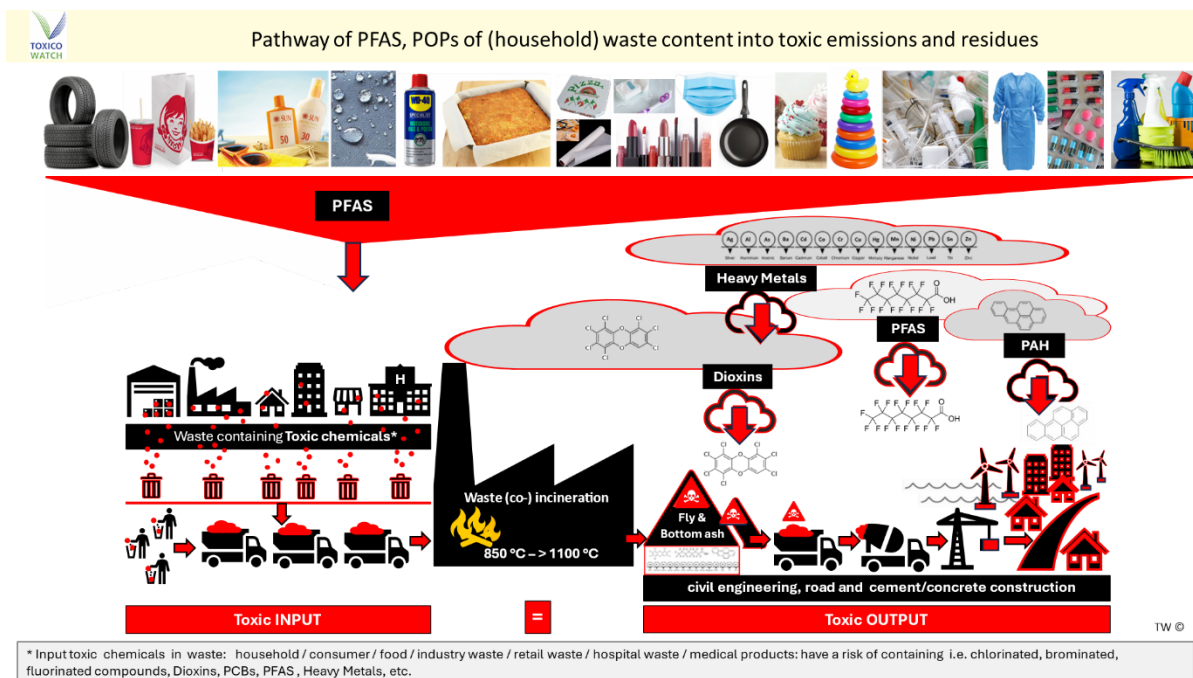


Figure 2: Pathway of PFAS, Persistent Organic Pollutants of household waste into toxic emissions and residues.

Slika 2: Put PFAS-a, postojećih organskih onečišćujućih tvari iz kućnog otpada, u otrovne emisije i ostatke

1.3. Teški metali

Za TW biomonitoring analizirano je 6 do 14 teških metala, uključujući: srebro (Ag), aluminij (Al), arsen (As), barij (Ba), kadmij (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), bakar (Cu), živu (Hg), mangan (Mn), nikal (Ni), olovo (Pb), kositar (Sn) i cink (Zn). Analizu provodi akreditirani laboratorij Normec Groen Agro Control korištenjem ICP-MS prema metodama A068 + A095 (Normec metoda), u skladu s NEN-EN 13805, a mjereno prema NEN-EN-ISO 17294-2.

1. Metode

Analizu dioksina i PFAS-a u ovom privremenom izvješću provela je tvrtka BioDetection Systems (Amsterdam, Nizozemska), akreditirana prema RvA L401.

Kemijske analize Σ 24 PFAS-a i teških metala provela je tvrtka Normec Groen Agro Control, koristeći ICP-MS metodu za teške metale (A068 + A095), u skladu sa standardima NEN-EN 13805 i NEN-EN-ISO 17294-2.

1.1. Analiza dioksina - DR CALUX

Biološki test DR CALUX® (Dioxin Responsive Chemical Activated Luciferase gene eXpression) koristi se za kvantifikaciju dioksina/furana (PCDD/F) i dioksinima sličnih PCB-a (dl-PCB). Za detaljno objašnjenje metode pogledajte prvo TW Biomonitoring Report Ivry-Sur-Seine (2021).

1.2. Analiza PFAS-a - PFAS CALUX

PFAS CALUX biološki test koristi stanične linije ljudske koštane srži (U2OS) koje sadrže gen luciferaze kriješnice povezan s elementima koji reagiraju na hormone štitnjače (TRE). Ovaj reporterski sustav detektira spojeve koji ometaju hormone štitnjače, posebno mjereći kompeticiju PFAS-a za vezanje TTR-a.

Test uspoređuje aktivnost PFAS-a s referentnim spojem perfluorooktanskom kiselinom (PFOA), dodjeljujući mu relativnu vrijednost potentnosti od 1, analogno upotrebi TCDD-a u izračunima TEQ-a (Behnisch, 2021.). Rezultati su izraženi u µg ekvivalenta PFOA/g proizvoda.

PFAS su ekstrahirani korištenjem SPE uložka sa slabom anionskom izmjenom (WAX). Otprilike 500 ml površinske vode ili 1 litra ulaza/efluenta iz UPOV-a filtrirano je na filterima od staklenih vlakana. WAX-SPE kolone (Oasis WAX, Waters 186002493) su kondicionirane sljedećim redoslijedom (4 ml MeOH/0,1% NH₄OH; 4 mL MeOH; 4 mL super-demi vode). Nakon kondicioniranja, određeni volumeni uzoraka su nanoseni na kolone. Kolone su zatim isprane s (4 mL 25 mM NH₄AC pH 4; 8 ml THF/MeOH (75:25)).

PFAS su eluirani iz WAX-SPE kolona korištenjem 4 ml MeOH/0,1% NH₄OH. Eluati su upareni pod dušikom na 45 °C i rekonstituirani u 15 µg DMSO-a.

1.3. Kemijska analiza PFAS-a (LC-MS/MS)

Kemijsku analizu PFAS-a i teških metala proveo je akreditirani laboratorij Normec, Groen Agro Control, sa sjedištem u Delftu u Nizozemskoj.

Za PFAS, kemijske analize LC-MS/MS korištene su za zbroj Σ24 PFAS. Za teške metale primijenjen je ICP-MS, sljedeći metode A068 + A095 (Normec metoda), u skladu s NEN-EN 13805, a mjereno prema NEN-EN-ISO 17294-2.

TW-indikativna ljestvica boja koja se koristi za mahovine i vegetaciju temelji se na UREDBI KOMISIJE (EU) 2023/915 i izvješću EFSA-e: *Rizik za zdravlje životinja i ljudi povezan s prisutnošću dioksina i dioksinima sličnih PCB-a u hrani za životinje i hrani za životinje* (Knutsen, 2018.).

2. Uzorkovanje

2.1. Uzorkovanje mahovina (*briofita*)

U istraživanju biomonitoringa TW u Parizu (2024./2025.), za analizu praćenja opterećenja postojanim organskim onečišćujućim tvarima (POP) odabrane su samo mahovine (*Bryophytes*) iz klase *Bryidae* - koja sadrži većinu vrsta mahovine diljem svijeta (preko 9500).

U listopadu 2024. prikupljeno je najmanje 100 grama mahovine po lokaciji, prvenstveno vrsta *Hylocomium splendens* i *Pleurozium schreberi* . Kutikula je masni/voštani 'sloj' koji prekriva listove biljke. Voštana kutikula, zajedno sa stomatama (porama na površini lista koje olakšavaju izmjenu plinova), igra ključnu ulogu u transportu ksenobiotika, što biljke čini učinkovitim biomarkerima za praćenje okoliša (Matos i sur., 2022.).

Iako briofiti općenito imaju slabo razvijenu kutikulu, stupanj razvoja kutikule varira među vrstama, što može utjecati na njihovu sposobnost apsorpcije onečišćujućih tvari. Sadržaj lipida u kutikuli - također ovisan o vrsti - posebno je važan za transport ksenobiotika. Unatoč međuvrsnim razlikama u unosu POP-ova, mahovine (*Bryofiti*) - kao i lišajevi (koji se ne koriste u ovom TW istraživanju) - smatraju se vrijednim bioindikatorima za praćenje

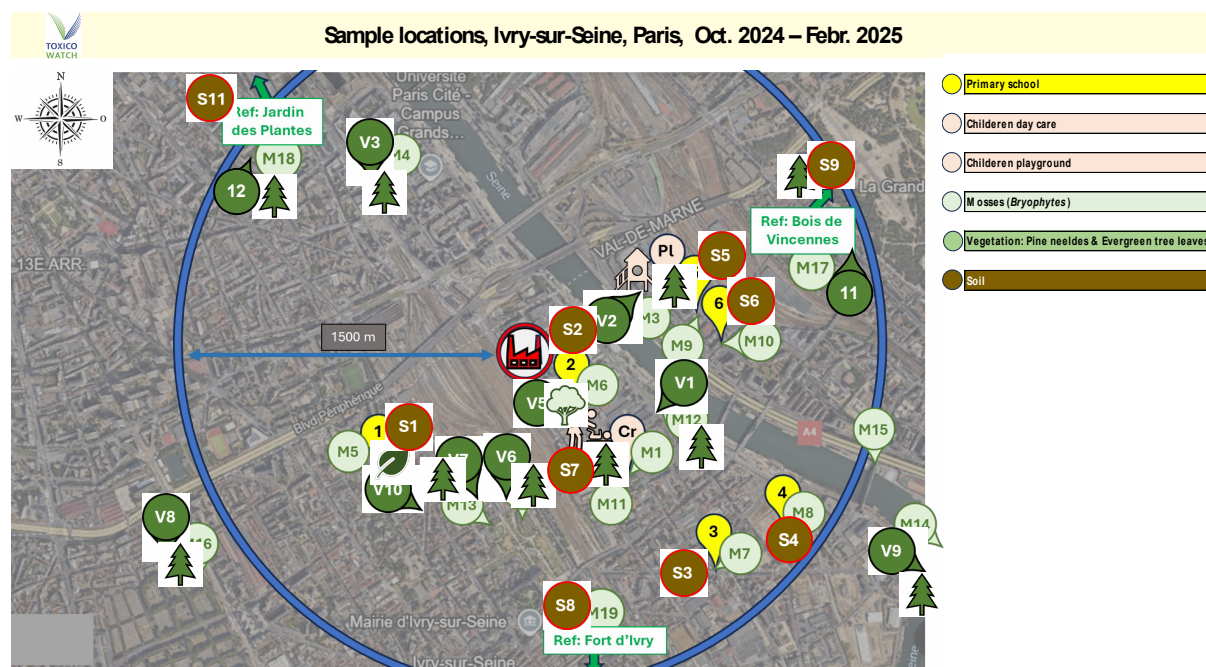
onečišćenja okoliša POP-ovima. Mogu odražavati i razine i vrste onečišćujućih tvari prisutnih u njihovim staništima. Učinkovit biomonitoring oslanja se na točnu identifikaciju vrsta i korištenje kompozitnih uzoraka koji kombiniraju dobro uravnotežene priraste materijala. To osigurava pouzdane usporedbe analitičkih rezultata između onečišćenih i referentnih mjesta. Primjena mahovina u istraživanjima biomonitoringa opširno je dokumentirana u znanstvenoj literaturi (Jovan i sur., 2024.; Musilova i sur., 2024.; Qarri i sur., 2019.).

2.2. Uzorkovanje lišća zimzelenog drveća i borovih iglica

Za istraživanje biomonitoringa vegetacije u Ivry-sur-Seineu 2024. godine prikupljeno je lišće, lišće i iglice bora zimzelenog drveća (100 grama po uzorku) s raznih vrsta zimzelenog drveća i bora. Uzorkovane vrste drveća uključivale su: maslinu (*Olea Europea*), atlaski cedar (*Cedrus atlantica*), arizonski čempres (*Cupressus arizonica*), smokvu (*Ficus carica*), obični bor (*Pinus silvestris*) i butanski bor (*Pinus Wallichiana*).

2.3. Uzorkovanje tla

Uzorci tla prikupljeni su ručnim lopatama, s naglaskom na slojeve površinskog tla (0-5 cm). Uzorci su uzeti s više točaka unutar nekoliko četvornih metara na svakoj lokaciji kako bi se osigurala reprezentativnost. Najmanje 150 grama tla prikupljeno je po lokaciji i odmah pohranjeno u HDPE laboratorijsku vrećicu ili staklenku.



Slika 3: Lokacije uzoraka, Ivry-sur-Seine, Pariz, listopad 2024. - veljača 2025.

3. Rezultati biomonitoringa

3.1. Dioksini

3.1.A. Dioksini u mahovinama

Mahovine su široko prepoznate kao bioindikatori onečišćenja. Međutim, slično kao i javni otpor zabranama konzumiranja kokošjih jaja, zabrana upotrebe ili prisutnosti mahovine bila bi nepoželjna i kontraproduktivna u nastojanjima da se smanje POP-ovi u okolišu. Takva bi mjera predstavljala kratkovidan pristup koji zanemaruje temeljne uzroke onečišćenja.

Vegetacija djeluje kao prirodni tampon, hvatajući atmosfersko taloženje onečišćujućih tvari. Bez ovog tampon-a, onečišćujuće tvari vjerojatnije će ući u ljudski okoliš kao vanjska ili unutarnja prašina, povećavajući izloženost udisanjem, kontaktom s kožom i gutanjem. Fitoremedijacija - korištenje biljaka za uklanjanje ili neutralizaciju onečišćujućih tvari - sve se više prihvaća od strane lokalnih zajednica i regulatornih agencija kao vizualno privlačno i održivo rješenje (Ensley, 1997.).

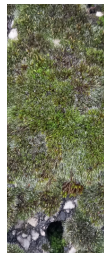


Total overview Moss (*Bryophyta*) sampling – Ivry-Paris – Oct. 2024

	Date	Total	Samples		Location	Wind	Distance	TW-RF-NR
Sample	loc. /		Mosses: Bryophyta		Primary school	direction	Meter	October 2024
			Biomat.					
			Samples 2021:					
1	18-10-2024	M 1	Mosses on the ground		M1 Jardin Elisabeth	South-East	620	24TWPA-E-M os-1
2	19-10-2024	M 2a	Mosses on ground		M2 - Parc des Cormailles	South-West	603	24TWPA-PdC-M os-2a
3		M 2b	Mosses on ground					24TWPA-PdC-M os-2b
4	18-10-2024	M 3	Mosses on ground		M3 Jardin du Cardinal de Richelieu	East	720	24TWPA-CdR-M os-3
5	18-10-2024	M 4	Mosses on ground		M4 Jardin Abbé Pierre	North	920	24TWPA-JAP-M os-4
			Primary Schools and Crèche:					
6	16-10-2024	M 5a	Mosses on roof - near filter system		School 1: Guy M ôquet	West	779	24TWPA-GM -S-1a-M os-5
7		M 5b	Mosses on roof					24TWPA-GM -S-1b-M os-5
8	16-10-2024	M 6	Mosses on roof school play yard		School 2: Dulcie September	South	200	24TWPA-DS-S2-M os-6
9	16-10-2024	M 7	Mosses on roof		School 3: Orme au Chat	South-East	1070	24TWPA-OaC-S3-M os-7
10	16-10-2024	M 8	Vegetation / Viburnum flowers		School 4: Anne Sylvestre	South-East	1180	24TWPA-ASS-4-M os-8
11	16-10-2024	M 9	Mosses on plantcontainer		School 5: Robert Desnos	East	633	24TWPA-RD-S5-M os-9
12	16-10-2024	M 10	Mosses on plantcontainer		School 6: Port au Lions	East	718	24TWPA-PaL-S6-M os-10
13	18-10-2024	M 11a	Mosses on roof		Crèche Roof, Rue Elisabeth, Ivry- A	South	540	24TWPA-Ivr-CR-1a-M os-11
14		M 11b	Mosses in garden		Crèche Jardin Elisabeth, Ivry- B		487	24TWPA-Ivr-CR-1b-M os-11
15		M 11c	Mosses in Gutter		Crèche Gutter, Rue Elisabeth Ivry-C		540	24TWPA-Ivr-CR-1c-M oss-11
16		M 11d	Mosses on ground		Crèche Jardin Elisabeth Ivry-D		487	24TWPA-Ivr-CR-1d-M oss-11
			Additional samples 2024:					
17	19-10-2024	M 12a	Mosses on ground		Quai Jean Compagnon	East	395	24TWPA-QJC-M oss-12a
18		M 12b	Mosses on ground					24TWPA-QJC-M oss-12b
19	19-10-2024	M 13	Mosses on Roof		E Garden	South-West	707	24TWPA-EG-M oss-13
20	19-10-2024	M 14	Mosses on ground		M arne - Graffiti	East	4000	24TWPA-TR-M oss-14
21	19-10-2024	M 15	Mosses on ground		bycicle Traverse bridge Seine	East	1420	24TWPA-CM -M oss-15
22	19-10-2024	M 16	Mosses on ground		Cimetiere	West	1700	24TWPA-GR-M oss-16







Slika 4: Ukupni pregled uzorkovanja mahovine - 2024.

Potencijal fitoremedijacije zasluŹuje daljnja istraŹivanja i Źiru primjenu (Alkorta, 2001.) Postoje dva glavna pristupa tumaĉenju rezultata analize dioksina iz uzoraka mahovine prikupljenih u listopadu 2024.:

- 2 Korištenje mahovine kao indikatorske vrste, uspoređujući njezino onečišćujuće opterećenje s onim vegetacije.

3 Procjena mahovine kao da je hrana za životinje, kako bi se procijenili potencijalni zdravstveni rizici kroz hranidbeni lanac.

Za usporedbu, **prosječne razine dioksina u povrću iznose 0,21 pg TEQ/g vlažne težine prema mjerenju DR CALUX-a.**

Donja tablica prikazuje rezultate za dioksine u vlažnoj težini/cijeli proizvod, usklađene s graničnim vrijednostima djelovanja EU-a za dioksine u vegetaciji (EFSA, 2018.). Važno je naglasiti da sve relevantne direktive treba ažurirati kako bi odražavale revidirani podnošljivi tjedni unos za dioksine, koji je trenutno postavljen na 2 pg TEQ/kg tw/tjedno (EFSA, 2018.). Rezultati analize dioksina također su izraženi u 88% suhe težine. Ovi rezultati su vizualizirani korištenjem indikativne ljestvice boja TW za mahovine, na temelju usporedbe s maksimalnim ograničenjem EU-a za dioksine u stočnoj hrani od 1,25 pg TEQ/g, kako je utvrđeno u Direktivi 2002/32/EZ o neželjenim tvarima u stočnoj hrani. Indikacijska tablica također prikazuje faktor pretvorbe od 66,6%, koji se koristi za izvođenje indikativnog ograničenja DR CALUX od 0,83 pg TEQ/g, sljedeći isti pristup koji se primjenjuje u analogijama regulacije jaja .

Results Dioxins Total overview Moss (Bryophytes) & sample locations, Ivry-sur-Seine, Paris – Oct. 2024 - 2025

	Year	Sample	Moss Location	Graph code	Dioxin analysis Vegetation: Mosses (Bryophytes) - DR CALUX						
					Results wet weight, ww (FOOD)			Moisture (%)	Results 88% dry weight, dw (FEED)		
					PCDD/PCDF	dl-PCBs	PCDD/F/dl-PCB		PCDD/PCDF	dl-PCBs	PCDD/F/dl-PCB
1	2024	Moss	School M 8	Anne Sylvester	0,10	0,05	0,15	68,3	0,28	0,14	0,42
2	2024	Moss	M 4	Jardin Abbé Pierre 2024	0,31	0,10	0,41	70,1	0,91	0,29	1,21
3	2024	Moss	M 2	Parc De Cormaille 2024	0,26	0,22	0,48	55,6	0,52	0,44	0,95
4	2024	Moss	School M 7	Orme Au Chat	0,29	0,31	0,60	88,2	2,16	2,31	4,48
5	2025	Moss	Ref. M 18 B	Jardin Des Plantes	0,86	0,05	0,91	51,1	1,55	0,09	1,64
6	2025	Moss	Ref. M 17	Bois De Vincennes	0,95	0,05	1,00	59,7	2,07	0,11	2,18
	2021	Moss	M 4	Jardin Abbé Pierre 2021	0,88	0,29	1,17	73,2	2,89	0,95	3,84
7	2024	Moss	M 3	Jardin De Cardinale De Richetieu	0,86	0,32	1,18	67,6	2,33	0,87	3,20
8	2024	Moss	M 15	Traverse Bridge Seine	0,79	0,40	1,19	75,4	2,83	1,43	4,26
9	2024	Moss	School M 9	Robert Desnos	0,79	0,60	1,39	21,9	0,89	0,68	1,57
	2021	Moss	M 2	Parc Des Cormailles 2021	1,10	0,31	1,41	73,2	3,61	1,02	4,63
10	2025	Moss	Ref. M 18 A	Jardin Des Plantes	1,20	0,30	1,50	66,0	3,11	0,78	3,88
11	2024	Moss	M 13	Erica garden	0,77	0,76	1,53	85,6	4,70	4,64	9,34
12	2024	Moss	School M 6	Dulcie Septembre	1,20	0,41	1,61	65,5	3,06	1,05	4,11
	2021	Moss	M 3	Cardinal de Richelieu 2021	2,20	0,61	2,81	73,2	7,22	2,00	9,23
13	2025	Moss	Ref. M19	Fort d'Ivry	0,05	3,10	3,15	62,6	0,12	7,29	7,41
14	2024	Moss	M 12	Quai Jean Compagnon	1,50	2,00	3,50	59,3	3,25	4,33	7,57
15	2024	Moss	M 11	Jardin Elisabeth 2024	1,60	2,20	3,80	84,6	9,14	12,57	21,70
	2021	Moss	M 1	Jardin Elisabeth 2021	3,80	1,10	4,90	73,2	12,48	3,61	16,09
16	2024	Moss	School M 10	Port Au Lions	1,10	6,40	7,50	60,0	2,42	14,09	16,51
17	2024	Moss	School M 5	Guy Moquet	0,76	7,60	8,36	41,7	1,15	11,47	12,61

Figure 4: Moss sample locations – Ivry-sur-Seine, Paris, 2024

Tablica 1: Rezultati dioksina u mahovini izraženi su u mokroj težini i 88% suhe težine (DR CALUX).



Slika 5: Lokacije uzoraka mahovine – Ivry-sur-Seine, Pariz, 2024

3.1.B. Dioksini u tlu

Izloženost tlu može se dogoditi izravnim gutanjem – što je posebno važno za malu djecu – ili putem čestica tla koje se prilipe za voće i povrće. Opseg ljudskog unosa iz tla ovisi o okolnom okolišu (npr. ruralni naspram urbanog) i prisutnosti izvora emisija dioksina (PCDD/F) (EFSA 2018).

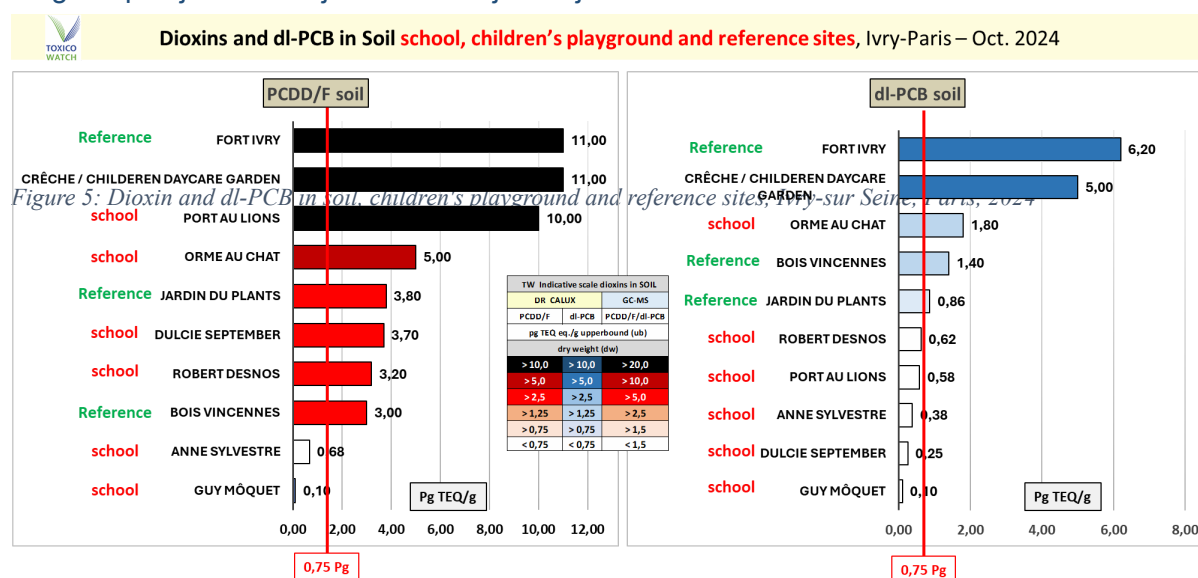
Pod pretpostavkom koncentracija u tlu između 5 i 50 pg TEQ/g i dnevnog unosa od 0,1 g, potencijalni unos iz tla kretao bi se od 0,5 do 5,0 pg TEQ po osobi dnevno (Fürst, 1992.). Ove nalaze treba uzeti u obzir prilikom razmatranja aktivnosti škola na otvorenom, poput uzgoja povrća u školskom vrtu, kako bi se



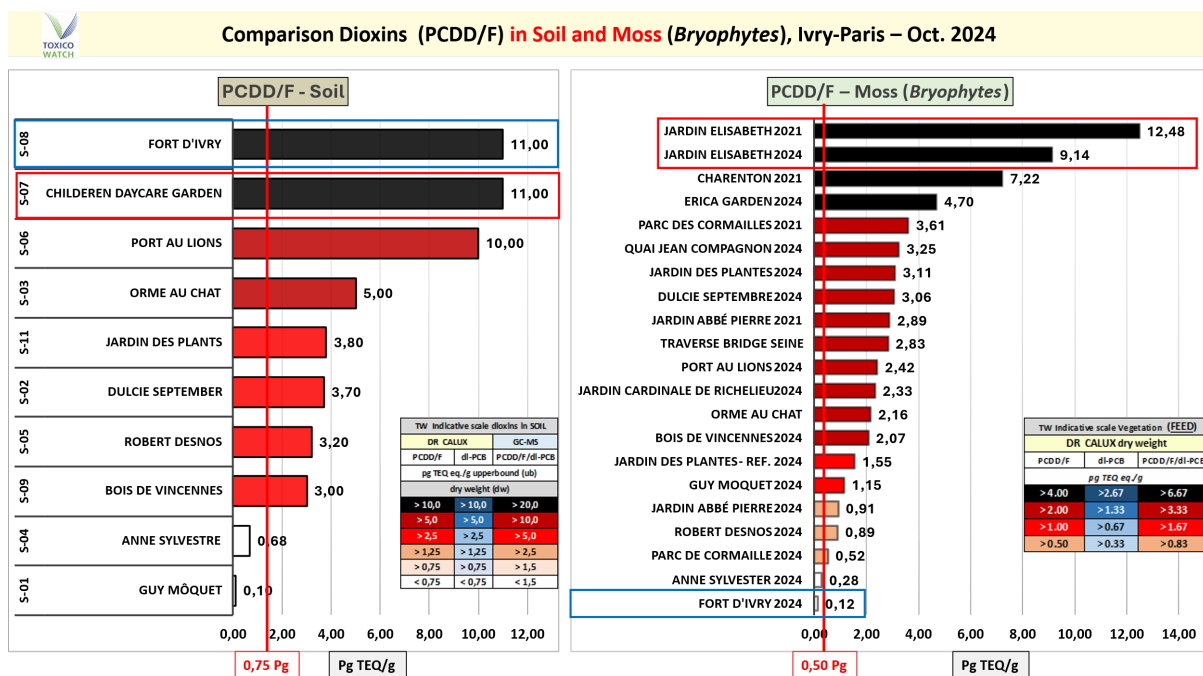
smanjili potencijalni rizici izloženosti.

Slika 6: Dioksini u tlu školskog dječjeg igrališta, Ivry-sur-Seine, Pariz 2024.

Usporedba razina dioksina u tlu i mahovini u Fort d'Ivryju otkriva upečatljiv kontrast. Dok je uzorak tla s ove lokacije jako kontaminiran dioksinima, uzorci mahovine prikupljeni na istoj lokaciji i u isto vrijeme među su "najčišćima" u ovoj studiji biomonitoringa. Nasuprot tome, i uzorci tla i mahovine prikupljeni iz vrtića Jardin Elisabeth, koji se nalazi u blizini dječjeg vrtića, pokazali su povišene razine dioksina. Dobro je poznato da mahovine (briofiti) ne apsorbiraju POP-ove iz tla, već ih akumuliraju iz atmosfere. Za razliku od vaskularnih biljaka, mahovinama nedostaje korijen (ksilem) za unos vode i hranjivih tvari. Umjesto toga, usidre se na površine pomoću rizoida, strukture nalik korijenu koja ne olakšava apsorpciju iz supstrata. Stoga se visoke vrijednosti dioksina u mahovinama prikupljenim u blizini dječjeg vrtića u vrtiću Jardin Elisabeth pripisuju atmosferskom taloženju, a ne onečišćenju tla. Što se tiče POP-ova u tlu, važno je uzeti u obzir mogući utjecaj drugih) zbunjujućih čimbenika, koji mogu doprinijeti uočenoj kontaminaciji i varijabilnosti rezultata.



Slika 7. Dioksin i dl-PCB u tlu, dječje igralište i referentna mjesta, Ivry-sur Seine, Pariz, 2024.



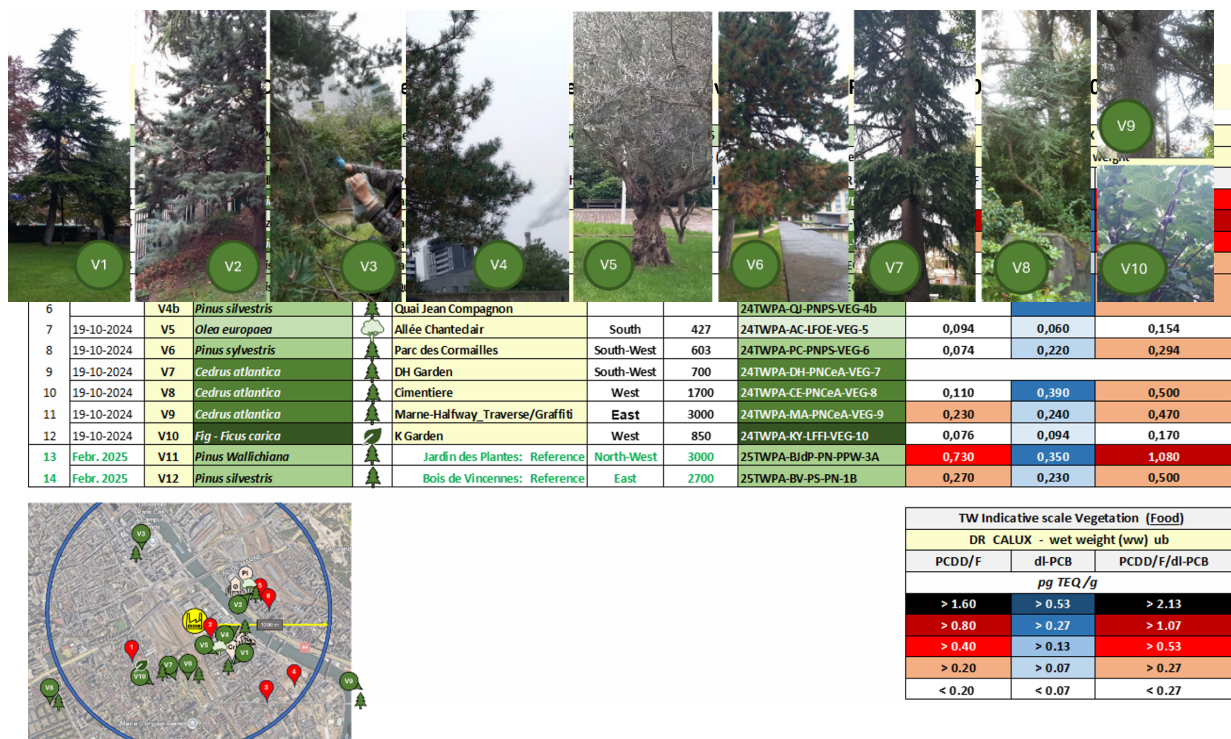
3.1.C. Dioksini u borovim iglicama i zimzelenoj vegetaciji drveća

Na 10 lokacija za uzorkovanje vegetacije, prikupljene su i analizirane borove iglice i lišće zimzelenog drveća na dioksine (PCDD/F/dl-PCB) korištenjem DR CALUX metode. Ove lokacije za uzorkovanje nalaze se unutar 400 do 1700 metara od spalionice otpada IPXIII, pokrivajući sve smjerove vjetra, s naglaskom na južni i istočni kvadrant iza obilaznice *Périphérique*. Rezultati za dioksine prikazani su u donjoj tablici i u Prilogu C: Dioksini u vegetaciji. Posebno je važno napomenuti da postoji stalno prekoračenje razina dioksinima sličnih PCB-a (dl-PCB), koji značajno doprinose ukupnom opterećenju dioksinima (PCDD/F/dl-PCB). Ako se procjenjuju prema propisima o hrani za životinje, ovi rezultati bi premašili ograničenja EU-a i vizualizirani su pomoću indikativne ljestvice boja TW. Najviša koncentracija dioksina pronađena je u zimzelenom lišću arizonskog čempresa (*Cupressus arizonica*), uzorkovanog iz Jardin du Cardinal de Richelieu, s **0,88 pg TEQ/g**. Druga najviša vrijednost zabilježena je u iglicama bora Buthan (*Pinus Wallichiana*), na referentnoj lokaciji Jardin des Plantes, s **0,73 pg TEQ/g**.

Rezultati analize deset (10) uzoraka vegetacije prikupljenih 2024. godine pokazuju niže razine dioksina u usporedbi s onima izmjerenim na četiri (4) lokacije 2021. godine. Ovi nalazi su u suprotnosti s povišenim koncentracijama dioksina uočenim u uzorcima mahovine (*briofita*) prikupljenim 2024. godine.

Za razliku od uzoraka mahovine, raspodjela dioksina i dl-PCB-a u uzorcima vegetacije – poput zimzelenog lišća i iglica bora – manje je jasno definirana. To može biti zbog heterogene prirode uzorkovanih vrsta drveća; *Olea Europea*, *Cedrus atlantica*, *Cupressus arizonica*, *Ficus carica*, *Pinus silvestris* i *Pinus Wallichiana*.

Figure 6: Dioxins (PCDD/F) in pine needles and evergreen tree leaves, Ivry-sur-Seine, Paris, 2024



Slika 9: Dioksini u borovim iglicama i i lišću zimzelenog drveća, Ivry, Paris, 2024

3.2. Teški metali

3.2.A. Teški metali u mahovinama (Bryofiti)

Ukupno je analizirano 14 teških metala u uzorcima mahovine (briofiti). Tablice u nastavku prikazuju rezultate u miligramima po kilogramu suhe težine. Druga tablica uključuje toplinsku kartu koja uspoređuje koncentracije teških metala s onima izmjerenim u uzorcima mahovine s groblja Ivry-sur-Seine (*Cimetière d'Ivry*) – referentne lokacije smještene 1700 metara zapadno od spalionice otpada IPXIII. Ova referentna lokacija pokazuje blago povišene koncentracije određenih teških metala. Značajno je da je 7 od 14 teških metala ispod granice detekcije (< LOD). Međutim, vrijednosti teških metala na ovoj lokaciji značajno se razlikuju od onih izmjerenih u uzorcima mahovine prikupljenim bliže spalionici otpada IPXIII. Ključni nalazi uključuju znatno povišene razine cinka (Zn), u rasponu od 481 do 23 427. Arsen (As), kobalt (Co), bakar (Cu) i nikal (Ni) povećali su se za više od faktora 100. Razine kadmija (Cd) povišene su 10-50 puta, dok razine žive (Hg) premašuju referentnu vrijednost za faktor 2,8 do 5,3.

Uspoređujući rezultate sa sigurnim i prosječnim graničnim vrijednostima za povrće, utvrđeno je da su razine aluminija (Al), olova (Pb) i kositra (Sn) povišene. Nalazi s ovih biomonitoring lokacija s mahovinom pokazuju da čak i u gusto naseljenom urbanom području poput Pariza postoji značajan pritisak kontaminacije od 14 analiziranih teških metala. Značajno je da su čak i na referentnoj lokaciji, *Cimetière d'Ivry*, uočene povišene razine olova (Pb) i kositra (Sn).

Results Heavy Metals [14] in Mosses (Bryophytes), mg/kg, (dw), Upper Bound (UB) - Paris, October 2024																	
TW-REF-NR	Location	Moss	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Ag Silver	Al Aluminium	As Arsenic	Ba Barium	Cd Cadmium	Co Cobalt	Cr Chromium	Cu Copper	Hg Mercury	Mn Manganese	Ni Nickel	Pb Lead	Sn Tin	Zn Zinc	
24TWPA-GR-Moss-16	Reference: Cimetière	M 16	0,01	3522,00	0,02	46,00	0,01	0,05	11,00	0,02	0,01		0,05	28,00	18,00	0,11	
24TWPA-PdC-Mos-2b	Parc des Cormaille	M 2 b	0,10	6523,00	4,90	85,00	0,20	3,30	31,00	23,00	0,12		10,00	64,00	6,40	84,00	
24TWPA-Pal-S-6-Mos-10	School 6: Port au Lions	M 10	0,78	13590,00	6,00	202,00	1,50	9,60	86,00	347,00	0,28		40,00	330,00	71,00	2577,00	
24TWPA-Cs-S-Mos-7	School 3: Orme au chat	M 7	0,36	13513,00	3,10	96,00	0,44	7,90	32,00	73,00	0,09	414,00	29,00	113,00	13,00	551,00	
24TWPA-DS-S-2-Mos-6	School 2: Dulcie Septembre	M 8	0,71	8376,00	3,30	126,00	1,20	5,70	46,00	158,00	0,22		21,00	132,00	31,00	2523,00	
24TWPA-GR-Moss-16	Reference: Cimetière	M 16	0,01	3522,00	0,02	46,00	0,01	0,05	11,00	0,02	0,01		0,05	28,00	18,00	0,11	
24TWPA-EG-Mos-13	E garden	M 13	1,10	12382,00	6,50	378,00	3,40	6,90	56,00	116,00	0,13		39,00	1304,00	30,00	1527,00	
24TWPA-QJC-Moss-12a	Quai Jean Compagnon	M 12a	0,35	8513,00	20,00	264,00	0,65	13,00	55,00	361,00	0,10		27,00	125,00	26,00	919,00	
24TWPA-Ivry-CR-1d_Moss-11	Crèche Ivry ground	M11d	0,11	13667,00	2,60	122,00	0,24	1,80	28,00	25,00	0,19		16,00	77,00	2,90	167,00	
24TWPA-Ivry-CR-1a_Mos-11	Crèche Ivry roof	M 11a	0,67	11748,00	4,90	104,00	0,69	8,20	40,00	103,00	0,11		30,00	157,00	8,30	1577,00	
24TWPA-GM-S-1a-Mos-5	School 1: Guy Moquet	M 5a	0,08	2309,00	2,50	47,00	0,22	1,60	8,30	57,00	0,06		6,80	16,00	7,20	135,00	
24TWPA-JAP-Mos-4	Jardin Abbé Pierre	M4	0,05	15145,00	7,40	83,00	0,23	5,50	33,00	16,00	0,05		15,00	17,00	1,70	53,00	
Heat map of Heavy Metals [14] of mosses (Bryophytes) vs reference location M16, Ivry-sur-Seine - Paris, October 2024																	
TW-REF-NR	Location	Moss	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
			Ag Silver	Al Aluminium	As Arsenic	Ba Barium	Cd Cadmium	Co Cobalt	Cr Chromium	Cu Copper	Hg Mercury	Mn Manganese	Ni Nickel	Pb Lead	Sn Tin	Zn Zinc	
24TWPA-GR-Moss-16	Reference: Cimetière	M 16	< LOD	[14] in m	< LOD	hyses) - P	< LOD	< LOD	vs referen	< LOD	< LOD	ables	< LOD				
24TWPA-GR-Moss-16	Reference: Cimetière	M 16	0,01	3522,00	0,02	46,00	0,01	0,05	11,00	0,02	0,01	10	0,05	28,00	18,00	0,11	
24TWPA-PdC-Mos-2b	Parc des Cormaille	M 2 b	10,0	1,9	245,0	1,8	20,0	66,0	2,8	1150,0	12,0	Manganese	200,0	2,3	Tin	0,4	763,6
24TWPA-Pal-S-6-Mos-10	School 6: Port au Lions	M 10	78,0	3,9	300,0	4,4	150,0	192,0	7,8	17350,0	28,0	70,00	800,0	11,8	3,9	23427,3	
24TWPA-Cs-S-Mos-7	School 3: Orme au chat	M 7	36,0	3,8	155,0	2,1	44,0	158,0	2,9	3650,0	8,9		580,0	4,0	0,7	5009,1	
24TWPA-DS-S-2-Mos-6	School 2: Dulcie Septembre	M 8	71,0	2,4	165,0	2,7	120,0	114,0	4,2	7900,0	22,0	0,0	420,0	4,7	1,7	22936,4	
24TWPA-GR-Moss-16	Reference: Cimetière	M 16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		1,0	1,0	1,0	1,0	
24TWPA-EG-Mos-13	School 3: Orme au chat	M 13	110,0	3,5	325,0	8,2	340,0	138,0	5,1	5800,0	13,0	5,9	780,0	46,6	1,7	13881,8	
24TWPA-QJC-Moss-12a	School 1: Dulcie Septembre	M 12a	35,0	2,4	1000,0	5,7	65,0	260,0	5,0	18050,0	10,0	0,0	540,0	4,5	584,9	8354,5	
24TWPA-Ivry-CR-1d_Moss-11	Reference: Cimetière	M11d	11,0	3,9	130,0	2,7	24,0	36,0	2,5	1250,0	19,0	0,0	320,0	2,8	339,6	1518,2	
24TWPA-Ivry-CR-1a_Mos-11	E garden	M 11a	67,0	3,3	245,0	2,3	69,0	164,0	3,6	5150,0	11,0	0,0	600,0	5,6	566,0	14336,4	
50,0 - 100,0	Quai Jean Compagnon	M 5a	8,3	309,6	125,0	5,6	22,0	32,0	42,7	2850,0	6,0	0,0	136,0	1250,0	490,6	1227,3	
10,0 - 50,0	Crèche Ivry ground	M4	4,7	4,3	370,0	1,8	23,0	110,0	3,0	800,0	5,3	0,0	300,0	770,0	54,7	481,8	
5,0 - 10,0	Crèche Ivry roof	M 11a	22,3	427,2	98,0	2,3	3,5	164,0	30,8	84,4	3,7	0,0	90,9	1570,0	156,6	258,5	
2,0 - 5,0	School 1: Guy Moquet	M 5a	2,8	84,0	50,0	1,0	1,1	32,0	6,4	46,7	2,0	0,0	20,6	160,0	135,8	22,1	
1,5 - 2,0	Jardin Abbé Pierre	M4	1,6	550,7	148,0	1,8	1,2	110,0	25,4	13,1	1,8	0,0	45,5	170,0	32,1	8,7	

Table 2: Results heavy metals in moss, concentrations and heat maps - Ivry-sur-Seine - Paris 2024

Table 3: Results heavy metals in moss, concentrations and heat maps - Ivry-sur-Seine - Paris 2024

Tablica 2: Rezultati teških metala u mahovini, koncentracije i toplinske karte – Ivry-sur-Seine – Paris 2024

To postavlja pitanje: U kojoj su mjeri emisije iz spalionice odgovorne za te povišene razine? Važno je napomenuti da se emisije teških metala iz spalionica moraju mjeriti samo ograničen broj sati godišnje. Nadalje, emisije koje se javljaju tijekom nestandardnih operativnih razdoblja - poznatih kao uvjeti rada izvan normalnih (OTNOC) - nisu uključene u standardni program praćenja teških metala.

3.2.2. Teški metali u tlu

Analize 14 teških metala provedene su na uzorcima tla. Tablice u nastavku prikazuju rezultate u miligramima po kilogramu suhe težine. Druga tablica je toplinska karta teških metala, temeljena na referentnim podacima iz literature.

Zanimljivo je da ekstremno povišene koncentracije teških metala nisu uočene u uzorcima tla. Iznimka su bile dvije školske lokacije koje su pokazale povišene razine aluminija (Al) i srebra (Ag). Faktori razlike od ostalih teških metala kretali su se od 0,6 do 9,4, ali i dalje su znatno porasli u odnosu na referentne vrijednosti.

Heavy metals in soil concentrations and heatmap TW reference, Ivry-Paris – Oct. 2024

Heavy metals soil mg/kg dw ub dw														
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
	Silver	Aluminium	Arsenic	Barium	Cadmium	Cobalt	Chromium	Copper	Mercury	Manganese	Nickel	Lead	Tin	Zinc
Guy Moquet S1	0.09	114772.00	7.70	111.00	0.28	6.60	32.00	23.00	0.18	417.00	21.00	32.00	3.20	90.00
Dulcie Septembre S2	0.10	14980.00	8.60	91.00	0.21	6.90	33.00	26.00	0.10	411.00	21.00	32.00	3.20	77.00
Orme au chat S3	0.72	13390.00	9.80	192.00	0.71	6.80	34.00	68.00	0.29	435.00	35.00	106.00	11.00	273.00
Anne Sylvestre S4	0.07	13687.00	8.10	84.00	0.35	7.00	29.00	18.00	0.09	458.00	17.00	30.00	1.90	53.00
Robert Desnos S5	0.11	8009.00	4.00	49.00	0.22	3.80	18.00	23.00	0.06	207.00	32.00	20.00	3.10	82.00
Port au Lyon S6	0.23	13895.00	7.40	120.00	0.53	6.50	34.00	86.00	0.22	385.00	17.00	68.00	14.00	213.00
Children Daycare S7	0.57	9551.00	9.30	159.00	1.10	5.50	25.00	85.00	0.31	286.00	21.00	143.00	14.00	330.00
Heatmap heavy metals soil Paris														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	Sn	Zn
24TWS-reference	0.03	4000.00	5.00	22.00	0.31	8.00	13.00	9.00	0.03	500.00	9.80	29.00	2.83	47.00
Guy Moquet S1	3.1	28.7	1.5	5.0	0.9	0.8	2.5	2.6	5.5	0.8	2.1	1.1	1.1	1.9
Dulcie Septembre S2	3.2	3.7	1.7	4.1	0.7	0.9	2.5	2.9	2.9	0.8	2.1	1.1	1.1	1.6
Orme au chat S3	24.0	3.3	2.0	8.7	2.3	0.9	2.6	7.6	8.8	0.9	3.6	3.7	3.9	5.8
Anne Sylvestre S4	2.5	3.4	1.6	3.8	1.1	0.9	2.2	2.0	2.8	0.9	1.7	1.0	0.7	1.1
Robert Desnos S5	3.7	2.0	0.8	2.2	0.7	0.5	1.4	2.6	1.8	0.4	3.3	0.7	1.1	1.7
Port au Lyon S6	7.7	3.5	1.5	5.5	1.7	0.8	2.6	9.6	6.7	0.8	1.7	2.3	4.9	4.5
Children Daycare S7	19.0	2.4	1.9	7.2	3.5	0.7	1.9	9.4	9.4	0.6	2.1	4.9	4.9	7.0

Exceeding Factors

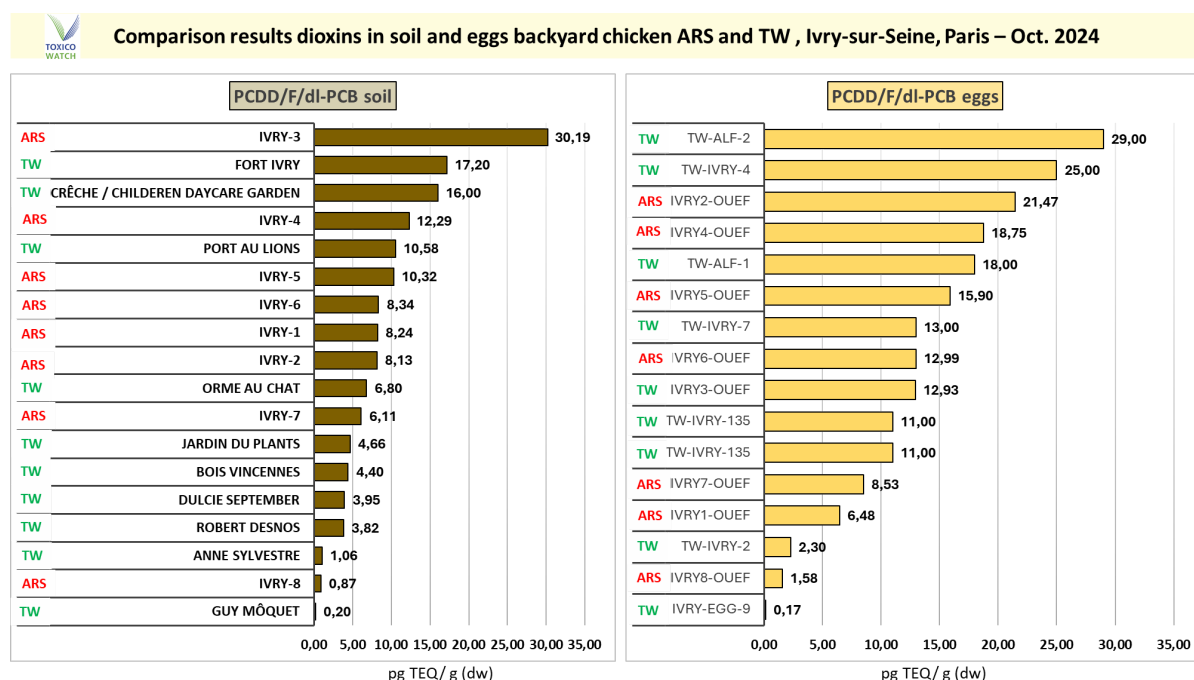
1.5 - 2.0
2.0 - 5.0
5.0 - 10.0
10.0 - 50.0
50.0 - 100.0
> 100.0

Tablica 3: Teški metali u tlu, koncentracije i toplinske karte - Ivry-sur-Seine, Pariz, 2024.

4. Protuistraživanje ARS 2023 – Jaja kokoši iz dvorišta

Nakon istraživanja TW Biomonitoringa iz 2021. o dioksinima u jajima kokoši iz dvorišta u Ivry-sur-Seineu (Arkenbout A. & Bouman KJAM, 2021.), *Agence Régionale de Santé Île-de-France* (ARS) provela je naknadnu studiju (ARS, 2024.). ARS je potvrdio nalaze ToxicoWatcha i preporučio da se jaja iz domaćih kokošinjaca u 410 zajednica pariškog metropolitanskog područja ne konzumiraju. Dana 15. listopada 2024. TW je imao priliku pregledati istraživanje ARS-a i predstaviti vlastite nalaze u uredu ARS-a.

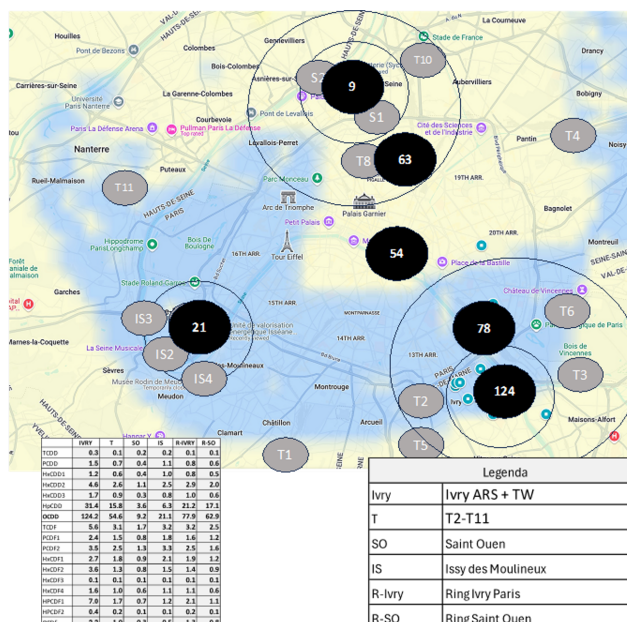
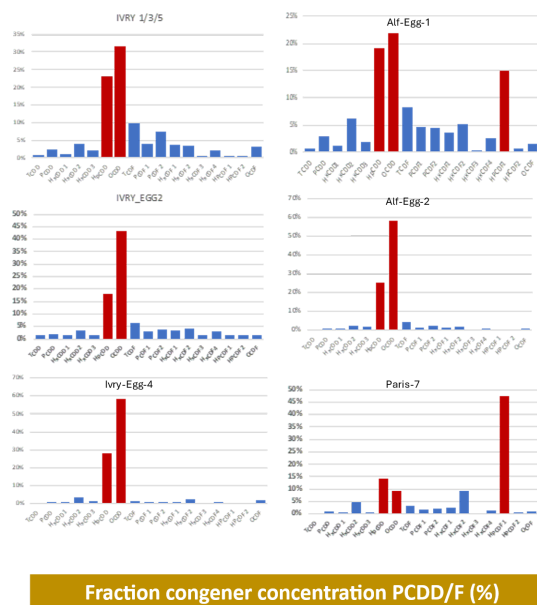
Sljedeći grafikoni ilustriraju rezultate TW i ARS studija o koncentracijama dioksina u tlu i kokošjim jajima iz dvorišta. TW-ov biomonitoring dioksina u tlu proveden je u razdoblju 2024.-2025. Nalazi obje studije ukazuju na značajno opterećenje dioksinom u Ivry-sur-Seineu, Pariz. Stoga se preporučuje provođenje daljnjih istraživanja kako bi se identificirali izvori onečišćenja; te provedba učinkovitih mjera praćenja kako bi se riješilo onečišćenje uzrokovano tvarima vrlo visoke zabrinutosti (SVHC).



Slika 10: Rezultati usporedbe dioksina u tlu i jajima kokoši iz dvorišta ARS i TW, Ivry-sur-seine, Pariz, 2024.

kongenera koji izazivaju zabrinutost, uključujući: oktaklorodibenzo-p-dioksin (OCDD), 1,2,3,4,6,7,8-heptaklorodibenzo-p-dioksin (HpCDD), 1,2,3,7,8-pentaklorodibenzo-p-dioksin (PCDD) i 3,3',4,4',5-pentaklorobifenil (PCB 126). Kada se podaci kemijske analize jaja kokoši iz dvorišta prikažu na karti Pariza, pojavljuje se jasan obrazac koji pokazuje veće opterećenje u Ivry-sur-Seineu. To se slaže s nalazima iz istraživanja polukontinuiranog mjerenja AMESA-e (ToxicoWatch, 2023.), koje je otkrilo brojne operative incidente i nesreće u spalionici otpada IPXIII, što je vjerojatno rezultiralo visokim emisijama dioksina. Rezultati za dioksinke kongenere OCDD i PCB 126 prikazani su na slikama u nastavku.

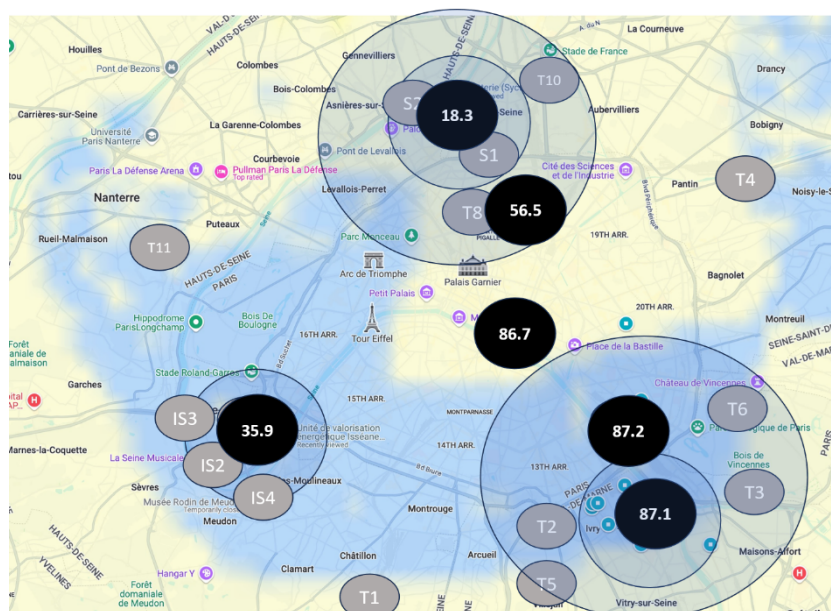
Octachlorodibenzo-p-dioxin (OCDD) in eggs – ARS PARIS 2023



Slika 11: Oktaklorodibenzo-p-dioksin (OCDD) u jajima – ARS Pariz 2023

Ključni kongener povezan s procesima izgaranja je dl-PCB 126. Kada se mapira, visoke koncentracije dl-PCB 126 vidljive su u Ivry-Parisu, dok su znatno niže razine uočene u područjima sjeverno i istočno od Ivry-sur-Seine. ARS studija pokazala je izuzetno visoku vrijednost od **128 pg TEQ/g za dioksinima slične PCB-e**, koja je isključena iz vizualnih usporedbi na slikama u nastavku zbog svog nesrazmjernog utjecaja na skalu.

3,3',3,3',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 126) in eggs –PARIS 2023



5. Zaključak

Prvo istraživanje biomonitoringa u Parizu započeto 2021. u Ivry-sur-Seineu, usmjereno je na dioksine u jajima kokoši iz dvorišta. Prekomjerne razine dioksina otkrivene u tim uzorcima izazvale su zabrinutost javnosti i vlade. Kao odgovor, francuska agencija za javno zdravstvo (ARS) provela je širu studiju diljem pariške regije, identificirajući povišene razine dioksina i PFAS-a u jajima.

Na temelju nalaza ARS-a, prostorni obrazac distribucije dioksina i tvari sličnih dioksinima može se izvesti iz područja istraživanja. Emisije spaljivanja otpada obično su povezane s povišenim razinama sljedećih kongenera dioksina povezanih s izgaranjem: oktaklorodibenzo-p-dioksin (OCDD), 1,2,3,4,6,7,8-heptaklorodibenzo-p-dioksin (HpCDD), 1,2,3,7,8-pentaklorodibenzo-p-dioksin (PCDD) i 3,3',4,4',5-pentaklorobifenil (PCB 126). Utvrđeno je da su ovi kongeneri najpovišeniji u Ivry-sur-seineu. Nalazi su u skladu s polukontinuiranom studijom mjerenja spalionice IPXIII (TW 2023), koja je izvijestila o do 7000 sati prekoračenja tijekom dvogodišnjeg razdoblja. Ovi događaji povezani su s uvjetima rada koji nisu normalni (OTNOC) u kojima je vjerojatnije da će se emitirati otrovne emisije, uključujući dioksine, teške metale i PFAS.

Druga faza istraživanja biomonitoringa 2024. godine preusmjerila je fokus na mahovine (*briofite*), zimzeleno raslinje i uzorke tla prikupljene iz osnovnih škola u Ivry-sur-Seineu i Charentonu. Rezultati ukazuju na široko rasprostranjenu kontaminaciju dioksinom u dijelovima Pariza.

Značajno je da je čak i botanički vrt *Jardin des Plantes*, smješten 2,5 km od spalionice IPXIII, kontaminiran dioksinima i teškim metalima u mahovini i vegetaciji. Najviša koncentracija dioksina u mahovini zabilježena je u osnovnoj školi 780 metara zapadno od spalionice - unatoč niskim razinama dioksina u tlu. S druge strane, osnovna škola 200 metara južno od spalionice pokazala je nisku kontaminaciju mahovinom, ali visoke razine dioksina u tlu. Većina škola pokazala je visoke razine dioksina i u mahovini i u tlu. Samo jedna od 7 škola mogla se klasificirati kao čista u smislu dioksina u mahovini i tlu. Međutim, prisutnost teških metala u mahovini i dalje je značajna briga, jer odražava taloženje POPs-a u zraku.

Svi izmjereni teški metali bili su povišeni u uzorku mahovine. Usporedba s utvrđenim granicama sigurnosti hrane otkrila je jasan obrazac prekoračenja. Prisutnost dioksina i teških metala u mahovini naglašava hitnu potrebu za daljnjim istraživanjima i praćenjem.

Podaci biomonitoringa jasno pokazuju da je Ivry-sur-Seine ozbiljno kontaminiran dioksinima i teškim metalima, a škole su identificirane kao posebno ranjiva mjesta.



Slika 13: Rezultati dioksina u mahovini, Ivry-sur-Seine, Pariz 2024. - 2025.

Reference

- Arkenbout A., Bouman KJAM. (2023). Spalionica otpada sa skrivenim emisijama IVRY-PARIS XIII, AMESA polukontinuirana mjerenja 2020. – 2021., Zero Waste Europe, francuska verzija C3R, ToxicoWatch.
- Arkenbout A., Bouman KJAM (2021). Istraživanje biomonitoringa Pariz, C3R Pariz, Francuska, ToxicoWatch.
- Knutsen, HK i dr. (2018.). Rizik za zdravlje životinja i ljudi povezan s prisutnošću dioksina i dioksinima sličnih PCB-a u hrani i hrani za životinje. EFSA Journal, 16(11). EFSA 2018., stranica 275. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>
- Alkorta, I., Garbisu, C. (2001). Fitoremedijacija organskih onečišćujućih tvari u tlima. Bioresource Technology, svezak 79, broj 3, 2001., stranice 273-276,
- Viluksela, M. i Pohjanvirta, R. (2019). Višegeneracijski i transgeneracijski učinci dioksina. International Journal Of Molecular Sciences, 20(12), 2947. <https://doi.org/10.3390/ijms20122947>
- Arkenbout, A. (Red.). (zd). Emisijski režimi POPs-ova nizozemske spalionice: Regulirani, mjereni i skriveni problemi.
- Smjernice o najboljim dostupnim tehnikama i privremene smjernice o najboljim praksama zaštite okoliša relevantne za članak 5. i Prilog C Stockholmske konvencije o postojanim organskim onečišćujućim tvarima (2008.). Stockholmska konvencija o postojanim organskim onečišćujućim tvarima.
- Young, AS i dr., (2021). Perspektiva zdravlja okoliša. 129 (4), 047010-1 do 047010-13.
- Corsini, E. i dr. (2014). Perfluorirani spojevi: Novi POP-ovi s potencijalnom imunotoksičnošću. Toxicol. Lett.
- Sunderland EM. (2019). Časopis za znanost o izloženosti i epidemiologiju okoliša (2019) 29:131–147
- <https://www.rivm.nl/en/pfas>
- UREDBA KOMISIJE (EU) 2023/915 od 25. travnja 2023. o maksimalnim količinama određenih kontaminanata u hrani i stavljanju izvan snage Uredbe (EZ) br. 1881/2006, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0915>

- Behnisch PA i dr. (2021). Razvoj faktora potencije za poremećaj hormona štitnjače uzrokovan PFAS-ima korištenjem TTR-TRβ CALUX® biološkog testa i procjena smjesa PFAS-a u tehničkim proizvodima, *Environment International* 157, 106791
- RIVM, (2025). Nacionalni institut za javno zdravstvo i okoliš, Ministarstvo zdravstva, socijalne skrbi i sporta, <https://www.rivm.nl/en/pfas>
- EFSA: <https://www.efsa.europa.eu/en/topics/per-and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>
- EFSA (2018.). Dodatak A, stranica 275, Knutsen, HK i dr. (2018.). Rizik za zdravlje životinja i ljudi povezan s prisutnošću dioksina i dioksinima sličnih PCB-a u hrani i hrani za životinje. *EFSA Journal*, 16(11). <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5333>
- Jovan S i dr. (2024). Primjena biomonitora u radu s izvornom mahovinom kao alatom za probir spaljivanja krutog otpada. *Environ Monit Assess.* 7. studenog 2024.;196(12): 1177.
- Musilová, J. i dr. (2024). Utjecaj starog ekološkog opterećenja u regiji Spiš (Slovačka) na onečišćenje tla i domaćeg povrća te učinci teških metala na zdravlje. *Sci Rep* 12, 16371 (2022). 8
- Qarri, F. i dr. (2019). Evaluacija kvalitete zraka u Albaniji biomonitoringom mahovine i atmosferskim taloženjem metala. *Arch Environ Contam Toxicol* 76, 554–571 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00608-x>
- Matos TM, Cruz R, Peralta DF, Melo-de-Pinna GFA i Santos DYAC (2022) Struktura kutikule i kemijski sastav voskova kod *Phaeoceros laevis* (L.) Prosk (Notothyladaceae, Anthocerotophyta. *Front. Plant Sci.* 13:785812. doi: 10.3389/fpls.2022.785812
- Direktiva 2002/32/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 7. svibnja 2002. o nepoželjnim tvarima u hrani za životinje.
- ARS (2023). RAPPORT - Contamination des oeufs de poules par des polluants organiques persistants - Novembre 2023 0,
- Konvencija BRS (2025.), web-stranica <https://chm.pops.int/Implementation/IndustrialPOPs/PFAS/Overview/tabid/5221/Default.aspx>

Popis slika

Slika 1: Pogled na spalionicu Ivry-Paris XIII	5
Slika 2: Put PFAS-a, postojanih organskih onečišćujućih tvari iz kućnog otpada, u otrovne emisije	7
Slika 3: Lokacije uzoraka, Ivry-sur-Seine, Pariz, listopad 2024. - veljača 2025.	9
Slika 4: Ukupni pregled uzorkovanja mahovine - 2024.	10.
Slika 5: Lokacije uzoraka mahovine – Ivry-sur-Seine, Pariz, 2024.	11
Slika 6: Dioksini u tlu školskog dječjeg igrališta, Ivry-sur-Seine, Pariz 2024	12
Slika 7: Usporedni dioksini (PCDD/F) u tlu i mahovinama - Ivry-sur-Seine, Pariz, 2024.	13
Slika 8: Dioksin i dl-PCB u tlu, dječje igralište i referentna mjesta, Ivry-sur Seine, Pariz, 2024.	13
Slika 9: Dioksini (PCDD/F) u borovim iglicama i lišću zimzelenog drveća, Ivry-sur-Seine, Pariz, 2024.	14
Slika 10: Rezultati usporedbe dioksina u tlu i jajima kokoši iz dvorišta ARS i TW, Ivry-sur-seine, Pariz, 2024.	17
Slika 11: Oktaklordibenzo-p-dioksin (OCDD) u jajima - ARS Pariz 2023	18
Slika 12: 3,3',3,3',5-pentaklorobifenil (PCB 126) u jajima - Pariz 2023	18
Slika 13: Rezultati dioksina u mahovini, Ivry-sur-Seine, Pariz 2024. - 2025.	19

Popis tablica

Tablica 1: Rezultati dioksina u mahovini izraženi u vlažnoj težini i 88% suhe težine (DR CALUX).	11
Tablica 2: Rezultati teških metala u mahovini, koncentracije i toplinske karte - Ivry-sur-Seine - Pariz 2024	15
Tablica 3: Teški metali u tlu, koncentracije i toplinske karte - Ivry-sur-Seine, Pariz, 2024.	16

