BIOINDICATORI — IPA NEI MUSCHI

Capitolo tecnico · criteri di riferimento per l'indicatore ambientale · 8 novembre 2026

1. Oggetto e funzione

Il monitoraggio degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nei muschi è impiegato per individuare pressioni ambientali da deposizioni atmosferiche. La concentrazione nei muschi è un indicatore integrato dell'esposizione, non una stima diretta dei residui nelle colture alimentari. La valutazione finale della qualifica TDE considera anche le altre matrici ambientali.

2. Pannello analitico e soglie proposte

Valori espressi in µg/kg di sostanza secca (numericamente uguali a ng/g s.s.).

Indicatore	Riferimento TDE	Fascia di verifica	Interpretazione
Σ16 IPA EPA	≤ 60	> 60 e ≤ 120	Indicatore principale; oltre 120 approfondimento obbligatorio
Σ4 IPA ICP Vegetation	≤ 7	> 7 e ≤ 14	Indicatore complementare per IPA selezionati; oltre 14 approfondimento obbligatorio

I valori 60 e 7 µg/kg sono valori guida TDE arrotondati, ricavati dalla mediana delle mediane nazionali della campagna europea 2015/2016 (rispettivamente 61,0 e 7,235 µg/kg). Non costituiscono soglie tossicologiche o limiti di legge. Un superamento non comporta automaticamente esclusione: si applica la valutazione integrata già definita nelle REGOLE TDE.

ATTENZIONE — La Σ4 utilizzata dal programma ICP Vegetation comprende benzo[b]fluorantene, benzo[k]fluorantene, benzo[a]pirene e indeno[1,2,3-cd]pirene. È diversa dalla "PAH4" utilizzata in ambito alimentare UE, che comprende benzo[a]pirene, benzo[a]antracene, benzo[b]fluorantene e crisene.

3. Regola decisionale

Risultato in almeno un indicatore	Esito operativo TDE
≤ valore guida	Criterio IPA compatibile con TDE; proseguire gli altri controlli.
> valore guida e ≤ 2 volte il valore guida	Giudizio da integrare con altre matrici, storia recente delle esposizioni e profilo dei singoli IPA.
> 2 volte il valore guida	Anomalia significativa: approfondimento mirato e possibile sospensione; esclusione solo se la valutazione conferma incompatibilità ambientale.

Le due sommatorie sono indicatori paralleli: non vengono sommate fra loro, perché gli IPA della Σ4 sono già inclusi nella Σ16. Si richiedono al laboratorio i valori dei singoli composti e le sommatorie ricostruibili.

4. Base europea dei valori guida

Paese/area	Siti	Mediana Σ16	Mediana Σ4
Austria	26	121	8,4
Germania	8	24,3	6,07
Irlanda	9	23,4	1,21
Lettonia	20	80,3	15,2
Norvegia	20	40,2	4,31
Spagna (Rioja)	25	44,7	2,99
Svezia	20	77,3	21,1
Svizzera	22	138	14,8

Mediana delle 8 mediane nazionali: Σ16 = 61,0 µg/kg; Σ4 = 7,235 µg/kg. Arrotondamento gestionale TDE: 60 e 7 µg/kg. Le mediane nazionali hanno pari peso nel calcolo; non si tratta della mediana dei campioni europei aggregati.

5. Controllo di plausibilità con il monitoraggio 2020/2021

Area	Siti	Mediana Σ16	Mediana Σ4
Germania	21	278,2	25,1
Spagna	5	61,6	3,4
Svizzera	22	79,5	16,3

I dati più recenti mostrano variabilità tra campagne e aree. Non sostituiscono la base 2015/2016 perché il confronto comprende soltanto tre Paesi e non necessariamente siti equivalenti. Un valore oltre soglia richiede interpretazione del contesto, non automatismi.

6. Prescrizioni operative

• Campionare muschi secondo procedura standardizzata: specie, porzione viva raccolta, stagione, esposizione e documentazione del sito.

• Esprimere i risultati in µg/kg s.s. e dichiarare i limiti di quantificazione per ciascun IPA; l’eventuale pannello analitico più ampio va ricondotto alle sommatorie Σ16 e Σ4.

• Definire e riportare il criterio per i risultati inferiori al LOQ, per rendere confrontabili le sommatorie.

• Eventuali anomalie negli IPA dei bioindicatori attivano verifiche mirate sulle derrate potenzialmente esposte: NON è prevista l’analisi ordinaria degli IPA su ogni prodotto TDE, salvi gli obblighi normativi applicabili.

• Riesaminare periodicamente i valori guida quando emergono monitoraggi europei più robusti o variazioni significative nei metodi analitici.

7. Bibliografia e fonti documentali

1. Frontasyeva, M. et al. (2020). Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. ICP Vegetation / UNECE. Tabella delle mediane nazionali PAH e allegato metodologico. https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/REPORT-Frontasyeva.pdf

2. Hayes, F. e Sharps, K. (2025). Mosses as biomonitors of air pollution: 2020/2021 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. ICP Vegetation / UNECE. Tabelle 3 e 4 (mediane nazionali e composizione delle sommatorie). https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/moss%20report%202020%20survey_lowresolutionforweb.pdf

3. ICP Vegetation, programma UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution: https://icpvegetation.ceh.ac.uk/our-science/pops