Bioindicatori — Muschi

Metalli: riferimento europeo, soglie TDE e deroga geogenica per Ni e Cr

Scheda tecnica • 8 novembre 2026 • Valori in mg/kg di sostanza secca (s.s.)

1. Metodo di definizione delle soglie

Sono state utilizzate le mediane nazionali/territoriali della campagna europea ICP Vegetation 2015/2016 [1], selezionando 12 aree già esaminate. Per ciascun metallo, il valore TDE di riferimento è la mediana delle 12 mediane (ogni area contribuisce con un valore, senza ponderazione per il numero di siti). Il criterio è convenzionale e descrittivo, non un limite sanitario né una mediana ricostruita dai singoli campioni europei.

Regola generale TDE: fino alla mediana = compatibile; oltre la mediana e fino al doppio = verifica integrata; oltre il doppio = approfondimento obbligatorio e possibile sospensione/non qualificazione se la pressione incompatibile è confermata. Non è prevista un'esclusione meccanica per il solo superamento del valore dei muschi.

2. Tabella TDE — metalli nei muschi

Parametro	Mediana TDE	2 × mediana	Interpretazione
Arsenico (As)	0,150	0,300	Regola generale
Cadmio (Cd)	0,115	0,230	Regola generale
Cromo totale (Cr)	1,040	2,080	Deroga geogenica motivata
Mercurio (Hg)	0,034	0,068	Regola generale
Nichel (Ni)	1,105	2,210	Deroga geogenica motivata
Piombo (Pb)	1,865	3,730	Regola generale
Rame (Cu)	4,365	8,730	Regola generale

Fe e Al: determinazioni ausiliarie senza soglia TDE, utili all'interpretazione delle particelle minerali nei muschi. Non è prevista la determinazione del Cr(VI) nelle matrici biologiche.

3. Motivazione della deroga geogenica per nichel e cromo

Nei muschi, una concentrazione elevata di Ni o Cr totale può dipendere anche dalla deposizione di polveri minerali locali, e non necessariamente da emissioni antropiche. La letteratura italiana descrive contributi misti da particolato del suolo e sorgenti antropiche per Fe, Ni e Cr [2]. Studi europei ricorrono a elementi litogeni (fra cui Al e Fe), fattori di arricchimento e associazioni multielementari per distinguere le possibili sorgenti, senza considerarli prove univoche [3].

Pertanto un superamento di Ni o Cr nei muschi, anche oltre 2 × mediana, non determina automaticamente esclusione TDE. Si confrontano: (i) concentrazioni e caratteristiche dei suoli già disponibili nel TDE-P01; (ii) Fe e Al nei muschi come indizi del contributo particellare; (iii) quadro delle altre matrici e delle sorgenti locali. La deroga è ammessa soltanto se l'interpretazione geogenica è documentata e non emergono evidenze indipendenti di pressione antropica rilevante.

La presenza di ofioliti, da sola, non basta a concedere la deroga; viceversa, valori elevati di Ni/Cr in muschi non equivalgono di per sé a contaminazione delle derrate. La regola è applicabile anche a territori non ancora individuati, senza presumere a priori alcuna geologia.

4. Serie di mediane usata per il calcolo

Area	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu
Austria	0,22	0,099	1	0,034	0,9	1,9	4,1
Germania	0,11	0,14	0,57	0,034	0,68	1,83	4,66
Francia	0,18	0,13	1,23	0,1	1,7	1,95	5,13
Norvegia	0,13	0,082	0,66	0,056	1,09	1,58	4,2
Irlanda	0,082	0,049	0,46	0,034	0,64	0,74	3,23
Italia (Bolzano)	0,2	0,072	6,67	0,055	3,81	2,17	6,49
Estonia	0,12	0,11	1,09	0,031	0,6	1,27	3,69
Polonia	0,38	0,21	2,22	0,045	2,94	4,98	7,6
Slovenia	0,16	0,2	1,08	0,034	1,75	3,1	4,53
Svizzera	0,14	0,12	0,85	0,03	1,12	2,13	4,84
Svezia	0,069	0,11	0,26	0,035	0,45	1,1	3,9
Spagna (Rioja)	0,62	0,12	1,92	0,026	1,16	0,97	3,99

Nota metodologica: valori estratti dalla selezione delle aree per la campagna 2015/2016. Le aree «Italia–Bolzano» e «Spagna–Rioja» sono sottoregioni, non mediane nazionali complete. I numeri vanno mantenuti insieme a questa precisazione in ogni successiva sintesi. Fonte statistica di base: Allegato 3 del rapporto [1].

5. Applicazione e qualità delle misure

Il confronto richiede concentrazioni su sostanza secca, parti di muschio e procedure di prelievo/preparazione coerenti con il protocollo ICP Vegetation [4]. Specie differenti, polvere aderente e condizioni di raccolta possono influenzare la comparabilità. Il giudizio finale TDE resta integrato tra suolo, acque e organismi e non consiste in una media compensativa dei diversi risultati.

6. Bibliografia e documenti metodologici

[1] Frontasyeva, M., Harmens, H., Uzhinskiy, A., Chaligava, O., and participants of the moss survey (2020). Mosses as biomonitors of air pollution: 2015/2016 survey on heavy metals, nitrogen and POPs in Europe and beyond. ICP Vegetation Moss Survey Coordination Centre, JINR, Dubna, 136 pp. ISBN 978-5-9530-0508-1. Allegato 3, pp. 51 ss. https://icpvegetation.ceh.ac.uk/sites/default/files/REPORT-Frontasyeva.pdf

[2] Gerdol, R., Bragazza, L., Marchesini, R., et al. (2000). Monitoring of heavy metal deposition in Northern Italy by moss analysis. Environmental Pollution. DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00189-X. https://iris.unife.it/handle/11392/1203574

[3] Lazo, P., et al. (2018). Origin and spatial distribution of metals in moss samples in Albania: A hotspot of heavy metal contamination in Europe. Chemosphere. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.09.132. https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/517990/

[4] ICP Vegetation (2015; materiali aggiornati per la campagna 2020). Moss Survey Protocol. Programme Coordination Centre, Centre for Ecology & Hydrology. https://icpvegetation.ceh.ac.uk/moss-survey-protocol

[5] Harmens, H., et al. (2015). Heavy metal and nitrogen concentrations in mosses are declining across Europe whilst some hotspots remain in 2010. Environmental Pollution 200, 93–104. DOI: 10.1016/j.envpol.2015.01.036.