

Moderní metody stanovení explozivních látek v životním prostředí

Explozivní látky představují skupinu environmentálních polutantů, které se do prostředí dostávají především v důsledku vojenských aktivit, výroby, skladování nebo likvidace munice. Jejich přítomnost v půdě a vodě je spojena s riziky pro ekosystémy i lidské zdraví. Některé sloučeniny, například **hexogen (RDX)** a **2,4-dinitrotoluen (2,4-DNT)**, jsou dokonce klasifikovány jako potenciální karcinogeny. Proto je monitoring, analytické stanovení a vypracování strategií účinného odstraňování výbušnin a jejich reziduí z životního prostředí zásadní pro účinnou minimalizaci souvisejících rizik.



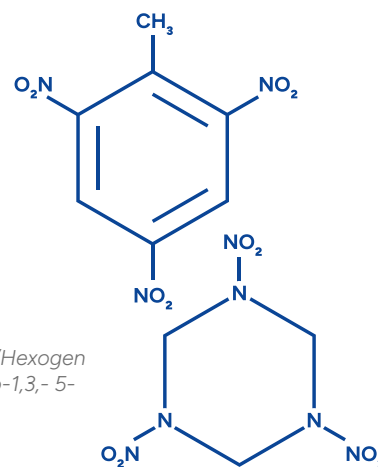
Obrázek 1: Ilustrativní obrázek

Výbušniny v životním prostředí

V roce 2025 laboratoř ALS rozšířila své analytické portfolio o akreditované metody pro stanovení výbušnin a souvisejících sloučenin ve vodě a půdě. Tyto postupy vycházejí z mezinárodně uznávaných norem, jako jsou US EPA 8330B, EN ISO 22478 a ISO 11916-1.

Návrh a zavádění efektivních postupů pro identifikaci a sanaci explozivních látek v environmentálních vzorcích, zejména ve vojenských testovacích oblastech, je v dnešní době zásadní krok. Současné metody jsou totiž závislé na omezených údajích o explozivních látkách a jejich dopadech na životní prostředí.

Běžně používané explozivní látky, jako jsou nitroaromáty a nitraminy, představují poměrně vysoké riziko kontaminace životního prostředí, přičemž nitraminy jsou navíc vysoce mobilní. Navzdory své reaktivitě jsou tyto látky za běžných podmínek v přírodě poměrně stabilní. Například TNT může v půdě přetrvávat desítky let, zejména v oblastech s omezeným přístupem kyslíku a nízkou mikrobiální aktivitou. Významným příkladem dlouhodobé kontaminace je oblast Kolberger Heide v Baltském moři, kam byla po druhé světové válce hromadně ukládána munice. Studie z roku 2025 potvrdila přítomnost metabolitů TNT v moči a žluči ryb, což potvrzuje bioakumulaci explozivních látek v mořských organismech a jejich přetrvávání v životním prostředí po více než osm desetiletí.



Obrázek 2: Vzorec TNT
(2,4,6-trinitrotoluen)

Obrázek 3: Vzorec RDX/Hexogen
(hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin)

Analýza výbušnin

Implementace přesných analytických metod umožňuje spolehlivou identifikaci a kvantifikaci širokého spektra explozivních látek, včetně jejich degradačních produktů, antioxidantů a propelantů. Zavedení těchto metod reflektuje rostoucí potřebu monitoringu explozivů v civilních i vojenských zdrojích.

Americká agentura pro ochranu životního prostředí (EPA) používá pro analýzu nitroaromatických látek, nitraminů a nitrátových esterů metodu 8330B (SW-846) pomocí HPLC, což je standardizovaná metoda, která zajišťuje přesné analytické výsledky.

V ALS se při zpracování a přípravě vzorků dodržují postupy dané příslušnými standardy a samotné analýzy jsou prováděny na nejmodernějších systémech HPLC-DAD poslední generace.

Každý pozitivní nález je nejprve ověřen na základě spektrální shody a následně potvrzován pomocí alternativní stacionární fáze chromatografické kolony. Tento postup zajišťuje vysokou spolehlivost naměřených dat.

Tabulka 1: Seznam cílových analytů pro jejich stanovení ve vodě a půdě.

ANALYT	Zkratka	CAS	LOR PŮDA (mg/kg)	LOR VODA (µg/L)
Oktahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocin	HMX / Oktogen	2691-41-0	0.2	0.4
Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin	RDX / Hexogen	121-82-4	0.2	0.4
1,3,5-trinitrobenzen	1,3,5-TNB	99-35-4	0.2	0.4
1,3 - Dinitrobenzen	1,3-DNB	99-65-0	0.2	0.4
Methyl-2,4,6-trinitrofenyl-nitramin	Tetryl / CE	479-45-8	0.2	0.4
Nitrobenzen	NB	98-95-3	0.2	0.4
2,4,6-trinitrotoluen	2,4,6-TNT	118-96-7	0.2	0.4
4-Amino-2,6-dinitrotoluen	4-Am-DNT	19406-51-0	0.2	0.4
2-Amino-4,6-dinitrotoluen	2-Am-DNT	35572-78-2	0.2	0.4
2,4-dinitrotoluen	2,4-DNT	121-14-2	0.2	0.4
2,6-dinitrotoluen	2,6-DNT	606-20-2	0.2	0.4
2-nitrotoluen	2-NT	88-72-2	0.2	0.4
3-nitrotoluen	3-NT	99-08-1	0.2	0.4
4-nitrotoluen	4-NT	99-99-0	0.2	0.4
Nitroglycerin / glycerol trinitrát	NG	55-63-0	1	1
Pentaerythritol tetranitrát	PETN	78-11-5	1	1
3,5 - Dinitroanilin	3,5 - DNA	618-87-1	0.2	0.4
Difenylamin	DPA / Dpha	122-39-4	0.2	0.4
N-nitrosodifenylamin	NDPhA	86-30-6	0.2	0.4

Obrázek 4: Polypropylenová vzorkovnice pro odběr pevných vzorků (půdy). Máte-li zájem o analýzu exploziv, kontaktujte nás, vzorkovnice vám budou dodány.



Požadavky na vzorek:

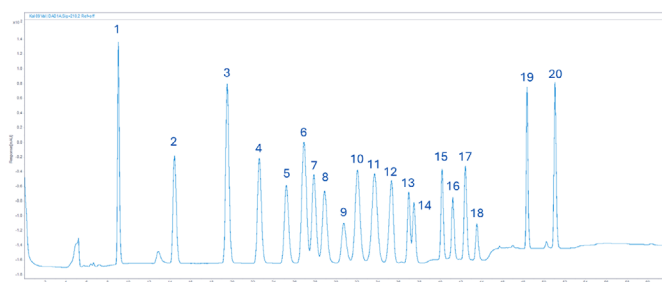
Voda: ideálně 2 l vzorku bez sedimentů, vzorkovnice z tmavého skla

Půda: ideálně 200 g vzorku, plastová nádoba (sáček/kelímek/ vzorkovnice - obr. 4)

Poznámka k odběrové nádobě: vzorky vody musí být odebírány a přepravovány POUZE v lahvích z tmavého skla, aby se zabránilo možné fotodegradaci cílových analytů. Vzorky půdy tmavou plastovou vzorkovnicí nevyžadují, vzorky půdy nejsou transparentní jako voda a fotodegradace nedosahuje takového stupně.

První testy a výsledky

První výsledky z laboratoře ALS ukazují na možné pozitivní nálezy hexogenu (RDX) v analyzovaných vzorcích, přičemž koncentrace ve vzorcích vod dosahují až desítek µg/l, v půdních vzorcích byly zjištěny hodnoty až v jednotkách mg/kg (sušiny původního vzorku). Ačkoli v současné době neexistují žádné legislativní požadavky na systematické monitorování explozivních látek v životním prostředí, zvýšené povědomí a porozumění těmto látkám jsou podnětem k postupným legislativním změnám. Například Kanada v roce 2020 zavedla povinné monitorování hexogenu (RDX) ve vodách používaných pro výrobu pitné vody s limitní hodnotou 100 µg/l, a to celé z důvodu pozitivních nálezů RDX v povrchových a podzemních vodách v blízkosti vojenských základen. Zavedení nových akreditovaných metod podle mezinárodních standardů představuje zásadní krok k efektivnímu monitoring explozivních látek v životním prostředí. Výsledky potvrzují přítomnost těchto polutantů v půdě a ve vodách a podtrhují tak nutnost jejich systematického sledování. Získaná data jsou klíčová nejen pro hodnocení environmentálních rizik, ale také pro navrhování vhodných sanačních opatření.



1,3-Dinitrobenzen; (6) 3,5-Dinitroanilin; (7) Tetryl; (8) Nitrobenzen; (9) Nitroglycerin; (10) 2,4,6-trinitrotoluen; (11) 4-amino-2,6-Dinitrotoluen; (12) 2-Amino-4,6-Dinitrotoluen; (13) 2,6-Dinitrotoluen; (14) 2,4-dinitrotoluen; (15) 2-nitrotoluen; (16) 4-nitrotoluen; (17) 3-nitrotoluen; (1) PETN; (19) N-nitrosodifenylamin; (20) Difenylamin.

Doba analýzy (TAT):

Výsledky stanovení výbušnin budou dodány do **10 - 14 dnů** v závislosti na typu matrice.

Expresní analýza NENÍ možná z důvodu technologických kroků zpracování vzorků.

Odkazy

Sledování výbušných kontaminantů z vyhozené munice v západní části Baltského moře pomocí analýzy moči a žluči tří druhů platýsů

Munice vyhozená do moře v Baltském moři podporuje vysokou početnost a rozmanitost epifauny

Technický informační list Dinitrotoluen (DNT) prosinec 2012

SKENUJTE QR KÓD