

*Hodnocení zátěže znečištěným ovzduším
na materiály kulturních a historických
památek na území České republiky*

Ing. Miloš Zapletal, Dr.

Ústav historie a muzeologie Slezské univerzity v Opavě

Znečišťování ovzduší má své příčiny a následky. Příčinou jsou *emise (úlety)* látek znečišťujících ovzduší z jednotlivých zdrojů. Spojení mezi příčinami a následky obstarává zemská atmosféra. Ovzduším jsou znečišťující látky od zdrojů k příjemcům přenášeny.

Znečišťující látky, které se vyskytují v přízemní vrstvě atmosféry a škodlivě působí na:

- materiály kulturních a historických památek**
 - muzejní sbírkové předměty**
 - přírodní ekosystémy (lesy, půda, voda)**
 - zdraví lidí**
- označujeme jako *imise*.**

Látky znečišťující ovzduší jsou důležitým faktorem v procesu poškozování kulturních a historických památek a muzejních sbírkových předmětů vytvořených z různých materiálů, včetně systémů, které jsou používány pro ochranu těchto materiálů.

Návrh metodologie zohledňuje korozivní a poškozující působení:

- *oxidu siřičitého*
- *oxidů dusíku*
- *přízemního ozonu*
- *atmosférické depozice síry a dusíku*

v kombinaci s:

- *klimatickými parametry*
- *dalšími vlivy životního prostředí*

na materiály z kamene:

- *pískovce*
- *vápence*

kovy:

- *ocel*
- *zinek*
- *hliník*
- *měď*
- *bronz*

Metodologie hodnocení zátěže znečištěným ovzduším definuje metody a postupy pro mapování „přijatelných hodnot expozice“ znečišťujících látek, které působí na kulturní a historické památky a vybrané muzejní sbírkové předměty.

Cílem navržené metodologie je:

- určení a hodnocení *přijatelných úrovní látek znečišťujících ovzduší* (oxidu siřičitého, oxidů dusíku, ozonu) a jejich překročení na území České republiky**
- poskytnutí podkladů pro podporu trvalého sledování a komplexního vyhodnocování negativních důsledků fyzikálně - chemického poškozování materiálů kulturních a historických památek a vybraných sbírkových předmětů látkami znečišťujícími ovzduší**
- praktická realizace strategie ochrany kulturního dědictví proti vlivům prostředí, s případným následným vyhodnocováním ekonomických škod pro společnost.**

Aplikace metodologie:

- statistické a matematické zpracování existujících naměřených (modelovaných) údajů o imisních koncentracích oxidu siřičitého, oxidů dusíku, ozonu, environmentálních a klimatických parametrů na území České republiky v časovém období 1991 až 1998 (dle dostupnosti dat)**
- matematické modelování úrovně korozního napadení materiálů (aktuální, přijatelné), přijatelných úrovní oxidu siřičitého, oxidů dusíku a ozonu na základě posouzených a vybraných mezinárodně akceptovaných dávkově-reakčních funkcí pro sledované materiály kulturních památek (železo, ocel, zinek, měď, bronz, vápenec, pískovec).**
- výběr, hodnocení a deskripce prostorové distribuce vybraných kulturních a historických památek a muzejních předmětů lze provést dle významu, případně míry poškození těchto památek a míry imisního zatížení území, přičemž mohou být využity poznatky z realizovaných průzkumů některých kulturních a historických památek na území České republiky a podklady SÚPP (průzkumy stavu materiálu, restaurátorské, přírodovědné průzkumy atd.).**

- na základě informací o regionálním rozložení environmentálních charakteristik a vybraných kulturních a historických památek lze provést hodnocení stupně zátěže prostředí ve vztahu k jednotlivým vybraným památkám a ve vztahu k distribuci kulturních a historických památek na sledovaném území, což umožňuje návrh strategie pro praktickou realizaci protikorozní ochrany, rekonstrukce a obnovy vybraných kulturních památek a vybraných muzejních sbírkových předmětů.

Metodologie

1. Určení pozad'ových stupňů koroze a poškození (K₁₀)

Tab. 1 Pozad'ové hodnoty stupně koroze a poškození K₁₀ pro různé materiály založené na UN ECE ICP Materials exposure programme vyjádřené v g/m² po 4 leté expozici.

Materiál	Pozad'ové hodnoty stupně koroze a poškození
Ocel vystavená vlivům počasí	204
Zinek	17.1
Hliník	0.67
Měď	14.0
Bronz	11.6
Vápenec	44.0
Pískovec	40.0

2. Výpočet přijatelných stupňů koroze (poškození) (Jsou definovány jako n násobky pozad'ových stupňů koroze (poškození). Bylo doporučeno, aby byla použita hodnota n v rozmezí 1.2 až 2.

3. Výpočet reálných stupňů koroze (poškození) (vypočtou se použitím dávkově-reakčních funkcí)

4. V místech, kde je přijatelný stupeň koroze (poškození) překročen reálným stupněm koroze (poškození) se vypočte přijatelná úroveň (imisní koncentrace) oxidu siřičitého, oxidů dusíku a přízemního ozonu

Přijatelná (akceptovatelná) expoziční úroveň nebo zátěž znečišťujících látek pro kulturní a historické památky a materiály (sbírkové předměty) je koncentrace nebo depozice, která nevede k neakceptovatelnému vzrůstu stupně koroze nebo poškození.

Dávkově-reakční funkce

Rovnice pro následující materiály jsou vyjádřeny s ohledem na procesy mapování. Tyto rovnice byly validovány pro nekryté materiály, vystavené expozici. Existují rovněž rovnice pro všechny tyto materiály, v případě, že jsou ukryté (depozitář).

Kovy:

Ocel vystavená vlivům počasí

$$ML = 85 + 0.26 \text{ TOW} (\text{SO}_2)(\text{O}_3) + 432 \text{ TOW}$$

Zinek

$$ML = 14.5 + 0.043 \text{ TOW} (\text{SO}_2)(\text{O}_3) + 80 \text{ Rain} (\text{H}^+)$$

Hliník

$$ML = 0.85 + 0.0028 \text{ TOW} (\text{SO}_2) (\text{O}_3)$$

Měď

$$ML = 19.3 + 0.011 (\text{SO}_2)(\text{O}_3) + 162 \text{ Rain} (\text{H}^+)$$

Bronz

$$ML = 11.8 + 0.047 \text{ TOW} (\text{SO}_2) (\text{O}_3)$$

Materiál z kamene:

Vápenec

$$ML = 34.4 + 5.96 \text{ TOW}(\text{SO}_2) + 388 \text{ Rain} (\text{H}^+)$$

Pískovec

$$ML = 29.2 + 6.24 \text{ TOW} (\text{SO}_2) + 480 \text{ Rain} (\text{H}^+),$$

kde

ML = reálný stupeň poškození = ztráta hmoty po 4 - leté expozici, g/m²

TOW = doba, kdy relativní vlhkost je větší než 80% a teplota je větší než 0 stupňů C

(SO₂) = koncentrace, g/m³

(O₃) = koncentrace, g/m³

Rain = úhrn srážek, m/rok

(H⁺) = koncentrace, mg/l

V místě, kde je překročen přijatelný stupeň koroze (poškození), jsou použita stejná data a dávkově-reakční funkce k výpočtu

- koncentrace SO₂**
- koncentrace O₃**
- H⁺ zátěže,**

kteřé udrží tento stupeň na přijatelné úrovni.

Následující rovnice ukazují příklad pro zinek. Pro ostatní materiály jsou rovnice vytvořeny analogickým způsobem.

$$(SO_2) = (17.1 \times n - 14.5 - 80 \text{Rain}(H^+)) / 0.043 \text{TOW}(O_3)$$

$$(O_3) = (17.1 \times n - 14.5 - 80 \text{Rain}(H^+)) / 0.043 \text{TOW}(SO_2)$$

$$(\text{Rain}(H^+)) = (17.1 \times n - 14.5 - 0.043 \text{TOW}(SO_2)(O_3)) / 80,$$

kde

(SO₂) = přijatelná koncentrace pro korozi zinku

(O₃) = přijatelná koncentrace pro korozi zinku

Rain (H⁺) = přijatelná hodnota H⁺ zátěže (odvozena ze srážkového úhrnu (m/rok) a koncentrace H⁺ (mg/l))

n = přijatelný stupeň poškození / pozad'ový stupeň poškození

Shrnutí hlavních přínosů navržené metodologie

1. Určení a interpretace přijatelných úrovní látek znečišťujících ovzduší a jejich překročení pro vybrané materiály kulturních památek pro potřeby *zhodnocení* stávajícího stavu a *predikce* vývoje poškození těchto kulturních památek znečišťujícími látkami podle mezinárodně akceptované metodiky.

2. Vytvoření podkladů pro:

- podporu trvalého sledování a komplexního vyhodnocování negativních důsledků fyzikálně-chemického poškozování materiálů kulturních památek látkami znečišťujícími ovzduší**
- praktickou realizaci strategie ochrany kulturního dědictví proti vlivům prostředí**
- praktickou realizaci strategie omezení emisí potencionálních znečišťovatelů, kteří se nejvíce podílejí na poškozování kulturních památek**
- vyhodnocování ekonomických škod, a to s možností zpětného vymáhání náhrad škod, které byly způsobeny např. emisemi průmyslových podniků.**

