SLEZSKÁ UNIVERZITA V OPAVĚ

Filozoficko-přírodovědecká fakulta v Opavě

Bc. David Witoš

Obor: Ochrana kulturního dědictví

Metodika zpracování vlivu znečišťujících látek na vybrané sakrální objekty v Moravskoslezském kraji a návrh jejich konzervace

The Methodology of Pollutants on the Sacral Objects in Moravian-Silesian Region and the Proposal of their Preservation

Diplomová práce

Opava 2020

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Marian HOCHEL, Ph.D.

Abstrakt

Cílem diplomové práce je přiblížit a na vybraných příkladech implementovat vliv znečišťujících látek v ovzduší v Moravskoslezském kraji v průběhu posledních let. Budou vybrány dva objekty sakrální architektury, konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě a kostel Panny Marie Královny v Ostravě.

Teoretická část práce se bude zabývat historickým a stavebním vývojem daných památek. S využitím dostupné literatury a pramenů bude provedena syntéza dosavadních poznatků, jež budou zhodnoceny ve prospěch sledovaného tématu. V praktické části práce budou uvedeny přijatelné korozní limity a rovnice znehodnocení pro pískovec, vápenec, měď, zinek a ocel. S pomocí rovnic znehodnocení bude vypočítán korozní úbytek daných materiálů. V této části práce budou využity informace z oficiálních internetových stránek ČHMÚ. Na základě aplikovaných metod a získaných korozních úbytků daných materiálů bude vypracováno výsledné stanovisko o vlivu znečišťujících látek v dané oblasti. V rámci vyhodnocení získaných údajů, po analýze aktuálního stavu poškození a degradace bude doporučen postup konzervace vybraných materiálů a způsob ochrany památek před škodlivým vlivem znečišťujících látek.

Abstract

The aim of the diploma thesis is to describe and to implement selected pollutants in the Moravian-Silesian region in recent years. Two objects of sacral architecture will be selected, the Concathedral of the Assumption of the Virgin Mary in Opava and the Church of the Virgin Mary Queen in Ostrava.

The theoretical part will deal with the historical and constructional development of the monuments. Using the available literature and sources, a synthesis of existing knowledge will be carried out, which will be evaluated in favor of the monitored topic. Acceptable corrosion limits and degradation equations for sandstone, limestone, copper, zinc and steel will be presented in the practical part. The corrosion loss of the materials will be calculated using the degradation equations. In this part of the thesis, information from the official website of ČHMÚ will be used. On the basis of applied methods and obtained corrosion losses of given materials will be elaborated final opinion on influence of pollutants in given area. As part of the evaluation of the obtained data, after the analysis of the current state of damage and degradation, the procedure of preservation of selected

materials and the way of protection of monuments against harmful influence of pollutants will be recommended.

Keywords:

Pollutants, Sacral Architecture, Degradation Equations, Corrosion Loss

SLEZSKÁ UNIVERZITA V OPAVĚ

Filozoficko-přírodovědecká fakulta v Opavě

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Akademický rok: 2019/2020

Zadávající ústav: Ústav historických věd

STUDENT: David Witoš

UČO: 41927

Program: Historické vědy

Obor: Ochrana kulturního dědictví

Téma práce: Metodika působení vlivu znečišťujících látek na vybrané sakrální objekty v Moravskoslezském kraji a návrh jejich konzervace

Téma práce anglicky: The Methodology of pollutants on the sacral objects in Moravian-Silesian region and the proposal for their preservation

Zadání: Cílem diplomové práce je přiblížit a na vybraných příkladech implementovat vliv znečišťujících látek v ovzduší v Moravskoslezském kraji v průběhu posledních let. Budou vybrány dva objekty sakrální architektury, konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě a kostel Panny Marie Královny v Ostravě. Teoretická část práce se bude zabývat historickým a stavebním vývojem daných památek. S využitím dostupné literatury a pramenů bude provedena syntéza dosavadních poznatků, jež budou zhodnoceny ve prospěch sledovaného tématu. V praktické části práce budou uvedeny přijatelné korozní limity a rovnice znehodnocení pro pískovec, vápenec, měď, zinek a ocel. S pomocí rovnic znehodnocení bude vypočítán korozní úbytek daných materiálů. V této části práce budou využity informace z oficiálních internetových stránek ČHMÚ. Na základě aplikovaných metod a získaných korozních úbytků daných materiálů bude vypracováno výsledné stanovisko o vlivu znečišťujících látek v dané oblasti. V rámci vyhodnocení získaných údajů, po analýze aktuálního stavu poškození a degradace bude doporučen postup konzervace vybraných materiálů a způsob ochrany památek před škodlivým vlivem znečišťujících látek.

LITERATURA:

ANTONÍN, R., ČAPSKÝ, M., JANÁK, V., KOUŘIL, P., PRIX, D., JIRÁSEK, Z. Slezsko v dějinách českého státu I., Od pravěku do roku 1490. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2012. BAKALA, J. Moravskoslezské pomezí v proměnách 13. věku. Brno, 2002. BAKALA, J. Dějiny Ostravy. Ostrava: Nakladatelství Sfinga, 1993. BEDNÁŘ, J., ZIKMUNDA, O. Fyzika mezní vrstvy atmosféry. Praha: Academia, 1985. BECHNÝ, J., KOUŘIL, P., BAKALA, J. a kol. Slezsko. Opava: Matice slezská, 1992. BLAŽÍČEK, O. a kol. Slovník památkové péče. Praha: Sportovní a turistické nakladatelství, 1962. BOGDAN, H. Řád německých rytířů. Praha: Garamond, 2009. BRANIŠ, M., HŮNOVÁ, I. Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha, 2009. ČECHOVÁ, V. Geneze středověké Opavy a tržní sítě na Opavsku do konce 13. století. Ostrava: Pedagogická fakulta, 1970. GRŮZA, A. Opavská konkatedrála po požáru z roku 1698, in: Sborník Národního památkového ústavu v Ostravě. Ostrava: Národní památkový ústav v Ostravě, 2003, s. 20-27. GRŮZA, A. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně historický průzkum V. Ostrava: Státní památkový ústav v Ostravě, 2002. KOPECKÁ, I. Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené. Praha: Laurur press servis, 2002. KOUŘILOVÁ, D. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně historický průzkum III. Ostrava: Státní památkový ústav v Ostravě, 2002. KOTLÍK, P. Stavební materiály historických objektů. Praha, 1999. MÜLLER, K., ŽÁČEK, R. a kol. Opava. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2006. NOVÁK, P. Korozní inženýrství. Praha, 2002. PEŘICH, L. Ke vzniku města Opavy, in: Slezský sborník: Acta Silesiaca. Ročník 52 (12)/1954. Opava: Slezský studijní ústav, 1954, s. 232-237. ŠIGUT, F. Dějiny kostela Panny Marie a komendy Německého řádu v Opavě, in: Slezský sborník: Acta Silesiaca: Ročník 67 (4)/1969. Opava: Slezský studijní ústav, 1969, s. 476-489. ŠOPÁK, P. Opava: Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie. Velehrad: Historická společnost Starý Velehrad se sídlem na Velehradě, 2000. ZAPLETAL, M. Atmosférická depozice acidifikačních činitelů na území České republiky. Opava, 1997. ZAPLETAL, M. Návrh metodologie mapování zátěže znečištěným ovzduším na materiály kulturních a historických památek a vybraných muzejních sbírkových předmětů na území České republiky, in: Acta historica et museologica Universitatis Silesianae Opaviensis, Series C, 4. 1999, s. 141-146. ZAPLETAL, M., SKOŘEPOVÁ, I., KAZMAROVÁ, H., TRUMPEŠOVÁ, Z., HOLOUBEK, I., ČUPR, P., SÁŇKA, M., ŠRÁMEK, V., CHROUST, P. Zjišťování účinnosti opatření na omezení znečišťování ovzduší na základě snížení negativních účinků polutantů na složky životního prostředí a lidské zdraví. Opava, 2002. VOJTAL, P. K regotizaci proboštského chrámu Nanebevzetí Panny Marie v Opavě, in: Opava: sborník k dějinám města 1. Opava: Matice Slezská, 1998, s. 109-116. WAYNE, R. Chemistry of Atmospheres. Oxford: University Press, 2006.

VEDOUCÍ práce: PhDr. Marian Hochel, Ph.D.

DATUM zadání práce: 16. 1. 2020

Souhlasím se zadáním (podpis, datum):

.....

doc. Mgr. Martin Pelc, Ph.D.

VEDOUCÍ ÚSTAVU

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Opavě dne …….

……..

David Witoš

Poděkování

Rád bych poděkoval za odborné vedení, rady a cenné poznatky k danému tématu vedoucímu práce PhDr. Marianu Hochelovi, Ph.D. Veliké poděkování patří doc. Ing. Miloši Zapletalovi, Dr., za odbornou konzultační pomoc při zpracování tématu a cenné rady.Také bych rád poděkoval mé rodině a přátelům za podporu a pomoc během mého studia.

Obsah

Úvod ... 8
1 Vznik města Opavy a založení chrámu Panny Marie ... 11
1.1 Gotická stavební fáze ... 14
1.2 Barokní výstavba ... 19
1.3 Stavební úpravy v 19. století a regotizace chrámu na přelomu 19. a 20. století ... 21
1.4 Stavební úpravy kostela ve 20. století ... 23
1.5 Lokalizace objektu ... 26
1.6 Architektonický popis objektu ... 27
2 Historie chrámu Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských Horách ... 31
2.1 Lokalizace objektu ... 35
2.2 Popis objektu a architektonické členění ... 36
3 Stavební materiály historických objektů a příčiny jejich koroze ... 37
3.1 Druhy koroze stavebních materiálů ... 37
3.2 Příčiny koroze stavebních materiálů a druhy napadení ... 37
3.2.1 Biologické napadení ... 37
3.2.2 Vliv fyzikální a chemické koroze na stavební materiály ... 40
3.3 Stavební materiály historických staveb a jejich degradační faktory ... 41
3.3.1 Kamenné materiály ... 41
3.3.2 Kovové materiály ... 43
3.4 Atmosférická koroze a její působení na materiály ... 44
4 Konzervace stavebních materiálů ... 46
4.1 Základní terminologie a pojmy ... 46
4.2 Průzkum kamenných materiálů ... 46
4.3 Konzervace kamenných materiálů ... 47
4.3.1 Mechanické čištění ... 48
4.3.2 Chemické čištění ... 49
4.4 Průzkum kovových materiálů ... 50
4.5 Konzervace kovových materiálů ... 51
5 Environmentální situace v České republice a její legislativa ... 54
5.1 Právní předpisy v České republice ... 54
5.2 Předpisy EU na ochranu ovzduší ... 55
5.3 Znečištění ovzduší a jeho následky ... 56
5.4 Emisní zdroje znečišťování REZZO 1–4 ... 59
5.5 Emisní zdroje znečišťování na území města Opavy a Ostravy ... 61

5.6 Environmentální situace v Ostravě 63
5.7 Environmentální situace v Opavě 66
6 Informace pro výpočet korozního úbytku 69
6.1 Oxidy síry 72
6.2 Oxidy dusíku (NO_x) 76
6.3 Přízemní ozon (O_3) 80
7 Výpočet korozního úbytku 87
7.1 Výpočet přijatelného korozního úbytku 88
7.2. Aktuální stupně koroze 89
8 Analýza zhodnocení reálného stavu vybraných památek 101
8.1 Analýza poškození konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie 101
8.1.1 Test pískovcových částí na přítomnost chloridů a síranů 103
8.2 Analýza stavu degradace kostela Panny Marie Královny 104
9 Návrh konzervace vybraných materiálů sakrálních památek 106
9.1 Návrh konzervace vybraných částí konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie 106
9.1.1 Preventivní konzervace 108
9.2 Návrh konzervace vybraných částí kostela Panny Marie Královny 108
9.2.1 Preventivní konzervace 109
10 Diskuze výsledků korozních úbytků 110
Závěr 113
Seznam použitých zdrojů a literatury 115
Seznam tabulek 124
Seznam příloh 126
Obrazová příloha 131

Úvod

Znečišťující látky v ovzduší jsou důležitým faktorem poškození a degradace materiálů kulturních památek. Důsledkem jejich působení dochází k nevratným kulturním a ekonomickým ztrátám, včetně narušení památkové hodnoty historických objektů. Cílem této diplomové práce je poukázat na degradační vliv škodlivých látek v ovzduší v Moravskoslezském kraji, včetně jejich negativního působení na vybrané materiály památkových objektů a navrhnout způsob jejich konzervace. Z hlediska struktury je diplomová práce členěná do devíti kapitol. Prvních pět kapitol tvoří hlavní osu teoretické části práce. Informace uvedené v teoretické části budou následně využity v kapitolách šest až devět, zabývajících se praktickou rovinou analýzy znečištění ovzduší v Moravskoslezském kraji a následnému návrhu konzervace napadených a degradovaných materiálů památkových objektů.

V první kapitole bude sumarizován stavebně-historický vývoj národní kulturní památky konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie od jejího vzniku až po současnost. Stavebně-historický vývoj je zde nastíněn s pomocí stavebně-historického průzkumu, který provedl Státní památkový ústav v Ostravě v roce 2002, v čele s Antonínem Grůzou a Danou Kouřilovou. Zbylé informace byly doplněny s pomocí monografií, které jsou uvedené v seznamu literatury. Pozornost bude věnována také opravám a rekonstrukcím uskutečněných ve 21. století, s využitím úředních dokumentů Národního památkového ústavu. S nástinem historického vývoje chrámu úzce souvisí samotný vznik města Opavy a vznik Řádu německých rytířů. Obě tyto události budou rovněž s využitím literatury popsány. Na závěr první kapitoly bude vykresleno současné architektonické členění chrámu.

Druhá kapitola se bude věnovat historii založení obce Mariánských Hor a s tím spojeným zřízením prvního sakrálního svatostánku na katastrálním území nynější městské části Ostrava-Mariánské Hory. Bude zde sumarizován stavebně-historický vývoj kostela Panny Marie Královny od přípravných akcí spojených se zajišťováním potřebných financí na stavbu, až po opravy a celkovou rekonstrukci exteriéru na počátku 21. století. Závěr druhé kapitoly je věnován nynějšímu stavu a architektonickému členění kostela, které popsal ve svých restaurátorských zprávách Ladislav Werkmann.

Třetí kapitola se bude zabývat popisem degradačních faktorů, které způsobují korozi u kamenných a kovových materiálů staveb. Detailně budou s pomocí odborných článků popsány fyzikální, chemické a biokorozní vlivy, včetně popisu a klasifikace vybraných kamenných a kovových materiálů.

Čtvrtá kapitola představí způsob konzervace kamenných a kovových materiálů, od průzkumu, čištění, až po samotnou konzervaci a závěrečné povrchové úpravy.

Pátá kapitola má za cíl uvést legislativní rámce na ochranu ovzduší v České republice a Evropské unii. Budou shrnuty základní právní předpisy a normy, které byly za účelem ochrany ovzduší vydány. Následně zde budou s využitím odborné literatury definovány následky znečištění ovzduší a popsány základní klimatické jevy projevující se na klimatu Země. Konkrétní pozornost bude věnována pro oblast Opavy a Ostravy. Budou popsány a definovány koncentrace znečišťujících látek, získaných ze stránek Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) na území obou městských celků v rozmezí let 2010–2017, včetně rozboru překročení stanovených imisních limitů a vlivu škodlivých látek na lidský organismus. V závěru této kapitoly jsou v **tabulkách 1 a 2** uvedeny údaje o emisních zdrojích na území měst Opavy a Ostravy.

V šesté kapitole budou detailně popsány škodlivé látky v ovzduší způsobující korozní úbytek u vybraných materiálů, včetně jejich dělení, popisu antropogenních a přírodních zdrojů a vlivu na lidské zdraví. Součástí šesté kapitoly jsou tabulky a grafy s vývojem koncentrací látek na území měst Opavy a Ostravy za sledované období.

V sedmé kapitole je pomocí rovnic znehodnocení vypočítán korozní úbytek pro pískovec, vápenec, bronz, měď a ocel, za období let 2010–2017. Aktuální korozní úbytek získaný z dat naměřených během sedmi let na konkrétním území a vypočítaný pomocí rovnic znehodnocení, bude porovnán se stanoveným přijatelným korozním úbytkem, jehož bylo dosaženo vynásobením pozaďového korozního úbytku násobkem n. Výsledná data jsou uvedena v **tabulkách 14 až 30** a graficky znázorněna na **obrázcích 18 až 33**.

Osmá kapitola obsahuje analýzu stavu vybraných památek, získanou z vizuálního průzkumu. Bude zde popsán reálný stav objektů, jednotlivé typy poškození a degradace, s využitím teoretické části práce.

V deváté kapitole bude navržen postup konzervace vybraných částí památkových objektů. S využitím restaurátorských záměrů budou popsány základní kroky pro

prekonsolidaci, čištění, tmelení a základní povrchové úpravy, včetně doporučeného systému preventivní konzervace.

1 Vznik města Opavy a založení chrámu Panny Marie

Nejstarší písemné zprávy o nynější konkatedrále Panny Marie jsou spjaté se samotným vznikem a raným vývojem Opavy. Město Opava leží v Opavské pahorkatině a protéká jím řeka Opava. Původní osada se rozkládala na levém břehu řeky Opavy, v místech dnešní městské části Kateřinky. Kronika opavská udává letopočet 1124. Tehdy se jádro města přesunulo z levého břehu na pravý. V místech dnešní Masarykovy třídy byla založena tržní osada, což bylo nejstarší jádro nynější Opavy. Obchodní ruch se pozvolna přestěhoval na později založené náměstí zvané Dolní. V souvislosti s nárůstem obyvatelstva bylo vybudováno druhé náměstí, Horní. Jeho založení lze datovat současně se vznikem Dolního náměstí, nebo těsně po.[1] V důsledku čilého stavebního vývoje se ke konci 12. století původní tržní osada rozrostla ve významnější sídlištní útvar.[2] První písemná zpráva o Opavě pochází z konce 12. století, respektive se datuje k 26. prosinci 1195.[3] Toho roku se v Opavě zastavil společně se svým průvodem olomoucký údělný kníže Vladimír a vydal listinu pro hradišťský premonstrátský klášter.[4]

Opavu už jako městský útvar prameny poprvé zmiňují v roce 1224, v souvislosti s konfirmační listinou krále Přemysla Otakara I. (1155–1230), vydanou v Hulíně a adresovanou městu. Vydání této listiny souviselo se zájmem tehdejší nejbohatší společenské vrstvy, vrstvy kupecké, a jejích konkrétních potřeb. Podle Vladimíry Čechové listina ukládala osvobození opavských obyvatel od celních poplatků v Hlubčicích na cestě do Dolního Slezska a Polska.[5] Jedním z důležitých obchodních artiklů na této obchodní cestě bylo víno.[6]

Někdy přibližně v téže době došlo ke změně názvu provincie z holasické na opavskou. Nové pojmenování je poprvé doloženo k roku 1220.[7] Avšak označení kraje krajem holasovickým, tedy Holasickem, nějakou dobu přetrvávalo. Což dokazuje listina z roku 1229.[8] Městská zakládací listina povyšující Opavu na město se nedochovala.

[1] PEŘICH, Leopold. Ke vzniku města Opavy, in: Slezský sborník: Acta Silesiaca. Ročník 52 (12) /1954, Opava 1954, s. 236.
[2] ČECHOVÁ, Vladimíra. Geneze středověké Opavy a tržní sítě na Opavsku do konce 13. století, Ostrava 1970, s. 9.
[3] Z dějin města Opavy: metodický list k 750. výročí první zmínky o městě, Opava 1974, s. 16.
[4] ANTONÍN, Robert, ČAPSKÝ, Martin, JANÁK, Vratislav, KOUŘIL, Pavel, PRIX, Dalibor, JIRÁSEK, Zdeněk. Slezsko v dějinách českého státu I., Od pravěku do roku 1490, Praha 2012, s. 178.
[5] ČECHOVÁ, Geneze středověké Opavy, s. 11.
[6] ANTONÍN – ČAPSKÝ – JANÁK – KOUŘIL – PRIX – JIRÁSEK, Slezsko, s. 205.
[7] GRŮZA, Antonín. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum V., Ostrava 2002, s. 35.
[8] PEŘICH, Ke vzniku města Opavy, s. 237.

Jaroslav Bakala ovšem předpokládá, že k udělení městských práv pro Opavu muselo dojít okolo roku 1215.[9]

Počátky výstavby farního kostela Nanebevzetí Panny Marie úzce souvisí s Řádem německých rytířů. Jeho vznik lze datovat do roku 1191, kdy byl založen během třetí křížové výpravy při obléhání města Akkonu v severní Palestině.[10] Původním úkolem řádu bylo pečovat o hospic německých poutníků mířících do Palestiny.[11] Po pádu Akkonu musel Řád německých rytířů přesídlit do Evropy. Dalším sídlem se staly do roku 1309 Benátky.[12] V roce 1222 podnikl Řád křížové výpravy proti pohanským Prusům a postupně si začal vytvářet nové základny na severu Evropy. Z mnoha příkladů lze například uvést hrad Toruň, založený v roce 1233, hrad Elblag a v letech 1275–1300 došlo k výstavbě hradu Malbork, ze kterého se později stalo významné sídlo velmistra řádu, jenž se sem přesunul z Benátek.[13] Do českých zemí se Řád německých rytířů dostal koncem 12. století. Svou aktivitu nejdříve vyvíjel v okolí Prahy. Antonín Grůza uvádí, že v roce 1197 získal Řád v Praze na Starém Městě místo pro špitál v osadě německých kupců, při kostele sv. Petra na Poříčí.[14]

Řád německých rytířů přišel na území města Opavy začátkem roku 1203, což dokazuje listina papeže Inocence III. z roku 1204. Tato listina byla adresována Řádu německých rytířů v Praze. Potvrzovala nabytí pozemků v Opavě, které Řád obdržel od moravského markraběte Vladislava Jindřicha (1160–1222), českého krále Přemysla Otakara I. a později také od knížete Konráda Otty (1135–1191).[15] Pokud vycházíme z tohoto pramene, můžeme usuzovat, že k výstavbě románského kostela na místě dnešní západní strany Horního náměstí došlo zhruba po tomhle roce.[16] V souvislosti s tím, že Opava byla odedávna výhodně položena na tzv. Polské cestě, po které se pohybovalo veliké množství kupců a řemeslníků, výstavba kostela byla důležitým faktorem poskytujícím duchovní potřebu nejen řádovým členům, ale zároveň i místnímu obyvatelstvu.

[9] BAKALA, Jaroslav. Moravskoslezské pomezí v proměnách 13. věku, Brno 2002, s. 558.
[10] ŠIGUT, František, in: Slezský sborník: Acta Silesiaca: Ročník 67 (4)/1969, Opava 1969, s.476.
[11] BOGDAN, Henry. Řád německých rytířů, Praha 2009, s. 24.
[12] Tamtéž, s. 81.
[13] GRŮZA, Konkatedrála, s. 41.
[14] Tamtéž, s. 41.
[15] PEŘICH, Ke vzniku města Opavy, s. 234.
[16] GRŮZA, Konkatedrála, s. 36.

K roku 1222 se váže potvrzení krále Přemysla Otakara I., které potvrzuje Řádu německých rytířů veškeré statky darované mu Konrádem Ottou nebo Vladislavem Jindřichem. Zároveň byly odejmuty z pravomoci zemských soudů a osvobozeny od zemských dávek a robot.[17]

Kostel Panny Marie se stal jediným farním kostelem a tedy hlavním městským chrámem. Tuto skutečnost dokládá i první písemná zmínka o farním kostele, privilegium českého krále Václava I. (1205–1253), pro Řád německých rytířů z 12. května roku 1237. Panovník potvrdil Řádu německých rytířů držení fary v Opavě, společně se čtyřmi vesnicemi na Opavsku.[18] Není známo, jestli tato původní románská stavba byla dřevěná nebo zděná. Ani samotné umístění původního kostela na místě dnešní konkatedrály není zatím nijak potvrzeno.[19] Zasvěcení kostela Panně Marii dosvědčuje zachovaná datační formule dokumentu z 12. srpna, pravděpodobně roku 1290.[20] Co se týče velikosti opavské komendy a počtu jejich řádových členů, nejsou pro dobu 13. století žádné zprávy. Z popisu Františka Šiguta vyplývá, že ve 14. století byla opavská komenda osazena 4–5 členy. Patřila tak k menším domům v české provincii.[21]

[17] ŠIGUT, s. 476.
[18] MÜLLER, Karel., ŽÁČEK, Rudolf. a kol. Opava, Praha 2006, s. 341.
[19] Tamtéž, s. 341.
[20] ŠOPÁK, Pavel. Opava: Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie, Velehrad 2000, s. 4.
[21] ŠIGUT, s. 478.

1.1 Gotická stavební fáze

Společně s populačním růstem Opavy, povýšením osady na město a nesporným faktem, že se město vyvinulo v metropoli opavského vévodství, přestal původní románský kostel splňovat kapacitní nároky obyvatelstva. V poslední třetině 13. století započaly stavební práce směřující k úpravě a rozšíření stávajícího farního kostela, na nichž se podílel jak Řád německých rytířů, tak nepřímo i opavští měšťané.[22]

Řádová aktivita přinesla z počátku poslední třetiny 13. století výstavbu spodní partie severní věže, která byla vyzděna z cihel na podnoži z tufitových kvádrů. Ty Řád těžil na vlastních pozemcích v okolí hory Roudna.[23] Přízemí věže bylo zaklenuté a do vyšších pater vedlo schodiště, které je nyní nepřístupné. Z exteriéru ho na západní straně dokládají novogoticky upravená okénka s půlkruhovými záklenky.[24] Původní zaklenutí přízemí severní věže poukazovalo právě na schodištní pozůstatky. Zvonice severní věže byla postavena kolem roku 1300, či později v prvních desetiletích 14. století. Po svém obvodu byla ze čtyř stran pročleněna dvojicí slepých lomených nik, do nichž byla zasazena okna nejvyšší etáže. Z této doby se nám dochovaly pískovcové kružby tvořené pětilisty.[25]

Dnešní jižní věž farního kostela byla postavena zhruba ve stejném období kolem roku 1300. Stavební práce v té době započalo také město Opava, jehož stavitelé postavili na jih od nové kostelní věže hranolovou městskou věž. Nejdříve stála samostatně před jihozápadním nárožím původního románského chrámu. Nároží věže byla armována tufitovými kvádry. Na vrcholku byl osazen městský orloj. V roce 1337 nechali opavští měšťané ulít na vlastní náklady zvon. Téhož roku určil tehdejší opavský komtur bratr Bedřich, že zvon nadále zůstane v majetku města.[26] Jelikož každá z věží byla postavena jiným stavebníkem, došlo v rozmezí let 1320–1330 k dohodě. Měšťané podstoupili jižní věž Řádu německých rytířů s logickým odůvodněním. Bylo potřeba urychlit výstavbu nového kostela.[27]

V souvislosti se vznikem dvou dalších klášterních kostelů v Opavě (kostel sv. Václava a kostel sv. Ducha), zde nastalo určité soupeření o duchovní hegemonii nad

[22] ŠOPÁK, Opava, s. 4.
[23] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 342.
[24] ŠIGUT, s. 481.
[25] ŠOPÁK, Opava, s. 4.
[26] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 359.
[27] ŠOPÁK, Opava, s. 5.

městem. V průběhu dvacátých a třicátých let 14. století nadešlo k úpadku moci Řádu německých rytířů v Opavě. Tato situace předurčila zvyšující se moc městské rady nad farním kostelem, který se po událostech první poloviny 14. století stal kostelem městským.[28]

Stavba pětiboce uzavřeného presbytáře započala pravděpodobně ve dvacátých či třicátých letech 14. století. Dvacet metrů vysoký presbytář s dvojicemi velmi vysokých úzkých lomených oken, musel být kvůli vychýlení jižní zdi při stavebních pracích na jihovýchodě a severovýchodě podepřen dvěma opěrnými oblouky.[29] Severní oblouk se zřítil kolem roku 1687. Jižní opěrný oblouk je zachován dodnes. Původní projektované šestidílné klenby presbytáře byly nahrazeny nižšími křížovými klenbami. Okna presbytáře byla v pětistěnném závěru snížena, ale oproti oknům v bočních zdech presbytáře zvýšena. Ze západní strany byl presbytář ohraničen nárožními opěráky a dočasně ho uzavřela provizorní stěna, která se nacházela v lomeném triumfálním oblouku. Následně byla stavba přerušena. Dobudování síňového trojlodí mezi věže orientované na západě a pětiboký presbytář na východě následovalo s odstupem deseti až dvaceti let.[30] Časový odstup lze odůvodnit nedostatkem finančních prostředků.[31] Následná prodleva přispěla k modernizaci starých plánů, které nově přinesly osazení vyžlabených tufitových přístěnných žeber, do nichž se zapřely křížové klenby síně.[32] Starý kostel byl zbořen a započalo se s budováním trojlodí, jež bylo zaklenuto ve stejné výšce. Z tohoto důvodu se snížily klenby v presbytáři. Okna umístěná v bočních lodích byla oproti dvoudílným oknům presbytáře trojdílná. Trojlodí bylo ve své hrubé formě dokončeno před rokem 1361.[33] Ve stejné době byly dokončeny i práce na západním portálu kostela. Z jižní věže byl umožněn vstup do boční lodě prostřednictvím průchodu na tribunu, zatímco přístup ze severní věže umožňovala arkáda. S dokončením trojlodí byla odstraněna provizorní stěna v místech triumfálního oblouku.[34]

V prostřední třetině 14. století nadešlo k úpravám, které vedly ke zvýšení koruny jižní věže. V horní části byla věž nově opatřena osmibokou nástavbou, prolomenou

[28] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 357.
[29] Tamtéž, s. 358.
[30] ŠOPÁK, Opava, s. 6–7.
[31] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 359.
[32] ŠOPÁK, Opava, s. 7.
[33] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 359.
[34] ŠOPÁK, Opava, s. 7.

vysokými lomenými okny s tufitovými kružbami. Nástavba nahradila korunu se čtyřmi nárožními věžičkami. Zároveň byl opraven i orloj společně se zvonem.[35]

Z výzkumu Antonína Grůzy ovšem vyplývá, že nárožní věžičky na věži existovaly ještě v roce 1622. Tehdy se staly předmětem kritiky v důsledku zatékání dešťové vody do věže.[36] Po následné opravě se už věžičky na věži nevyskytovaly, což dokládá dobová ikonografie.

V téže době byl v chrámu vybudován letner, který měl za úkol v řádových kostelech oddělovat presbytář, určený pro kněží, od zbytku účastníků bohoslužeb. Začátkem sedmdesátých let 14. století byl nad nebo před letnerem vztyčen oltář se zasvěcením Proměnění Páně. Ten se stal hlavním oltářem pro laickou část návštěvníků kostela.[37]

Po propojení presbytáře s věžemi a portálem pomocí trojlodí se stal kostel Panny Marie nejvyšší a největší sakrální stavbou ve městě. V roce 1360 vystavěla městská rada při jižním boku trojlodí kostela kapli, jako rozhřešení za odsouzení a utopení jistého klerika v pytli v řece.[38] V sedmdesátých letech 14. století vystavěl Řád německých rytířů k severnímu boku presbytáře obdélnou sakristii se dvěma poli křížových kleneb. Současně byla anonymním stavitelem vystavěna protilehlá kaple sv. Anežky, o níž jsou záznamy fundačních listin z let 1373–1375. Týkají se fundací nových oltářů sv. Markéty, sv. Anežky a sv. Vavřince.[39] Objednavatelem výstavby kaple byl opavský měšťan Rejnčko. Kaple ležela v místech dnešní kaple sv. Anny.

Provozní schéma chrámu bylo s příchodem sedmdesátých let 14. století dvoučlenné. Presbytář byl vyhrazen pro Řád německých rytířů, stejně jako letner, který se nacházel podél východní zdi trojlodí. Pro laický prostor byl určen velký oltář Proměnění Páně, jehož patronátní právo náleželo městské radě a nad kterým se tyčil velký kříž.[40]

[35] ŠOPÁK, Opava, s. 7.
[36] KOUŘILOVÁ, Dana. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně-historický průzkum III., Opava 2002, s. 33.
[37] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 360.
[38] Tamtéž, s. 360.
[39] Tamtéž, s. 360.
[40] Tamtéž, s. 372.

Další stavební činnost souvisela se zařizováním nových oltářů. Ať už byly oltáře přenesené ze starého chrámu (oltář sv. Jana), nebo nově založené (oltář sv. Bartoloměje, sv. Kryštofa a Jana, sv. Maří Magdalény a Marty).[41]

Kolem roku 1400 byla vybudována předsíň západního portálu. Jako materiál byl na výstavbu použit lomový kámen. Čelní stěna a nároží byly obloženy tufitovými kvádry.[42] Předsíň, původně omítaná, o svou omítku přišla až při regotizaci chrámu na počátku 20. století.[43] Dnes je zaklenuta hvězdovou klenbou s diagonálním křížením žeber a obalena silnou vrstvou novogotického přeštukování. [44] Jak už bylo zmíněno, předsíň i s klenbou prošly na začátku 20. století regotizací. Jádro klenby je však původní.[45]

Před rokem 1452 došlo k výstavbě chrámové kaple sv. Hrobu s oltářem zasvěceným Zmrtvýchvstání Páně. Kapli přistavěl vévoda Vilém Opavský (1410–1452) k západnímu poli jižní lodi. Cílem bylo vybudovat nové rodové pohřebiště opavských Přemyslovců. Do té doby byli pohřbívání v kostele sv. Ducha. Kaple byla v roce 1784 stržena.[46]

Stavebních úprav se dočkala i Rejnčkova kaple sv. Anežky. Původní, z let 1372–1373, byla z velké části stržena. Na jejím místě byla v letech 1451–1452 vybudována velká sálová stavba, která do svého interiéru pojala opěráky presbytáře a obsahovala oltář sv. Trojice (Panny Marie, sv. Matouše a všech Svatých). O fundaci oltáře se zasloužil opavský měšťan Mikuláš Dreimandel se souhlasem opavského vévody Viléma. Po jeho smrti pak patronátní právo přešlo na jeho manželku Markétu.[47] Nový oltář Nejsvětější trojice fungoval v kapli souběžně se starým oltářem, zasvěceným sv. Vavřinci, Markétě a Anežce. Od přelomu 15. a 16. století byl oltář Nejsvětější trojice považován za hlavní. Od roku 1510 do 17. století byla kaple nazývána kaplí Nejsvětější Trojice. Poté se začala nazývat kaplí sv. Anny.[48] Do severovýchodního koutu kaple sv. Anny bylo umístěno točité schodiště vedoucí do podkroví. Prostory kaple zaklenula valená klenba s lunetami se sítí přiložených tufitových žeber hruškového profilu bez konzol. Ve svém vrcholu jsou

[41] ŠOPÁK, Opava, s. 9.
[42] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 362.
[43] KOUŘILOVÁ, Konkatedrála, s. 36.
[44] BECHNÝ, Jaroslav, KOUŘIL, Pavel, BAKALA, Jaroslav. a kol. Slezsko, Opava 1992, s. 116.
[45] ŠOPÁK, Opava, s. 10.
[46] Tamtéž, s. 11.
[47] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 380.
[48] Tamtéž, s. 378.

žebra svázána pěti terčovými svorníky. Kapli kryje kvadratická předsíň s pozdně gotickou křížovou klenbou, která je nesena protáhlými vyžlabenými tufitovými žebry.[49]

Při požáru města v roce 1461 shořel letnerový kříž a pravděpodobně byl stržen letner, který odděloval řádovou komunitu od ostatních měšťanů účastnících se bohoslužeb. Ve stejném roce shořel i krov farního kostela. Interiér kaple sv. Vavřince s nově založeným oltářem Nejsvětější trojice byl před ohněm uchráněn. Neshořel ani vnitřek chrámové sakristie s oltářem sv. Anny a Alžběty a druhým oltářem sv. Filipa a Jakuba.[50]

Kvůli těžké hospodářské situaci a zadluženosti neměl Řád ve třetí čtvrtině 15. století dostatek finančních prostředků na opravu chrámu. Požár z roku 1461 poničil letner, který důsledně odděloval a určoval církevní hierarchii při bohoslužbách. Chybějící řádové finanční prostředky tak neumožnily letner obnovit.[51] Namísto toho nechala městská rada vybudovat k presbytáři honosnou otevřenou předsíň, vestavěnou ze severní strany kostela mezi presbytář a severní loď. K Hornímu náměstí s radnicí se obracela trojicí profilovaných lomených tufitových arkád. Kvadratický prostor interiéru byl zaklenut křížovými žebrovými klenbami, které uprostřed nesly štíhlý válcový pilíř.[52] V důsledku upevnění moci nad farním kostelem se roku 1488 konšelé dohodli na výstavbě nového hlavního oltáře.[53]

Začátek 16. století přinesl konečné vítězství městské rady nad Řádem německých rytířů o nadvládu nad farním kostelem. Listina datovaná do 16. října 1500, vydaná Janem Korvínem (1473–1504), potvrzuje žádost opavských měšťanů, žádajících předání patronátních práv veškerých vévodských oltářů ve farním kostele Panny Marie městské radě. Rok poté, 1. října 1501, byly vyjasněny dlouhodobé sporné vztahy mezi oltářníky oltáře sv. Vavřince a opavskými faráři. Ze dne 14. srpna 1540 pochází listina, ve které přenesl opavský komtur Řádu německých rytířů Georg Fink na město, konkrétně na městskou radu a purkmistra, patronátní právo opavské komendy. Město tím získalo správu nad farním kostelem Nanebevzetí Panny Marie.[54] Navíc mělo k dispozici řádový

[49] ŠOPÁK, Opava, s. 12.
[50] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 385.
[51] Tamtéž, s. 391.
[52] ŠOPÁK, Opava, s. 13.
[53] Tamtéž, s. 13.
[54] FUKALA, Radek. Několik poznámek k počátkům reformace na Opavsku v letech 1524–1529, in: Opava: sborník k dějinám města. 2, Opava 2000, s. 27.

majetek, obročí a podřízené filiální kostely.[55] Takovéto postoupení patronátního práva nad farním kostelem musel ovšem potvrdit císař Ferdinand I. (1503–1564). Ten tak v roce 1542 učinil. Vymínil si ale podmínku. V ní se město zavázalo, že určí do funkce faráře jen takovou osobu, která bude schválená olomouckým biskupem.[56] V tomto období se městská rada pevně soustředila na stavební úpravy jižní věže. Po roce 1540 byl na ní zhotoven ochoz a nad oktogonální nástavbou vysoký jehlancový krov střechy. Touto stavení úpravou byla stavba městského chrámu po dvou stoletích završena.[57]

1.2 Barokní výstavba

Další stavební úpravy objektu nastaly v důsledku ničivého požáru v roce 1689. Ještě před požárem v roce 1686 byla jižní věž opatřena novým zastřešením. Neslo podobu cibulových bání s lucernami, zdobených osmnácti pozlacenými knoflíky. Nad nimi se tyčila pozlacená makovice a kříž s paprsky. V roce 1688 přišla na řadu oprava kostelní střechy v rozsahu 209 čtverečních sáhů. Nově obdržela břidlicovou krytinu a nahradila původní šindelovou. Novým oplechováním byl opatřen i sanktusník.[58]

Výše zmíněný požár se v roce 1689 začal k farnímu kostelu šířit od Horního náměstí. Z komendy Řádu německých rytířů přešel na vysokou sedlovou střechu kostela, kde shořel vysoký krov. Za oběť ohni padla i střecha jižní věže společně se zvony, které požár roztavil. Během požáru došlo k celkovému narušení původní gotické architektury kostelního trojlodí i presbytáře, což se ve výsledku projevilo o deset let později zřícením severního opěráku a havarijním stavem klenby.[59]

S obnovou stavby po požáru se začalo ještě téhož roku. S materiální pomocí přispěchal i Řád německých rytířů, podporující městskou radu. V září byla obnovena střecha na jižní věži, ovšem bez vznosné několikanásobné báně s křížem a praporcem na makovici.[60] Původní báň nahradila standardní cibulová, pokrytá měděným plechem. Rovněž byla osazena nová pozlacená makovice s pamětním nápisem.[61] Obnova kostelní střechy se kvůli požáru protáhla až do roku 1694. Jako krytina byl zvolen šindel namísto

[55] FUKALA, Několik poznámek, s. 27.
[56] Tamtéž, s. 28.
[57] MÜLLER – ŽÁČEK, Opava, s. 398.
[58] GRŮZA, Antonín. Opavská konkatedrála po požáru z roku 1698, in: Sborník Národního památkového ústavu v Ostravě, Ostrava 2003, s. 20.
[59] KOUŘILOVÁ, Konkatedrála, s. 43.
[60] Tamtéž, s. 44.
[61] GRŮZA, Opavská konkatedrála, s. 21.

břidlice a to z důvodu menšího zatížení stavby. Při stavebních úpravách došlo k zazdívce a úpravě oken, včetně likvidace anebo částečného zazdění gotických kružeb.[62]

V roce 1699 došlo k uzavření smlouvy na celkovou opravu kostela. Hlavní problém, který bylo třeba vyřešit, se týkal celkové stability objektu a vyztužení klenby. Stavební úpravy provedli stavitelé Georg Hausrucker a Jordan Zeller.[63] Při opravě ovšem nedošlo k nahrazení gotické žebrové klenby klenbou barokní, což dokazuje kolaudační zpráva, kterou doložil Antonín Grůza. Týká se ukončení prací na obnově kostela sepsanou městským stavitelem Josefem Riedtem. K odstranění gotických kleneb trojlodí došlo nejspíš kolem roku 1720, o čemž vypovídají archivní záznamy stavebních účtů. Gotická klenba presbytáře zůstala dále zachována a byla zpevněna, s možným osekáním spodních částí žeberních náběhů či zkrácených přípor, pod úrovní nově dané štukové oběžné římsy.[64] Výstavba nové klenby nad presbytářem i trojlodím byla realizována až po roce 1763. Na vině byl další požár z roku 1758. Zastřešení celého kostela dospělo do finále v roce 1766.[65] V důsledku požáru nadešlo ke stržení zchátralého štítu západního průčelí mezi oběma věžemi. Štít byl znovu postaven a snížen oproti původnímu. Členění bylo změněno vymezením partie vynášené římsovým vlysem, ve kterém se nachází dvojice úzkých střílnových oken.[66]

V roce 1739 nadešlo k oplechování jižní věže. Po požáru v roce 1758 se přistoupilo společně s úpravou západního průčelí k barokizaci jejího horního patra. Zvýšil se oktogonální nástavec s plným vyzděním každého druhého pole se zakončením v podobě cibulové báně. Severní věž byla upravena na svou nynější podobu.[67]

V západním poli severní fasády nadešlo ke konci 18. století k podkovité výstavbě nové kaple zasvěcené sv. Janu Nepomuckému. Do lodi chrámu se otevírá vysokou obloukovou arkádou se širokou štukovou páskou a malými závitnicemi po obvodu.[68] Kaple je zaklenuta konchou se štukovou ornamentikou a rokokovým dekorem. Stavební úpravy skončily v roce 1788. O rok později byl farní chrám slavnostně vysvěcen.[69]

[62] KOUŘILOVÁ, Konkatedrála, s. 45.
[63] ŠOPÁK, Opava, s. 15.
[64] GRŮZA, Opavská konkatedrála, s. 24.
[65] KOUŘILOVÁ, Konkatedrála, s. 52.
[66] Tamtéž, s. 50.
[67] Tamtéž, s. 50.
[68] Tamtéž, s. 46.
[69] ŠOPÁK, Opava, s. 15.

1.3 Stavební úpravy v 19. století a regotizace chrámu na přelomu 19. a 20. století

V roce 1826 byla pořízena nová železná mříž u předsíně západního portálu, opravila se kupolová střecha a bylo obíleno zvonicové patro jižní věže. V roce 1841 se nahradila dosavadní krytina z pálených tašek břidlicí a do střešní konstrukce byly umístěny vikýře. K jejich odstranění ovšem došlo někdy mezi roky 1860–1875.[70] V letech 1844–1845 se přistoupilo k zazdění oken nad hlavním oltářem. V roce 1853 praskl kostelní zvon. Posléze byl přelit s opětovným zasvěcením a znovu zavěšen.[71] V roce 1856 byly oplechovány opěrné pilíře u kostela. O rok později se přistoupilo k důkladné opravě pilířů na severní straně chrámu. Stavební úpravy se dotkly i sakristie. Nově zde byla zasklena okna.[72]

V roce 1862 byl do kostelní věže pořízen nový zvon. Vydláždila se i předsíň kostela a opravila se střecha nad sakristií. O dva roky později došlo k dokončení dláždění kostela tesanými kameny a zhotovily se nové okenice na zvonovou věž. Na ní se opět v roce 1865 vyměnila měděná pokrývka. Úpravy krovu nad chrámem pokračovaly i nadále. V roce 1866 byl opraven střešní krov a břidlicová střecha, včetně některých opěráků. V roce 1867 byla opravena šindelová střecha nad sakristií a střešní žlaby na staré věži. Úpravy krovu a krytiny pokračovaly i v letech 1870–1875.[73]

V rámci změny přístupu, který nastal při obnově památek, tzv. purismu, nadešlo v průběhu 80. a 90. let 19. století k rozhodnutí restaurovat tehdejší proboštský chrám Nanebevzetí Panny Marie. Cílovým výsledkem bylo vrátit chrámu jeho středověkou gotickou podobu, která utrpěla následkem požárů z let 1698, respektive 1785.

V roce 1878 dorazil do Opavy vídeňský architekt Friedrich von Schmidt (1825–1891) a zpracoval průzkum kostela. Zároveň navrhl postup obnovy chrámu ve dvou variantách. První varianta předpokládala historizující rekonstrukci jen v exteriéru. V interiéru by se vyměnila stávající okna za gotická s odpovídajícími kružbami a prosklením. Druhá verze počítala už se stržením stávajících kleneb, obnažením původních gotických pilířů a prolomením všech oken v původní výšce a šířce.[74]

[70] KOUŘILOVÁ, Konkatedrála, s. 62.
[71] GRŮZA, Konkatedrála, s. 173.
[72] Tamtéž, s. 174.
[73] Tamtéž, s. 175–176.
[74] Tamtéž, s. 177.

Za těchto okolností byl v roce 1895 založen Stavební spolek pro proboštský kostel Nanebevzetí Panny Marie v Opavě, jehož hlavním cílem bylo uskutečnit rekonstrukci chrámu k původnímu duchu a slohu, taktéž pečovat o jeho slohovou výzdobu.[75]

Návrh konečných regotizačních úprav ovšem vypracoval Schmidtův žák, architekt Georg von Hauberrisser (1841–1922), známý svými pracemi pro Řád německých rytířů. Mimo jiné gotickou přestavbou hradu Bouzova a stavebními úpravami na zámku v Bruntále. Hauberrisser vypracoval dvě varianty plánů k přestavbě chrámu. Varianty se mezi sebou lišily v počtu vynaložených finančních nákladů na celkovou regotizaci. První plán byl finančně méně náročný a konečný rozpočet činil 160 000 zlatých. Druhá varianta počítala s rozpočtem 210 000 zlatých a zasahovala by značně do exteriérové podoby chrámu.[76] Obě varianty ve svém původním navržení ovšem vzaly za své, k čemuž přispělo měnící se chápání přístupu k obnově památek.

Na počátku 20. století ustoupilo památkářské myšlení památky restaurovat. Na místo toho se upřednostňovala konzervační metoda, která zohledňuje všechny architektonické styly památky a má za cíl památku uchovat v takovém stavu, v jakém se do této doby zachovala.[77] Využito bylo proto z Hauberrisserových variant jen pár poznatků a zčásti byly použity návrhy z projektu stavebního rady Richarda Jordana (1841–1922).[78]

V 90. letech 19. století došlo ke zrušení městského hřbitova na jaktařském předměstí. Za těchto okolností bylo přesunuto několik náhrobníků, které byly posléze osazeny do venkovních nik v závěru presbytáře chrámu. Jmenovitě se jedná o pískovcový náhrobek Ondřeje Renarda, náhrobek sester Renardových, náhrobek sourozenců Antonína a Anny a náhrobek rytíře Franze Antona von Beera. Všechny čtyři lze datovat do rozmezí let 1799–1818.[79]

[75] GRŮZA, Konkatedrála, s. 178.
[76] VOJTAL, Petr. K regotizaci proboštského chrámu Nanebevzetí Panny Marie v Opavě, in: Opava: sborník k dějinám města 1, Opava 1998, s. 111.
[77] ŠOPÁK, Opava, s. 22.
[78] Tamtéž, s. 22.
[79] SKALÍK, Tomáš. Opavské sochy I. Historické centrum. Tiché dominanty veřejného prostoru, Opava 2012, s. 39–42.

1.4 Stavební úpravy kostela ve 20. století

Samotné stavební úpravy probíhaly v letech 1900–1925. Do roku 1906 se datuje oprava pilíře na severozápadním nároží věže. Pilíř prošel renovací římsových prvků, včetně pískovcového obkladu. V roce 1908 se začala stavět nová kostelní střecha společně s novým dřevěným krovem nad trojlodím chrámu. Pokrývka byla tvořena z pálených tašek. Práce se dotkly i jižního průčelí. Byl zde renovován kamenný sokl a kamenné armování nároží. V roce 1910 se zrestaurovala železná mříž na severní straně kostela, byla opravena i kordónová římsa. Opraveny byly přístavby na severní straně chrámu. Chórové okno prošlo úpravou a bylo rozšířeno v gotizujícím záklenku s výplní v kružbách. Úpravy se dotkly i severní věže s vykreslením koruny v cimbuří a zvýšením štítu mezi věžemi. V jeho úžlabích se nově objevily dvě plastiky chrličů.

Vzhledem k vypuknutí první světové války došlo k zastavení prací na obnově proboštského chrámu a pokračovalo se jen v drobných opravách. Během válečných let byly zrekvírovány nejen kostelní zvony, ale i měděné okapy a žlaby, které byly nahrazeny okapy z pozinkovaného železného plechu. Se vznikem Československé republiky přešel majetek Řádu německých rytířů pod státní správu. Koncepce historizující obnovy, kterou prosazoval představitel Stavebního výboru pro obnovu kostela Dr. Edmund Braun (1870–1957), už nebyla na pořadu dne. Respektovalo se zachování současného stavu. V roce 1925 byly zakoupeny nové kostelní zvony a v roce 1928 se zavedlo nové elektrické osvětlení kostela. Během let 1918–1941 docházelo k drobným úpravám jak exteriéru, tak interiéru.[80]

Po zahájení druhé světové války bylo rozhodnuto opětovně zrekvírovat většinu kostelních zvonů z roku 1925. Ušetřen zůstal pouze menší zvon sv. Jana Nepomuckého. V roce 1943 došlo k zrestaurování jednoho renesančního náhrobníku v předsíni kostela. Další práce započaly až po válce. Přecházející válečná fronta způsobila v porovnání s dvěma požáry ze 17., respektive 18. století jen minimální poškození. Hlavní střecha a pultové střechy bočních kaplí byly zasaženy granáty. Poškozená byla ovšem jenom tašková krytina, krovy a některé části korunní římsy. Tlakem byla vytlučena většina oken. Do konce roku 1945 byly provizorně opraveny jenom střechy. Kompletní oprava trvala

[80] GRŮZA, Konkatedrála, s. 181–182.

až do roku 1949. V roce následujícím se přistoupilo k opětovnému zasklení okenních výplní. Obnovilo se celkové elektrovedení i vnitřní vybavení kostela.[81]

V letech 1969–1971 se vyměnila kovová okna presbytáře (na severní straně byla výměna kompletní u všech 12 oken, na jižní straně byly vyměněny pouze 2). Byly opraveny omítky ve špaletách okenních otvorů všude tam, kde došlo k výměně okenních výplní.

V roce 1972 započaly práce na stavební úpravě kaple Panny Marie Bolestné. Odstranily se zazdívky v arkádách s cílem částečné rehabilitace historického stavu. Vybourané otvory gotických arkád byly uzavřeny kovovými okny s rastrem a opatřeny mřížemi. Snížen byl terén kolem kaple. Koncem sedmdesátých let byly provedeny sanační úpravy u vnějšího zdiva presbytáře v důsledku vzlínající vlhkosti. Sanace byla použita na základě metody elektrofyzikálního vysoušení zdiva. Během prací byly odstraněny zavlhlé omítky u staré sakristie a kaple Panny Marie Bolestné, které byly nahrazeny novými perlitovými omítkami. Společně se sanačními zásahy padlo rozhodnutí vyjmout ze severní zdi staré sakristie renesanční náhrobky a zrestaurovat je. Jednalo se o náhrobek s postavou ženy a dětmi a o náhrobek, který byl Danou Kouřilovou určen jako náhrobek se samotnou ženskou figurou. Dnes jsou osazeny v barokní předsíni jižní fasády.[82] Prázdná místa po náhrobnících byla zazděna.

V roce 1985 byla dokončena oprava fasád provedením štukatérských prací a líčky na nástavci jižní věže. V roce 1992 se opravy dotkly jižní věže, u které došlo k výraznému narušení zdiva v horních kamenných partiích. Poškozené části se rozebraly, provedl se ztužující věnec a rozebrané části se znovu dozdily. Tufitové prvky byly částečně rekonstruovány a dotvarovaly se tufitovým tmelem.[83]

Od roku 2004 proběhla obnova vnějšího pláště a krovových konstrukcí.[84] V letech 2004–2006 došlo k realizaci opravy krovu a střechy nad kaplí sv. Anny. Byla komplexně obnovena horní část barokní oktogonální nástavby jižní věže. Obnovovací práce spočívaly v opravě krovové konstrukce helmice, obnově lucerny a repasi hrotnice a korouhve. Měděná krytina byla vyměněna za identickou a opravila se fasáda barokní

[81] GRŮZA, Konkatedrála, s. 183.
[82] KOUŘILOVÁ, Konkatedrála, s. 89.
[83] Tamtéž, s. 92.
[84] ŠŤOVÍČKOVÁ, Dagmar. Vyhodnocení Národního památkového ústavu v Programu záchrany architektonického dědictví za rok 2009, Praha 2009.

oktogonální fasády.[85] V roce 2006 byl zajištěn havarijní stav kamenných prvků ve spodní části obvodového pláště. V letech 2007–2008 následovala celková obnova krovu a střešního pláště nad presbytářem a hlavní lodi kostela. Obnova zahrnovala tesařské opravy krovové konstrukce, pokládku nové střešní krytiny, repasi pultových vikýřků a výměnu dožitých klempířských prvků.[86] V roce 2009 se oprava krovu a střešního pláště přesunula na boční lodě trojlodí včetně přiléhající kaple sv. Jana Nepomuckého, Panny Marie Bolestné a starou sakristii.

V roce 2012 byly provedeny statické práce na zajištění opěrného pilíře na východní straně. Během nich se vyměnily cihly, které byly poškozené do poloviny vlastní tloušťky za nové. Ostatní cihly byly opatřeny zpevňovacím nátěrem. Praskliny na cihelném zdivu byly vyklínovány malými dubovými klínky a ručně spárovány vápennou maltou s menším obsahem cementu. V místech, kde malta chyběla, byla posléze nově doplněna. Kamenný líc opěráku byl zpevněn prostředkem POPROSIL Z30 a následně hydrofobizován prostředkem POPROSIL VV5+. Horní plocha byla hydrofobizována prostředkem POPROSIL ZV 20.[87] O rok později došlo k obnově ostění sakristie, které se nacházelo v havarijním stavu. Ostění bylo v degradovaných partiích předzpevněno organokřemičitým zpevňovacím prostředkem, mechanicky očištěno od starších cementových vysprávek, desalinováno pomocí série buničinových zábalů s destilovanou vodou a chybějící části byly doplněny.

V roce 2019 prochází konkatedrála rekonstrukcí, která má být ukončena v září 2020. Rekonstrukce se týká obnovy vnějšího pláště chrámu, včetně spárování cihelného zdiva, opravy omítek a restaurování kamenických a zámečnických součástí vnějšího pláště.

[85] ŠŤOVÍČKOVÁ, Dagmar. Vyhodnocení Národního památkového ústavu v Programu záchrany architektonického dědictví za rok 2005, Praha 2005.
[86] ŠŤOVÍČKOVÁ, Dagmar. Ústřední doporučení Národního památkového ústavu, č. j. NPÚ-302/2831/2008, Praha 2008.
[87] FUCHS, Miroslav. Opava. Konkatedrála Nanebevzetí P. Marie , opěrný pilíř, statické zajištění, Praha 2012, s. 25–26.

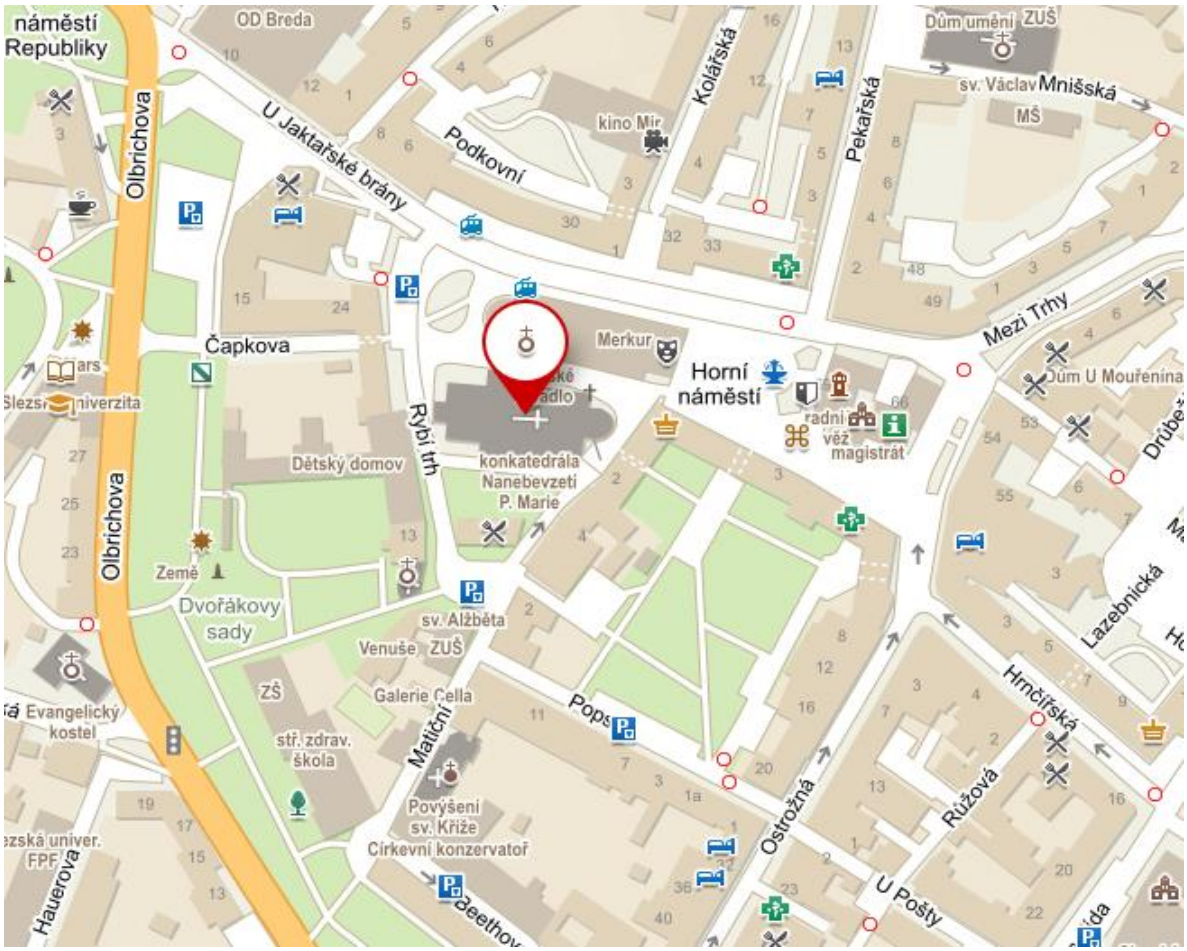
1.5 Lokalizace objektu[88]

Adresa: Rybí trh, 746 01 Opava

Vlastnická práva: Římskokatolická farnost Panny Marie Opava, Almužnická 182/2, Město, 74601 Opava

Lokalizace: 49°56′19″ s. š., 17°54′3″ v. d.

Katastrální lokalizace: Okres Opava CZ0805, Obec Opava 505927, katastrální území 711560 Opava-Město, parcelní č. 274, výměra: 2326 m^2



***Obrázek 1**. Lokalizace chrámu konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie v Opavě. Zdroj: Mapy.cz. [online]. [cit. 04.04.2020]. Dostupné z: https://mapy.cz/zakladni?x=17.9007650&y=49.9387808&z=17&source=base&id=1834114.*

[88] Informace o pozemku. Nahlížení do katastru nemovitostí. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=boPu7ZvDe_Y3IKxkviB4CfFDXhI0XbMjzuUF9KDyW017Tm0-QqmRLyiSASSNAl9_WKhUljjU06JTuCimscXGStZdDM8Nfd8DOk-WG6eE0COKqaZ_0XO_obsqVa550mk.

1.6 Architektonický popis objektu[89]

Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie byla prohlášená kulturní památkou v roce 1958 a je vedena v Ústředním seznamu kulturních památek České republiky pod rejstříkovým číslem 20285/3-1318. V roce 1995 se na základě Nařízení vlády č. 262/1995, o prohlášení a zrušení prohlášení některých kulturních památek za národní kulturní památky, stala národní kulturní památkou vedenou v Ústředním seznamu kulturních památek pod rejstříkovým číslem ÚSKP 227.[90] Nachází se rovněž na území Městské památkové zóny Opava, ustanovené vyhláškou Ministerstva kultury č. 476/1992 Sb. ze dne 10.9.1992, o prohlášení území historických jader vybraných měst za památkové zóny.[91]

Konkatedrála je trojlodní chrámová stavba s dvouvěžím v západním průčelí a dlouhým presbytářem na východě. Chrám je vybudován z pohledového cihelného zdiva s prvky kamenických detailů. Na severní a jižní straně jsou umístěny omítané přístavky, včetně polygonálního nástavce jižní věže. Omítkou jsou opatřeny také vestavěné arkády v závěru presbytáře. Režné zdivo je poskládáno technikou gotické vazby. Soklová část je smíšená, obložena tufitovým kvádrováním a omítanou nízkou trnoží. Kamenný sokl je od režného zdiva oddělen profilovanou kamennou římsou.

Trojlodí chrámu je členěno o třikrát čtyřech klenebních polích s předsunutým prostorem čtvercové předsíně v ose hlavní lodi. Nad hlavní lodí a presbytářem je chrám zastřešen sedlovou střechou a pokryt taškovou krytinou na latě. V obou sklonech střechy jsou ve dvou řadách po třech osazeny pultové vikýře. Okapová strana střechy je zakončena měděným okapovým plechem. Předsíň je oboustranně sevřená dvojicí čtvercových věžic a na východě postupně přechází do hlubokého presbyteria o třech klenebních polích s polygonálním závěrem. Na severní straně jsou k presbytáři připojeny dva přístavky situované na lichá klenební pole chóru. U závěru kněžiště je to stará sakristie, v rohu mezi presbytářem a lodí čtvercová kaple Panny Marie Bolestné. Z jižní strany je k presbytáři přistavěna kaple sv. Anny s předsíní. Na loď pak navazuje přístavba v délce tří klenebních polí, interiérově rozdělených na tři prostory. Je to nynější sakristie,

[89] KOUŘILOVÁ, Dana. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně historický průzkum III., Ostrava 2002, s. 3.
[90] Památkový katalog. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/kostel-nanebevzeti-p-marie-12645602.
[91] Opava. Památkový katalog. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/pravni-ochrana/opava-84600.

kaple Panny Marie Lurdské a jižní předsíň spolu s bočním vchodem do kostela. Presbytář podepírá deset dvakrát odstupněných opěráků s pultovou stříškou. Obvodové zdivo je pročleněno okenními nikami, které dříve plnily funkci okenních os. Rozloženy jsou po dvou mezi pilíře presbytáře a po jedné u polygonálního závěru. Do výplňového zdiva nik jsou ve dvou řadách prolomeny okenní otvory s půlkruhovým ukončením a jednoduchou kovovou konstrukcí. Ve zdivu arkádových kaplí po obvodu závěru presbytáře se nacházejí náhrobníky, přesunuté ze zrušeného hřbitova na jaktařském předměstí.[92] Velké okno v západním průčelí je členěno kružbami troj a čtyřlistů ve výplni lomeného vrcholu a do motivu jeptišek vytažených profilů pískovcových prutů. Vnitřní okenní rám je kovové konstrukce se zaskleným čirým sklem. Hlavní průčelí na západní straně je ukončeno trojbokým štítem členěným sedmi zakončenými vpadlinami, které vynáší vložená pískovcová římsa a akcentované stupňovitou zasekanou pískovcovou korunní římsou se zoomorfními chrliči.

Jižní věž je pětipatrová a má nároží armovaná tufitovými kvádry. Jednotlivá patra jsou členěna profilovanými tufitovými římsami a prosvětlena sedmi úzkými okenními průzory s obloukově vyloženým ukončením. Okna v polygonálním nástavci jsou kryta rozevíranými žaluziovými okenicemi, zapuštěnými do rozevírané hluboké profilované špalety. Věž má završení ukončené osmibokou barokní helmicí se štíhlou lucernou a hrotnicí s bání.

Severní věž ukončena cimbuřím a ze severní strany podepřená nárožním opěrákem, dosahuje své výšky pouze do úrovně trojlodí. Pultová střecha je kryta pozinkovaným falcovaným plechem. V horním patře se na třech stranách vyskytují páry štíhlých neogotických oken z pískovce, se středním prutem a kružbami trojlaločného oblouku podloženého vrcholovému pětilistu. Okna jsou zapuštěná ve stupňovitě ustupující špaletě. Ve spodní části západní fasády severní věže je otevřen vstup kamenným sedlovým portálem s trojlaločnou kružbou ve výškovém lancetovém oblouku. Nad vstupem jsou dvě úzká okénka s pískovcovým ostěním. Ve spodní partii severní plochy fasády se nachází trojdílná kružbová okna s motivem sférického čtyřlistu a trojlaločných oblouků. Ta jsou zasazená do jednou odstupněné špalety se šikmo seříznutou pískovcovou deskou vyloženou parapetem a z vnitřní strany vloženým kovovým rámem. Odstupněný pilíř z lomového kamene s armováním nároží spodní partie

[92] SKALÍK, Opavské sochy, s. 39–42.

věžice je v odstupnění vyložen pískovcovými deskami. Zuby a výřezy cimbuří jsou rovněž kryty pískovcovými deskami společně s dvojicí různě profilovaných pískovcových říms.

Předsíň chrámu je obdélná. Boční fasádní plochy jsou vyzděny z lomového kamene, původně omítaného, s doplněnou cihlou pod arkádovým vlysem. Sokl je obložen pískovcem s ukončující profilovanou římsou. Pískovec je použit i na završující kladí s dominantním motivem lomených arkád ve vlysu. Předsíň nad vchodem ukončuje valbová střecha. Vstup do předsíně je ornamentován velkou lomenou arkádou z pískovce, profilovanou trojicí hruškových, dnes cementovou omítkou přetažených prutů. Klenbu předsíně tvoří pole žebrové hvězdicové klenby hruškového profilu se svorníky v křížení žeber. Vstup je chráněn železnou kovanou mříží. Rámován je lomeným pískovcovým portálem s profilovaným ostěním a soklovým podložením z kanelovaných prutů.

Kaple sv. Anny umístěná mezi trojlodí a závěr presbytáře, je vybudována z omítaného cihlového zdiva na kamenném soklu obloženém pískovcovými deskami. Ty jsou kladeny síťovou vazbou s obloukovitě profilovanou ukončující římsou. U jihovýchodního nároží kaple a u nároží předsíně se nacházejí opěráky s armováním pískovcovými bloky. Plášť kaple sv. Anny je prolomen čtyřmi okenními otvory s parapety, které tvoří vložené pískovcové desky. U každého okenního otvoru je rovněž vložena novodobá mříž z diagonálně kladených prutů čtvercového průřezu vytvářejících hustou síť kosočtverných ok. Vstup je osazen pískovcovým portálem ve tvaru segmentové arkády s dvoukřídlými plátovými dveřmi. Ty jsou členěny tepanou a vybíjenou výzdobou s motivem slunce u klepadla a kosočtverným průzorem s křížovou mřížkou. Na jižním průčelí se k boční lodi vedle kaple sv. Anny přimykají i další přístavky, které jsou podobně koncipované a taktéž omítané. Jedná se o nynější sakristii, kapli Panny Marie Lurdské a jižní předsíň. Tyto přístavky jsou postavené na kamenném trnoží a traktované pěti opěrnými pilíři s armovanými čely.

Na severní straně jsou k boční lodi přistavěny dva přístavky. U závěru kněžiště se nachází stará sakristie, přimykající se na poslední klenební pole presbytáře. Do severní fasády se otevírá velkými okny s půlkruhovým záklenkem a renesančním pískovcovým ostěním. Rovněž jako u jižních přístavků jsou okna opatřena renesanční mříží. Stavba je omítaná na obdélném půdorysu, s nárožními pilířky a pískovcovou krycí stříškou. Střecha je pultová, pokrytá měděným plechem. U východní zdi boční lodi se nachází další

přístavek. Omítaná kvadratická kaple Panny Marie Bolestné, původně koncipovaná jako severní předsíň. Ukončena je pultovou střechou s měděným plechem. Kaple je otevřena třemi velkými tufitovými arkádami, mezi nimiž jsou posazeny dva štíhlé armované pilíře. Stříšky pilířů jsou z pískovcových desek.

Poslední přístavek na severní straně je kaple sv. Jana Nepomuckého. Kaple podkovitého tvaru je přistavěna ke druhému klenebnímu poli boční lodi, do kterého je otevřena velkou obloukovitou arkádou. Opět je v celém svém objemu včetně soklové části omítaná. Na východní a západní straně je kaple prolomena dvěma okenními otvory ve špaletě, s vrcholovým ukončením do tvaru přímého oblouku. Okna jsou konstruována s vnitřním a vnějším rámem, dělena do dvanácti tabulí ve čtyřech vertikálních pásech. Střecha kaple má tvar půlkužele.

2 Historie chrámu Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských Horách

Založení obce Mariánské Hory můžeme datovat na přelomu 13. a 14. století. První písemná zmínka pochází z roku 1367 a zmiňuje jejího tehdejší držitele, biskupského leníka Hereše z Čertovy Lhotky. Název Čertova Lhotka se ve jménu obce udržel až do roku 1901.[93] Z původně agrárně založené obce se postupně orientace přesunula ve 40. letech 19. století k těžbě uhlí. První podnět k těžbě uhlí na katastru obce dal v roce 1854 olomoucký arcibiskup Bedřich Fürstenberk (1813–1892). V roce 1890 začal s hloubením Vladimír Vondráček (1854–1897) a otevřel těžní a větrnou jámu Ignát, o dva roky později doplněnou koksovnou.[94] Dne 1. 4. 1907 byly Mariánské Hory povýšeny na město.[95]

Podnětem pro založení katolického chrámu na území tehdejší obce Mariánské Hory (dnes součástí obvodu Mariánské Hory a Hulváky statutárního města Ostravy) byl prudký nárůst obyvatelstva. Ke konci 19. století počet obyvatel narostl z 442 v roce 1880 až k 7571 v roce 1900. Z toho bylo 2026 Poláků a 348 Němců.[96] Vzhledem k této skutečnosti bylo zapotřebí vybudovat pro Mariánské Hory vlastní chrám společně s duchovní správou. Mariánské Hory od svého vzniku spadaly pod římskokatolickou farnost. Vlastní hřbitov byl založen až v roce 1870. Spolu s ním byla v roce 1877 postavena kaple Panny Marie.[97]

Iniciativy pro výstavbu vlastního chrámu se v roce 1900 chopil tajemník obce Jan Grmela (1861–1932), který založil spolek pro stavbu kostela Panny Marie a od září tohoto roku začal spolek vyvíjet svou činnost získáváním členů a sbíráním příspěvků. V roce 1902 přijal protektorství nad výstavbou kostela František Ferdinand d´Este (1863–1914). Arcivévoda při této příležitosti věnoval 100 korun pro účely a chod spolku.[98] Pro inspiraci podoby nové stavby nechodili stavitelé daleko. Nový kostel měl být postaven v barokním slohu, podle poutnického kostela ve Frýdku (dnešní Bazilika Navštívení Panny Marie).[99] Projekt novostavby zhotovil v roce 1902 architekt Otokar Bém (1868–1949) a stavitel František Jureček (1868–1925) z Moravské Ostravy.

---

[93] JIŘÍK, Karel. Dějiny Ostravy, Ostrava 1993, s. 521.
[94] Tamtéž, s. 524.
[95] CIMALOVÁ, Libuše. Jan Grmela a rozvoj Mariánských hor v letech 1900─1906. in: Ostrava: sborník příspěvků k dějinám a výstavbě města. 7, Ostrava 1974, s. 158.
[96] POSPÍŠIL, Jan. Dějiny stavby jubilejního chrámu Panny Marie v Mariánských Horách, Mariánské Hory 1908, s. 7.
[97] JIŘÍK, Dějiny Ostravy, s. 526.
[98] POSPÍŠIL, Dějiny stavby, s. 9.
[99] Tamtéž, s. 10.

Složitá byla otázka financování stavby. Původně měla být stavba chrámu dokončena k 60. výročí panování císaře Františka Josefa I. (1830–1916), ale kvůli finančním těžkostem se původní plán změnil a výstavba byla prodloužena.[100] V roce 1901 došlo z podnětu Jana Grmely k vyhlášení věcné loterie pro výstavbu kostela. Ta se však nesešla s úspěchem a skončila s hlubokým finančním deficitem. Problém financování výstavby pomohla vyřešit až očekávaná půjčka 800 000 korun u Zemědělské banky v Brně. Z ní mělo jít 400 000 korun na zřízení vlastní duchovní správy a 400 000 korun na nutné obecní stavby.[101]

Problém nastal i při výběru stavebního pozemku. Nakonec padlo rozhodnutí postavit kostel na darovaném pozemku, který se však nacházel mimo centrum obce. V roce 1903 se konala slavnost prvního zakopnutí, ačkoliv nebylo řádně zajištěno financování stavby a nebylo vydáno stavební povolení.[102]

Stavební a výkopové práce odstartovaly v roce 1905 pod vedením stavitele a architekta Bohumila Židlického. Kopání základů pro dvojvěží započalo 17. července 1905 a to až do hloubky 5,5 metru. V září téhož roku se přistoupilo k jejich vybetonování. Začátkem října stavba pokračovala. Cihelné základy byly zvýšeny do úrovně 1 metru nad náměstí. Do roku 1907 práce dosáhly do bodu položení krovu. Dál stavba kontinuálně nepokračovala. Ačkoliv byl stavební projekt zpracován už v roce 1900, kvůli sporům o půjčku 800 000 korun byla stavební činnost zahájena až v roce 1905. Během pěti let stouply ceny stavebních materiálů až o 50 %. Kupříkladu cena cihel stoupla za 4 roky z 26 na 38 korun.[103]

Stavba byla v roce 1907 zastavena kvůli podezření na defraudaci obecních peněz, což však nebylo potvrzeno.[104] Ovšem ve stavbě kostela dále pokračovala místo architekta Židlického moravskoostravská stavební firma Grossman a Fiala. Do konce listopadu 1907 byl objekt zastřešen. Ze stejného roku pocházela i původní sochařská výzdoba kostela umístěná na atikách. Obsahovala čtrnáct vrcholových váz, tři kříže a dva figurální klečící anděly. Sochařská výzdoba byla zhotovena z kufsteinského vápna formou výdusků podle návrhu sochaře Karla Nováka (1871–1955). Odpovídala novobarokní

[100] JUŘICA, Martin. Ostravské svatostánky, aneb, Kostely, kaple a modlitebny církví rozličných, Ostrava 2006, s. 8.
[101] CIMALOVÁ, Jan Grmela, s. 155.
[102] POSPÍŠIL, Dějiny stavby, s. 12.
[103] CIMALOVÁ, Jan Grmela, s. 155.
[104] POSPÍŠIL, Dějiny stavby, s. 22.

architektuře celého chrámu s vlivem tehdy převažující secese. Do 27. února 1908 byly vybetonovány klenby a v průběhu měsíce března se přistoupilo k rozhodnutí nahradit dřevěné věžní konstrukce variantou konstrukce železobetonové. Místo pokrytí helmic věží zinkovým plechem byla vybrána varianta měděného plechu. Pokrytí helmic zařídila firma Boleslavký z Moravské Ostravy, zatímco krytí střechy eternitovými šablonami provedla firma Morai st. z Mariánských Hor.[105] Výroba kostelních hodin byla svěřena dle nabídky firmy Ludvíka Heinze Rudolfu Rohlíkovi, hodináři z Moravské Ostravy. Při této příležitosti došlo k osazení zvonů do věží. Ještě téhož roku mohla být provedena slavnost vysvěcení chrámu, které se ujal olomoucký světící biskup dr. Karel Wisnar (1852–1926). Samostatná duchoví správa byla ovšem v Mariánských Horách zřízena až v roce 1913.[106]

V roce 1909 byly do chrámu instalovány varhany dodané firmou Tuček. Původní bronzové kostelní zvony byly v roce 1917 demontovány a nových zvonů se chrám dočkal až v roce 1933, tentokrát ovšem ocelových. Úpravy se dotkly i měděných střech obou věží. Měděný plech byl po druhé světové válce nahrazen plechem pozinkovaným. V letech 1946–1947 nastaly poválečné opravy střechy a dvouvěží. V průběhu 50. let byly opraveny vnější omítky chrámu, opravila se střecha a vyměnila eternitová krytina. Opraveno bylo též oplechování dvouvěží.[107]

V 70. letech 20. století proběhlo několik etap generální opravy kostela. První etapa byla zahájená v roce 1972 a v jejím rámci se přistoupilo k opravě omítky na čelní fasádě a obou věžích. Vyměněna byla i měděná krytina dvojvěží. Pozinkovaný plech opět nahradila měď. Došlo i k výměně věžních hodin a k zavedení nové elektroinstalace. V roce 1973 se přistoupilo k druhé etapě opravy. Ta zahrnovala opravu bočních omítek, včetně zadního průčelí, opravu krytiny nad bočními vstupy, opravu nátěru a nové zasklení oken. Kvůli nevyhovujícímu stavu dlažby došlo k její výměně. Opravily se i železobetonové plastiky na atice kostela. Z důvodu špatného technického stavu padlo rozhodnutí, nahradit šest vrcholových váz, dva kříže a dva anděly. U zbylých sochařských prvků byly zesíleny armatury a provedlo se tmelení poškozených míst.[108]

[105] POSPÍŠIL, Dějiny stavby, s. 24.
[106] CIMALOVÁ, Jan Grmela, s. 155.
[107] Tamtéž, s. 156.
[108] Tamtéž, s. 155.

V 80. letech se krytina kostela měnila znovu. Demontovala se stávající eternitová krytina a byla nahrazena krytinou z měděného plechu. V roce 1989 došlo ke zhotovení vnějších okenních rámu ze železného profilu.[109]

Počátkem 21. století bylo provedeno několik udržovacích a sanačních prací. V roce 2001 byla zahájena sanace krovu kostela a kupole. O rok později se opravila fasáda chrámu, včetně konzervování pískovcového soklu. V roce 2003 došlo vzhledem k havarijnímu stavu dekorativních prvků zhotovených z kufsteinského vápna ke zhotovení kopií plastické sochařské výzdoby. Materiál byl silně roztrhán korozí čepů a armatur. Výměna se týkala všech sochařských dekorativních prvků, včetně čtrnácti vrcholových váz, tzv. žardiniérů, balustrád i figurální kompozice kříže s adorujícími anděly na rizalitu hlavního průčelí. Jelikož deponace původních dekorativních prvků nebyla v té době z důvodu neexistujícího lapidária v oblasti možná, doporučoval zástupce Státního památkového ústavu v Ostravě prvky ošetřit a přemístit figury dvou andělů do interiéru fary.[110] Zbytek původních dekorativních prvků z let 1907 a 1973 měl být vyvezen na skládku.

[109] CIMALOVÁ, Jan Grmela, s. 155.
[110] BÍNOVÁ-FIDRICHOVÁ, Šárka. Doporučení Státního památkové ústavu, č. j. SPÚ/2334/BFI/Ku, Ostrava 2000.

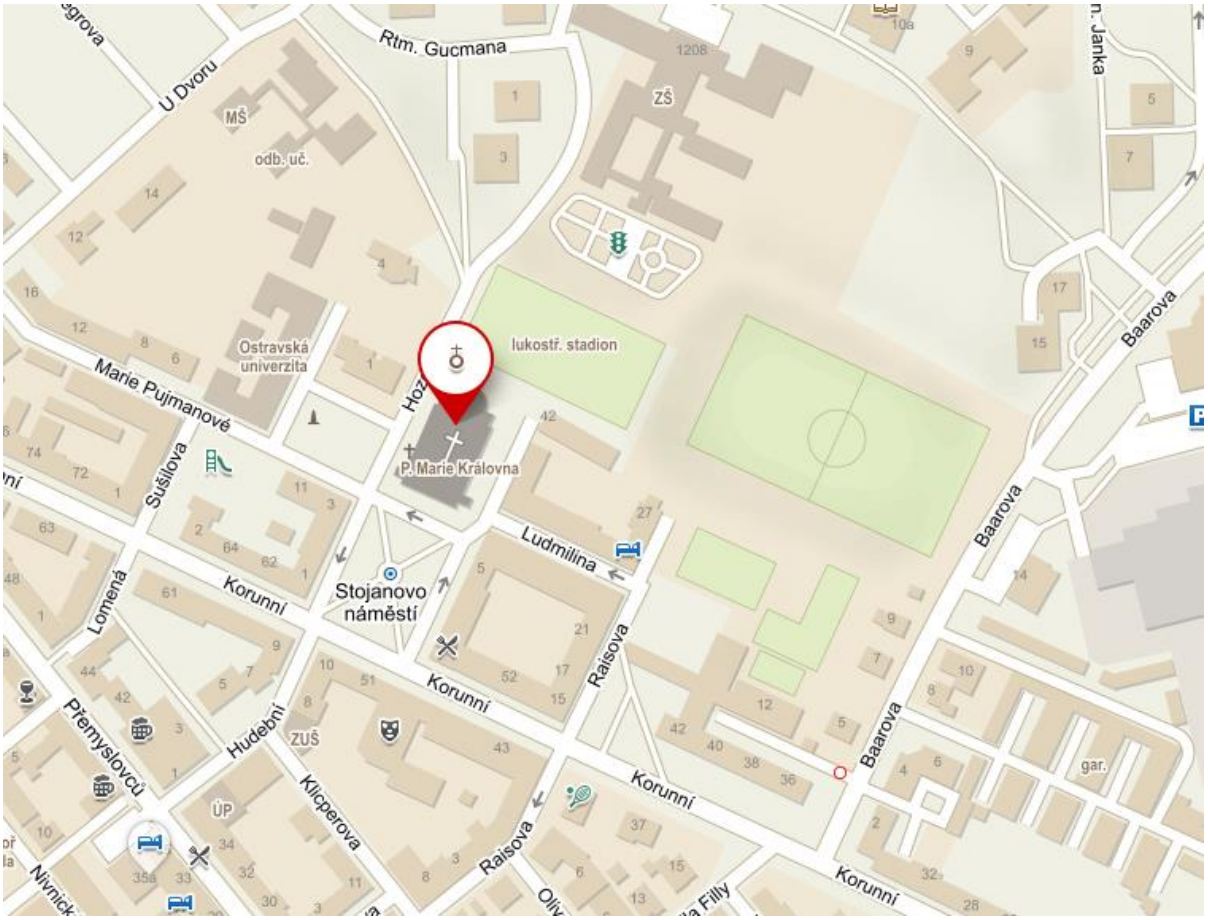
2.1 Lokalizace objektu[111]

Adresa: Hozova 484/1, 709 00 Ostrava-Mariánské Hory

Vlastnické právo: Římskokatolická farnost Ostrava-Mariánské Hory, Hozova 484/1, Mariánské Hory, 70900 Ostrava

Lokalizace: 49°49′56,14″ s. š., 18°15′23,54″ v. d.

Katastrální lokalizace: Obec: Ostrava 554821, katastrální území: Mariánské Hory 713830, parcelní číslo: st. 369, výměra: 1973 m^2



Obrázek 2. *Lokalizace kostela Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských Horách. Zdroj: Mapy.cz. Mapy.cz [online]. [cit. 04.04.2020]. Dostupné z: https://mapy.cz/zakladni?x=18.2565269&y=49.8323193&z=17&source=base&id=1893959.*

[111] Informace o pozemku. Nahlížení do katastru nemovitostí. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=0Zr7 iYnsGVtp0h6r8ZimT_gMZZfZHIa6xwRXgelyk71DBlJYupoTo_SC9W5vYTXdWVDxWbn9g6xhtnOkRz4eJzPAt6bZy0WMrhEmmE5bt0q.

2.2 Popis objektu a architektonické členění

Kostel Panny Marie Královny je od roku 1958 zapsán v Ústředním seznamu kulturních památek České republiky pod rejstříkovým číslem 47287/8-231.[112]

Dispoziční schéma objektu věrně kopíruje prostorové schéma Baziliky Navštívení Panny Marie ve Frýdku-Místku. Chrámová stavba je 65 metrů dlouhá a 30 metrů široká.[113] Výška obou věží dosahuje 68 metrů. Šířka příčné a střední lodě činí 13 metrů. Šířka boční lodě 6 metrů. Prostor kostela s krátkou příčnou lodí je členěn do 3x3 klenebních polí. V patře užších bočních lodí se nacházejí tribuny, v mezivěží varhanní kruchta. Kostel má 3 hlavní vchody. Dva vedlejší se nacházejí v hlavním průčelí, dva v příčné ose do sakristie a jeden do oratoře na obě věže. Sokl chrámu je kolem celé lodi včetně presbytáře tvořen kamenným kvádrovým obkladem ze zeleného pískovce, který je zakončen krycí římsou.[114] Hlavní průčelí chrámu je vertikálně členěno pilastry s kompozitními hlavicemi do tří os. Střední pole je stylizováno rizalitovým předsazením, sdruženými pilastry a završeno štítovým polem s dekorativní sochařskou výzdobou. Boční osy tvoří vysoké dvoupodlažní věže. Horizontálně odděluje hlavní průčelí široké kladí s vysazenou římsou na dvě části. Na část prostoru lodi a na část prostoru věží.[115]

Uměleckořemeslná dekorativní výzdoba bočních fasád je shodná. Tvořena je vždy čtyřmi vázami dvou různých typů. První typ je štíhlý a vysoký. Druhý je masivní a nízký. Všechny čtyři vázy jsou po stranách ozdobeny volutovými uchy. Vrcholové kříže, které jsou umístěné na bočních průčelích, měří včetně patky 380 centimetrů. Rozpětí vodorovných břeven činí 180 centimetrů.[116]

Hlavní průčelí obsahuje čtyři shodné vázy s volutami, přepásané festony s plameny na vrcholu. Včetně podstavce měří 190 centimetrů. Po stranách balkónu s balustrovým zábradlím završující hlavní portál jsou umístěny dvě dekorativní vázy z umělého kamene. Výška váz i s podstavcem je 150 centimetrů. Dekorativní výzdobu hlavního průčelí zakončuje velký vrcholový kříž s výškou 550 centimetrů. U jeho paty klečí na stylizovaných oblacích dvojice adorujících andělů.[117]

---

[112] Památkový katalog. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/kostel-panny-marie-kralovny-13231018.
[113] JUŘICA, Ostravské svatostánky, s. 8.
[114] WERKMANN, Ladislav. Vyhodnocení stavu soklové partie kostela Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských horách a návrh opatření, Olomouc 2002, s. 6.
[115] WERKMANN, Ladislav. Zpráva o restaurování sochařské výzdoby štítů a štukové výzdoby průčelí, Olomouc 2003, s. 5.
[116] Tamtéž, s. 3.
[117] WERKMANN, Vyhodnocení stavu, s. 4.

3 Stavební materiály historických objektů a příčiny jejich koroze

3.1 Druhy koroze stavebních materiálů

Korozi stavebních materiálů můžeme podle Petra Kotlíka definovat jako soubor přirozených jevů, vedoucích k postupné dezintegraci látky. V zásadě se koroze stavebních materiálů dělí na tři skupiny:[118]

a) koroze chemická – vzniká při změně chemického složení materiálu nebo některé z jeho složek v důsledku reakce s okolím. Chemická koroze může být důsledkem působením nečistot v atmosféře, metabolickým produktem živých organismů, nevhodných konzervátorských zásahů na daném materiálu či působením atmosféry a spodních i povrchových vod. Změna barvy, objemu nebo rozpustnosti napadené složky materiálu je přímým důkazem již probíhající chemické koroze,

b) koroze fyzikální – fyzikální korozi způsobují děje, při nichž je materiál vystaven silám a tlakům na povrchu či uvnitř materiálu a je poškozena jeho fyzikální struktura. Takové změny nejčastěji souvisí se změnou teploty, působením vody, mechanickými vibracemi či abrazí povrchu,[119]

c) koroze biologická – biologickou korozi způsobují jevy pocházející z živých organismů. Ve většině případů se však biologická koroze váže k výše uvedeným korozím. Jako příklad lze uvést rozpouštění substrátu lišejníkovými kyselinami v případě chemické koroze nebo vrůstání kořenů či houbových vláken do substrátu u koroze fyzikální.

3.2 Příčiny koroze stavebních materiálů a druhy napadení

3.2.1 Biologické napadení

Příčiny biologického napadení můžeme rozdělit následovně:[120]

a) hlodavci,
b) ptáci,
c) hmyz (červotoč, rybenky, moli, tesařík, mravenci, termiti),
d) plísně a houby,
e) bakterie,
f) řasy,

[118] KOTLÍK, Petr. Stavební materiály historických objektů: materiály, koroze, sanace, Praha 1999, s. 57.
[119] LEDERER OVÁ, Jaroslava. Biokorozní vlivy na stavební díla, Praha 2009, s. 21.
[120] KOPECKÁ, Ivana. Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené., Praha 2002, s. 21.

g) mechy,
h) lišejníky,
i) vyšší rostliny.

Při vniknutí hlodavců a ptáků do interiéru památky dochází k rozsáhlým škodám. Proto je nutné aby všechny otvory byly dobře zajištěny těsněním ve dveřích nebo sítěmi ve větracích otvorech. Jednotlivá opatření musí být průběžně kontrolována. Stejným způsobem se dá zabránit vniknutí hmyzu, proti kterému se použijí husté síťky ve větracích otvorech či repelentní pásky s vrstvou lepu umístěné ve škvírách.[121] Velkým problémem pro stavební materiály je ptačí trus, obsahující řadu anorganických a organických látek jako jsou fosforečnany, dusičnany nebo kyselina močová. V důsledku srážkové vody může dojít k rozpuštění a transportu těchto látek do pórovitého systému stavebního materiálu. Trus obsahuje rovněž chemické látky, které slouží jako zdroj živin pro bakterie, řasy a houby.[122]

Korozní nebezpečí pro stavební materiál představují také houby. Jejich produkce organických kyselin (kyseliny šťavelové, vinné, jantarové či octové) reaguje s určitými složkami stavebních materiálů a posléze je rozkládá. Nejvíce napadenou složkou stavebních materiálů jsou především uhličitany. Odolné proti působení kyseliny nejsou ovšem ani silikátové minerály.[123]

Mechy, řasy a lišejníky poškozují především stavební materiály a konstrukce v exteriéru staveb. Při napadení dochází ke změně původní barvy materiálu na zelenou, bílou, černou či růžovou, což je zapříčiněno plísněmi. Povlaky řas na stavebních prvcích se mohou zbarvit kromě zelené barvy i do černé, modravé či červené barvy, ovšem nejčastějším typem je povlak zelený. Na památkových objektech se nejvíce vykytují řasy zelené, které pro svůj růst potřebují světlo, vodu, vzduch, minerální látky a tvoří na povrchu materiálu kompaktní zelený povlak.[124] Řasy napadají všechny typy kamene a vyskytují se především na místech, kde je na nějaký čas zadržována voda (římsy, parapety oken, balkóny).[125] Můžeme je nalézt i na omítkách, nástěnných malbách nebo vitrajích. Postupem času mohou pronikat do pórovitého systému materiálu a při dostatku

[121] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 21.
[122] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 68.
[123] Tamtéž, s. 68.
[124] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 25.
[125] WASSERBAUER, Richard. Biologické znehodnocení staveb, Praha 2000, s. 49.

vlhkosti se množí a zvětšují svůj objem. Tím dochází k tlaku, který narušuje stavební materiál. Na zbytcích odumřelých řas mohou postupem času vyrůst vývojově vyšší organismy, které dále narušují stavební materiál. Největší riziko způsobují řasy při dýchání, kdy produkují oxid uhličitý. Ten v době neasimilace napadá uhličitanové složky materiálu a podporuje jejich rozpouštění ve formě hydrogenuhličitanu.[126] Dalším aspektem, který způsobuje přítomnost řas na stavebních objektech je zadržování prachu. V důsledku toho se na fasádách objevují špinavé mokvající skvrny, jenž napomáhají ke tvorbě krust.[127]

Mechy se hromadí na místech, na kterých je i malé množství humusu. V případě památkových objektů to mohou být praskliny na plášti objektu, prohlubeniny nebo římsy. Velmi dobře zadržují vodu, čímž přispívají ke korozi stavebních materiálů. Mechanicky mechy působí na památkové objekty prorůstáním svých vyživovacích orgánů (rhizoidů) a následným transportem vody do struktury stavebních materiálů.[128]

Lišejníky pronikají hluboko do struktury materiálu, do pórů i prasklin, až do hloubky 2 centimetrů. Materiál je posléze ničen jak mechanicky, tak chemicky. Podmínkou pro růst lišejníků je ovšem čistá atmosféra bez průmyslových exhalací.

V případě zanedbání údržby objektu může dojít k napadení stavebních materiálů vyššími rostlinami. Jejich kořeny mohou proniknout do spár, štěrbin či prasklin a způsobovat tak značné poškození staveb. Tlaky spojené s růstem kořenů mohou pohybovat i těžkým blokem kamene. Richard Wasserbauer uvádí, že nejvyšší tlak, který mohou kořeny rostlin vyvinout je 25–30 MPa.[129] Rozšiřují se tak spáry, ve kterých kořeny rostou a dochází ke statickému poškození stavby. Velmi podstatným faktorem je existence stromů rostoucích v blízkosti památkových objektů. Růst kořenů narušuje základy staveb, v případě zvýšeného povětrnostního vlivu hrozí i samotný pád stromu a následné poškození objektu.[130] Destruktivní působení na daný objekt není ve více případech záležitostí jednoho druhu biologického napadení. Jednotlivé druhy působí na

[126] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 67.
[127] WASSERBAUER, Biologické znehodnocní, s. 50.
[128] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 69.
[129] WASSERBAUER, Biologické znehodnocení, s. 50.
[130].KOTLÍK, Stavební materiály, s. 69.

daný materiál vzájemně, což má za následek intenzivnější devastační činnost a rychlejší postup degradace.[131]

3.2.2 Vliv fyzikální a chemické koroze na stavební materiály

Jedním z klimatických faktorů ovlivňující degradaci stavebních materiálů je změna teploty. Kolísající, či naopak vzrůstající teplota působí na změnu objemu materiálu ve schopnosti pohlcovat teplo.[132] Specifickým faktorem je barva konkrétního materiálu. Částice kamene, které mají tmavší odstín, absorbují při osvícení sluncem větší množství tepla než částice světlejší či bílé. Zahřívání materiálu vede k postupnému pronikání teploty z povrchu do hmoty materiálu, během čehož vznikají teplotní rozdíly. Ty mají za příčinu vznik drobných prasklin a trhlin, přispívajících k okamžitému poklesu pevnosti materiálu a růstem pórovitosti. Výše popsaný děj snižuje odolnost proti působení vodorozpustných solí či působení vody.[133]

Jedna z nejčastějších příčin poškození stavebních materiálů u historických památek je způsobena vlivem vodorozpustných solí. Přítomnost solí v materiálech může pocházet z více zdrojů. Jednak jsou soli přítomné ve stavebním materiálu, nebo pocházejí ze vzlínání z půdy a jsou tak do materiálu transportovány z okolí. Mohou vznikat i za pomoci korozních procesů a působením ptačího trusu. Ze složení solí ve struktuře stavebních materiálů lze určit jejich původ. Ovšem jak uvádí Petr Kotlík, jen s určitou pravděpodobností.[134] Sírany pocházející ze spodní vody jsou běžným produktem chemické koroze uhličitanových složek s oxidy síry. Jejich zdrojem může být i cement v omítce.[135] Z posypových solí pocházejí převážně chloridy a dusičnany. Výskyt solí se může objevit i po nevhodných rekonstrukčních pracích na objektech (čištění, konzervování). V těchto případech se nedoporučuje použití silných anorganických kyselin při čištění fasád nebo kamene.[136] Indikace výkvětů solí na povrchu materiálu je důsledkem vypařování roztoků solí z pórovitého systému kamene. Tyto výkvěty solí však nemají zásadní škodlivý vliv na materiál. Naopak soli, které jsou přítomné v porézní hmotě objektu, mohou podobně jako klimatické výkyvy poškozovat materiál v rámci

[131] LEDERERová, Biokorozní vlivy, s. 21.
[132] Tamtéž, s. 23.
[133] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 57.
[134] Tamtéž, s. 57
[135] Tamtéž, s. 63.
[136] Tamtéž, s. 63.

objemových expanzí. V tomto případě jsou vyvíjeny tlaky na stěny pórů a dochází k významnému narušení vnitřní struktury hmoty.[137]

Negativní vliv na korozi stavebních materiálů má působení vibrací v důsledku oprav staveb, nebo blízkosti dopravní komunikace.[138]

3.3 Stavební materiály historických staveb a jejich degradační faktory

3.3.1 Kamenné materiály

Základní stavební surovinou pro výstavbu historických budov je kámen. Ať už se jedná o jednotlivé stavební součásti a prvky (sokly, podlahy, balustrády, ostění, šambrány) či sochařskou výzdobu interiéru a exteriéru (ozdobné krby, vázy, sochy, kašny). Na českém území se pro výstavbu používalo několik typů kamene, které převážně byly získávány ze zdrojů z blízkosti místa stavby. V prvé řadě se jedná o pískovec a opuku, tzv. mušlový vápenec. V daleko menší míře se používá mramor nebo žula. Mezi základní degradační činitele kamene řadíme:[139]

a) vlhkost spolu s vodorozpustnými solemi,
b) prudké klimatické změny (mrazové cykly),
c) abraze,
d) kyselé polutanty v ovzduší a mikroorganismy,
e) nevhodné konzervační zásahy v minulosti,
f) vandalismus.

Mezi nejrozšířenější stavební kameny na našem území patří pískovec. Pískovec je usazená hornina, tvořena klastickými částicemi a tmelem. Ze složení a velikosti klastických částic a z charakteru tmelu se odvozují fyzikální vlastnosti pískovce a tím i jeho odolnost vůči degradaci.[140] Pískovec má velkou škálu zabarvení. Od červené, která indikuje vysokou přítomnost oxidů železa, přes žlutou až šedou. Křemenný pískovec obsahuje jen velmi malý podíl jílové nebo siltové frakce. Mezi další druhy pískovce můžeme řadit arkózovitý pískovec, drobovitý pískovec či pískovce s vápenatým

[137] NOVOTNÝ, Jiří. Metodika: Dlouhodobá péče o sochařská díla a díla uměleckých řemesel v krajině, Praha 2015, s. 18.
[138] LEDERER OVÁ, Biokorozní vlivy, s. 23.
[139] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 41.
[140] Tamtéž, s. 92.

tmelem.[141] Z důvodu menší soudržnosti je pískovec velmi náchylný ke zvětrávání. Zároveň je charakteristický velmi malou pevnosti v ohybu. Výhodou je jeho dostatečná pevnost v tlaku, což umožňuje provádění zděných stěn, které přenášejí zatížení od stropu a konstrukce střechy.[142] Nejvýznamnější oblastí těžby pískovce je Česká křídová tabule v Čechách. Ve Slezsku je významným ložiskem těžby Řeka na Těšínsku.[143]

Vápence nejčastěji vznikaly ukládáním kosterních pozůstatků živočichů a rostlin vylučujících uhličitan vápenatý, vysrážením z roztoků nebo ukládáním jemné drti či větších úlomků organogenního uhličitanu. Tyto procesy probíhaly především v mořském prostředí.[144] Vápence obsahují z chemického hlediska výhradně uhličitan vápenatý ve formě kalcitu, někdy ve směsi s uhličitanem hořečnatým. Fyzikálně-mechanické vlastnosti vápence jsou dané povahou a místem vzniku.[145] Na území jižní Moravy a jižních Čech se objevuje tzv. mušlový vápenec. Používá se především jako stavební kámen, ale i jako surovina pro sochařské práce. Jedná se o slepenec s vápenatým tmelem a s obsahem vápenatých schránek mořských živočichů. Tento typ kamene bývá ovšem citlivý na přítomnost kyselých polutantů v ovzduší (vlivem SO_2 se na povrchu tvoří sádrovcové krusty).[146]

Kamenný materiál v exteriéru je vysoce poškozován klimatickými výkyvy, vysokým zavlhčením, zamrzáním vody, případně krystalizací a rekrystalizací vodorozpustných solí. Aby se tyto vlivy zmírnily, je doporučeno v zimním období sochařská díla zakrývat, aby tak byla chráněna před sněhem. Sníh na kameni v průběhu dne odtává a kámen je tak soustavně zavlhčován. Jak uvádí Ivana Kopecká, v noci při poklesu teploty voda v kameni mrzne, změní svůj objem a trhá porézní strukturu kamene.[147] Základním předpokladem ovšem je nepromokavost ochranného obalu. Zároveň však musí být propustný pro vodní páru, aby nedocházelo ke kondenzaci vody na kameni. Specifickým druhem kamenných staveb jsou kašny. Je nepochybně žádoucí, aby byla z kašen vypuštěna voda před obdobím prvních nočních mrazíků a před zimním

[141] Geologická encyklopedie. [online] [cit. 09.06.2019]. Dostupné z: http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?piskovec.
[142] Lidová architektura. [online] [cit. 09.06.2019]. Dostupné z: https://www.lidova-architektura.cz/architektura-historie/stavby-material/piskovec-vlastnosti.html.
[143] KOTLÍK, Petr. in: Zpravodaj STOP: časopis Společnosti pro technologie ochrany památek svazek 1, č. 3, Slaný, 1999, s. 9.
[144] Tamtéž, s. 16.
[145] Tamtéž, s. 17.
[146] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 42.
[147] Tamtéž, s. 48.

obdobím by se měly zakrýt i vodní nádrže. Mezi další organické nečistoty, které napomáhají k udržení vyšší vlhkosti v kameni patří i napadané listí, vrstvy prachu či pavučin. Tyto nečistoty je vhodné v průběhu roku několikrát lehce omést měkkým košťátkem s dlouhým vlasem.

Klimatické faktory mají velký vliv na poškození kamene. Mezi nejtypičtější příklady patří usazování polétavého prachu, který někdy vážně snižuje kvalitu porézních hornin, především pískovce. Škodlivé pro kamenné materiály jsou taktéž kyselé deště, které reagují s uhličitanem vápenatým a výrazně poškozují mramory, travertiny, i opuky.[148]

U kamenných materiálů může dojít k tvorbě přirozené patiny. Specifickým příkladem je pískovec. V důsledku atmosférického spadu dochází k zanášení pórů a vzniká povrchová krusta, obsahující sádrovec a mechanické příměsi. Ta má za důsledek ztmavnutí pískovce a vytvoření přirozené patiny. Pokud není atmosférický spad příliš agresivní, může takto vytvořená povrchová vrstva chránit kámen před působením dalších negativních vlivů.[149]

3.3.2 Kovové materiály

Kovy se v rámci uměleckých řemesel používají jako hlavní materiál. Často se ovšem vyskytují i jako materiál doplňkový. Nejstarší dochované kovové prvky lze na našem území nalézt v podobě mřížových zubatých tyčí uprostřed malých kamenných ostění okenní mříže (např. kostel Nejsvětější Trojice ve Fulneku).[150]

Degradace kovu je určena rychlostí a druhem koroze, které materiál podléhá. Korozi lze definovat jako vytváření vrstev oxidačních produktů kovu na povrchu kovového předmětu. Ovšem tyto vrstvy mohou mít i ochranný charakter tzv. ušlechtilé patiny, což je kompaktní, málo porézní vrstva s dobrou adhezí ke příslušnému kovu. Ta vytváří bariéru mezi vlastním kovem a vnějšími vlivy prostředí. Na rychlosti tvorby patiny se významným způsobem podílí znečištění ovzduší, které ovlivňuje pH srážek. Dalším ukazatelem je samotný sklon měděné střechy. Na vertikálních plochách a plochách s velkým sklonem je tvorba patiny pozvolnější, než na střechách

[148] SLOUKA, Jan. Kámen: od horniny k soše, Praha 2007, s. 136.
[149] Tamtéž, s. 137.
[150] KOTLÍKOVÁ, Olga. Povrchové úpravy kovů, Preventivní ochrana proti korozi, Praha 2007, s. 15.

horizontálních a mírně sklopených.[151] Koroze je podmíněna především přítomností oxidačních činitelů, přítomností stimulátoru koroze a vzdušné vlhkosti.[152]

Koroze kovů se následně dělí:[153]

a) podle korozního prostředí (půdní, mořská, atmosférická, v plynech aj.),
b) podle místa vzniku (pod povlakem, u svaru, pod tepelnou izolací aj.),
c) podle fyzikálních podmínek vzniku (vysoké teploty, mechanické namáhaní, aj.),
d) podle vzhledu,
e) podle korozních produktů,
f) podle rozsahu poškození,
g) podle rychlosti vzniku,
h) podle druhu chemické reakce,
i) podle dominantního typu článku.

Při preventivní ochraně kovových předmětů by mělo docházet k pravidelným kontrolám, během kterých jsou na kovových předmětech vyhledávány znaky výskytu aktivní koroze. Kovové součásti v exteriéru staveb jsou vystavené povětrnostním vlivům, proto trpí daleko více než kovové předměty v interiérech. K největšímu ohrožení dochází v průmyslových oblastech s větším množstvím emisí. Železné výrobky v exteriéru jsou obvykle opatřovány ochrannými nátěry. Ty musí být průběžně kontrolovány. V případě, že je ochranný nátěr porušen, dochází k proniknutí vlhkosti ke kovu, který začíná korodovat a podkorodovávat nátěr. Když se na povrchu kovového předmětu objeví koroze, je zapotřebí celý kovový povrch zrestaurovat. Velmi důležité je zamezit přímého kontaktu měděných prvků s méně ušlechtilým kovem, aby nedošlo k elektrochemické korozi.[154]

3.4 Atmosférická koroze a její působení na materiály

Za největší ztráty způsobené korozí u kovových předmětů může z 80 % atmosférická koroze. Působením vlhké atmosféry je vystaven největší povrch kovových konstrukčních materiálů, ze kterých jsou stavební konstrukce vytvořeny. Kovové konstrukce historických staveb jsou rovněž ovlivňovány vlivem vlhkosti atmosféry, která

[151] KOTLÍKOVÁ, Olga. Povrchové úpravy kovů, Preventivní ochrana proti korozi., Praha 2011, s. 21.
[152] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 33.
[153] NOVÁK, Petr. Druhy koroze kovů. Koroze a ochrana materiálu, Praha 2005, s. 75–78.
[154] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 39.

je napadá přes nekovové části staveb (kámen, cihly, beton, omítky). Mezi nejvýraznější stimulátory koroze kovových předmětů se řadí oxid siřičitý a chloridy. Oxid siřičitý je oxidován dalšími složkami atmosféry, mezi které patří ozon a oxidy dusíku na sírany, stimulující aktivní rozpouštění železa. Základní redukční katodickou reakcí při atmosférické korozi kovů je redukce kyslíku.[155]

Ocel se dá proti korozi chránit organickými nátěry nebo pozinkováním. Touto úpravou se může omezit zadržování vlhkosti na materiálech. Příčinou selhání protikorozní vrstvy je nanášení nátěrů na špatně upravený povrch. Zinek se natírá ochrannou vrstvou, kterou tvoří bazický uhličitan a síran.[156]

[155] NOVÁK, Petr. Korozní problémy kovových konstrukcí. in: Odborný seminář. Obnova kovových konstrukcí historických objektů, Praha 2007, s. 27.
[156] Tamtéž, s. 29.

4 Konzervace stavebních materiálů

4.1 Základní terminologie a pojmy

Základním dokumentem, který definuje pojmy konzervace a restaurování v oblasti památkové péče je Mezinárodní charta o zachování a restaurování památek (Benátská charta). Články 4–13 definují pojmy konzervace a restaurování v oblasti památkové péče. Článek 9 uvádí, že restaurování je operací, která má podržet výjimečný charakter památky. Jejím cílem je zachovat a odhalovat estetické a historické hodnoty památky a zakládá se na respektování staré podstaty a autentických dokumentů.

Z hlediska muzejního lze pojmy konzervace a restaurování definovat následovně:[157]

- preventivní konzervace usiluje o zpomalení degradace a zabránění poškození muzejního sbírkového předmětu systémem pravidelných kontrol a optimalizací podmínek při uložení a prezentaci minimalizací veškerých rizikových faktorů,
- sanační konzervace spočívá v ochraně hmoty a konstrukce muzejního sbírkového předmětu pomocí systému přímých zásahů stabilizujících jeho fyzický stav,
- restaurování je činnost, která obnovuje celistvost předmětu na určitém stupni jeho historického vývoje. Restaurování zahrnuje nejen doplnění chybějících či silně poškozených částí, ale i odstranění těch prvků, které brání srozumitelnosti nebo funkčnosti předmětu.

4.2 Průzkum kamenných materiálů

V rámci průzkumu kamenných materiálů u historických staveb můžeme přistoupit k několika variantám. Jednou z možností je provedení petrografického průzkumu, který je zaměřen na specifické určení druhu a typu kamene, včetně místa ze kterého kámen pochází. Další průzkumy zahrnují analýzu povrchových doplňků a tmelů, průzkum fyzikálních vlastností kamene či zjištění polohy a stavu kovových čepů v materiálu. V tomto případě lze přítomnost kovů zjistit pomocí RTG-analýzy nebo s pomocí ultrazvuku. V případě mikrobiologického průzkumu nám základní informaci poskytne vizuální prohlídka objektu.[158] Bližší specifikaci horniny můžeme určit mikroskopickým pozorováním výbrusu nebo nábrusu optickým polarizačním mikroskopem. Chemické

[157] KOPECKÁ, Preventivní péče, s. 27.
[158] KOPECKÁ, Ivana, NEJEDLÝ, Vratislav. Průzkum historických materiálů: analytické metody pro restaurování a památkovou péči, Praha 2005, s. 44.

složení horniny se provádí a analyzuje na vyleštěném výbrusu optickým polarizačním mikroskopem či SEM/EDS analýzou.

Zjištění typu a rozsahu zasolení kamene lze podle Ivany Kopecké stanovit destruktivně nebo nedestruktivně. Míra zasolení s využitím destruktivního způsobu se stanovuje z výluhu odebraného vzorku kamene. Nedestruktivní způsob spočívá ve zjištění stupně zasolení z výluhu obkladu buničiny, zvlhčené destilovanou vodou na přesně definované ploše kamene.[159]

Odběr výkvětů solí z materiálu může posloužit pro kvalitativní analýzu, u které se zjišťuje přítomnost chloridů či síranů. Pro přesné určení stupně a rozložení salinity na objektu je zapotřebí ji měřit ve více bodech a v různých výškových profilech. Podobná situace nastává při průzkumu stupně zavlhčení u památkových objektů. Odběr vzorků musí být odebrán v různých výškových profilech. Vlhkost se posléze stanovuje pomocí odběru vzorků a následné gravimetrické analýzy či s pomocí vlhkoměrů. Ivana Kopecká ovšem uvádí, že použití kapacitních vlhkoměrů může být u zasoleného zdiva zatíženo chybou. Tyto výsledky lze tedy chápat jen jako orientační.[160]

4.3 Konzervace kamenných materiálů

Hlavním úkolem při čištěný kamenných materiálů je odstranit z jejich povrchu látky, které kameni škodí. Mohou to být soli, anorganické částice ucpávající porézní strukturu kamene, organické látky vyvolávající hydrofobní efekt, vrstvy nečistot či další. Je ovšem zapotřebí vzít na vědomí, že na znečištění kamene se podílí nejen množství nečistot v ovzduší, ale i množství a způsob stékání srážkové vody po jeho povrchu.[161]

Jedním z prvních kroků během konzervace kamenných materiálů je jejich odsolení. Provádí se deionizovanou vodou či aplikací chemických látek, které vyvolávají reakce spojené se vznikem nerozpustných a špatně rozpustných solí.[162]

[159] KOPECKÁ – NEJEDLÝ, Průzkum, s. 45.
[160] Tamtéž, s 45.
[161] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 14.
[162] SLOUKA, Kámen, s. 140.

4.3.1 Mechanické čištění

Odstranění nečistot z povrchu kamene lze realizovat pomocí mechanického kartáče, abrazivními metodami či skalpelem. Čištění pomocí abrazivních metod se dělí na několik druhů:[163]

a) otryskávání za sucha – pomocí této metody probíhá čištění s použitím abraziva neseného tlakovým vzduchem, což umožňuje tuto metodu aplikovat i za nízkých teplot. Nevýhodou této metody je špatná regulace tloušťky odebírané vrstvy. To může vést ke ztrátě hmoty čištěného materiálu,

b) otryskávání za mokra – tato metoda používá ve svém principu čištění tlakovou vodou. Podobně jako u otryskávání pomocí tlakového vzduchu zde hrozí ztráta materiálu díky špatné regulaci tloušťky odebírané vrstvy,

c) odstraňování horkou parou – v rámci této metody dochází ke změkčení starých nátěrů za pomoci horké páry. Používá se proto pro odstranění nátěrů na bázi organických pojiv a je vhodná pro odstranění nátěrů jen z dostatečně pevných omítek či kamene,

d) odstraňování metodou JOS – jde o modifikaci otryskávání za mokra s tím rozdílem, že u metody JOS lze volbou trysky, tlaku vody a vzduchu vybrat vhodné abrazivo k postupnému snímání jednotlivých vrstev u vícevrstvých nátěrů či čištění velmi subtilních detailů.

Specifickým druhem čištění je metoda čištění pomocí ultrazvuku. Tato metoda vyžaduje vysokou přesnost a je taktéž časově náročná.[164]

Mechanické čištění pomocí laseru je založeno na absorpci a přeměně absorbované energie dodané laserovým paprskem. Povrchová část krusty je následně převedena do stavu plazmatu a posléze ochlazována. Změny teplot vyvolávají objemové změny a dochází k narušení krusty, která se odděluje od povrchu. V případě laseru lze regulovat vlnovou délku, průměr svazku paprsků, světelnou energii pulzu a frekvenci.[165] Při této metodě se tedy rozliší nečistoty od hmoty kamene ne podle mechanických vlastností nebo rozpustnosti, ale podle optických vlastností.

[163] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 82.
[164] DOMASLOWSKI, Wiesław. Preventive conservations of stone objects, Torun 2003, s. 126.
[165] BÁRTA, Patrik. Čištění kovů, Brno 2016, s. 8.

Mezi nevýhody mechanického čištění patří již výše uvedené riziko nekontrolovatelné ztráty hmoty, především u kamene napadeného korozí. Pevnost hmoty je u takových materiálů rapidně snížena. Velmi důležitá je samotná velikost plochy. U historických nemovitých památek je vhodné využít metodu abrazivního čištění nebo čištění tlakem vodního proudu (metoda JOS). Při čištění pomocí mosazných či ocelových kartáčů hrozí nebezpečí ulomení drátků a jejich zachycení v kameni, což může posléze vést ke korozi.[166]

4.3.2 Chemické čištění

Chemická metoda čištění se na daný materiál aplikuje ve formě roztoků, past či zábalů. Aktivní látky lze z chemického pohledu rozdělit na látky kyselé, neutrální nebo zásadité.[167] Kyselé prostředky by neměly být používány na kameny obsahující uhličitanové složky s vyšším obsahem uhličitanů, jako je třeba vápenec, mramor, opuka či pískovec. Při použití těch prostředků dochází totiž k napadení a rozpuštění uhličitanových složek a k následné korozi. Výjimku mezi těmito látkami tvoří kyselina fluorovodíková, která se používá k čištění pískovců s křemitým pojivem nebo žuly. Mezi kyselé prostředky používané k čištění kamenných materiálů řadíme i směsi obsahující komplexotvorné sloučeniny deriváty kyseliny ethylendiamintetraoctové jako jsou Komplexo, Chelaton III, či Syntron D.[168]

Univerzální čistící prostředky jsou prostředky s neutrální reakcí. Jedná se o směsi, které v průběhu čištění uvolňují oxid uhličitý a amoniak, což zapříčiní stoupání jejich hodnoty pH v průběhu působení. Tyto prostředky bývají aplikovány ve formě zábalů a past, které je nutno ponechat během jejich působení na kameni ve vlhkém stavu. Mezi tyto čistící prostředky patří pasta Mora či pasta Hempel a jsou velmi účinné na síranové krusty na vápencích a mramorech.[169]

Při smývání nečistost z povrchu se využívá rozdíl v rozpustnosti složek krusty a původní hmoty kamene. Rozpustnost může být podpořena zvýšenou teplotou s použitím teplé vody nebo vodní páry. Další variantou je chemická reakce, která převádí některou ze složek krusty na novou, lépe rozpustnou látku.

[166] KOTLÍK, Stavební materiály, s. 86.
[167] Tamtéž, s. 87.
[168] Tamtéž, s. 88:
[169] Tamtéž, s. 88.

Mezi tyto prostředky se řadí:

a) používání komplexotvorných sloučenin (Komplexony, některé typy Syntronů),
b) postupy založené na amoniaku a oxidu uhličitém (hydrogenuhličitan amonný),
c) používání kyselin či zásad.

Zásadní nevýhodou těchto postupů je těžká neodlišitelnost chemického složení původního materiálu od složení nečistot. Čisticí prostředek napadne vedle nečistot i původní hmotu kamene. Aby bylo omezeno pronikání rozpouštěných látek z krusty do porézních struktur kamene, jsou čistící zábaly aplikovány ve formě past či zábalů. Čištění je však provedeno pouze v případě, že obklad zůstává vlhký. Z tohoto důvodu se obklady nanesené na povrch kamene překrývají lymerní fólií. K odstranění olejových nátěrů či fermeže je vhodné použít organická rozpouštědla, například xylen nebo toluen.[170]

Postupy čištění se vesměs kombinují. Často je používáno více metod, jejichž účinky se posléze zesilují. Například velmi silné krusty se čistí mechanicky a poté se dočišťují aplikací chemických látek, které podporují jejich rozpustnost.[171]

Z organických konzervačních prostředků, které se pro čištění kamenných materiálů používají, jsou široce rozšířeny vosky, akryláty a pryskyřice, obvykle syntetické (epoxidové a polyesterové). K nejrozšířenějším konzervačním prostředkům patří organosilikáty, které se dále dělí na hydrofobizační a konsolidační.[172]

4.4 Průzkum kovových materiálů

Základním průzkumem je vizuální prohlídka kovových součástí památkových objektů a jejich zhodnocení. Pro detailní průzkum předmětů je zapotřebí mikroskopický průzkum. Strukturální poškození předmětů viditelné pomocí prasklin či míry koroze se analyzuje rentgenografií. Pomocí rentgenografie lze zjistit defekty vzniklé při odlévání, rozkrývá se stav vnitřní podpůrné kovové konstrukce a rovněž podává informace o poškození, která vznikla během užívání. S pomocí skenovacího elektronového mikroskopu je možné zjistit do jaké míry je krusta porézní. Mineralogické složení můžeme odhalit pomocí rentgenové krystalografie.[173]

[170] DOMASLOWSKI, Preventive conservations, s. 128.
[171] Tamtéž, s. 128.
[172] SLOUKA, Kámen s. 140.
[173] KOPECKÁ – NEJEDLÝ, Průzkum, s. 66.

4.5 Konzervace kovových materiálů

Měď je červenavě zabarvený kov vysoké tvárnosti, houževnatosti, výborné tepelné a elektrické vodivosti a má velmi dobrou odolnost vůči korozi. Po čase se měď pokrývá ochranou patinou červeného oxidu měďného. Při delším působení znečištěného vzduchu a vlhkosti se patina mění podle povahy atmosféry. Nejčastěji získá podobu zelené patiny.[174]

Čištění měděných předmětů je možné mechanickou cestou. Mechanické čištění umožňuje odstranit nečistoty lokálně a nezanechává po sobě rezidua čistících prostředků. Ovšem je časově náročnější a vyžaduje bohaté zkušenosti a manuální zručnost. Pro čištění jsou využívány technologie v podobě ultrazvukových skalpelů, tryskání či ručního čištění pomocí skalpelů či kartáčů. Při aplikaci technologie tryskání záleží na druhu abraziva, tryskacím tlaku, úhlu tryskání a zkušenostech.[175] Obecně platí, že při čištění mědi a jejich slitin se používají nižší tlaky a nepříliš agresivní abraziva. Vhodné k čištění mohou být mleté ořechové skořápky nebo balotina. Další postup, který se využívá spíše u rozměrnějších objektů v exteriéru, je čištění za pomocí tlaku vody. Při tryskání se používají tlaky v rozmezí od 7 do 27 MPa. Za tohoto tlaku lze velmi účinně odstraňovat korozní produkty z povrchu zkorodovaného předmětu. Nevýhodou této metody je ovšem vysoké riziko poškození čištěného objektu.

Proces čištění za užití laseru je šetrný k podkladovému kovu a nahrazuje tryskání, moření a odmašťování. Vzhledem k vysokým pořizovacím nákladům je tato metoda málo dostupná a méně používaná. Obdobnou metodou je tryskání suchým ledem. Používá se při konzervování či restaurování technických zařízení a strojů.[176]

Při chemickém čištění se nejčastěji používá vodných roztoků (10% roztok Chelatonu III.). Rozpouštění je založeno na vazbě kationtu kovu do stabilního komplexu. Pomocí roztoku Chelatonu III. lze velmi dobře odstranit i velmi odolné červené vrstvy oxidu měďného. Samotný proces čištění je ovšem poměrně pomalý. Je vhodné ho kombinovat s mechanickým čištěním silonovými kartáči nebo ultrazvukem.

[174] Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin, Brno 2011, s. 429.
[175] Tamtéž, s. 452.
[176] Tamtéž, s. 453.

Mezi další využívané roztoky k chemickému čištění patří:[177]

a) alkalická Rochelská sůl,
b) alkalický glycerin,
c) calgon,
d) pufrovaný roztok kyseliny citronové.

Zinek je bílý kov s namodralým leskem. Využívá se jako antikorozní ochranný materiál pro železo a jeho slitiny. Zinek chrání povrch železného předmětu jak mechanicky, tak chemicky. Ochrana pozinkováním se u historických staveb používá na zábradlí, okapy či parapety. V minulosti se značně využíval na výrobu soch a uměleckořemeslných výrobků. Zinkový plech byl rovněž vhodným materiálem na okapy či střešní okna. Při odstraňování korozních produktů z povrchu zinkových předmětů se vzhledem k chemické povaze zinku používají roztoky od kyselých až po zásadité. Z komplexotvorných látek se využívá 10 % roztok Chelatonu III. Kromě rozpouštění korozních produktů dochází ovšem s použitím roztoku k rozpouštění zinku, v důsledku přístupu vzdušného kyslíku k povrchu kovu. Použití Chelatonu je tedy vhodnější za okolností, kdy je celý předmět ponořen do roztoku a přístup kyslíku je tak omezen. Další variantou je kyselé čištění používané již v 19. století. Bílé korozní produkty se rozpouštěly v 8% roztoku kyseliny octové. U menších předmětů se dnes používá 5% kyselina sírová s následným oplachem vodou a slabým vodným roztokem amoniaku pro neutralizaci zbytků kyseliny.[178] V případě chemického odstraňování nečistot je zapotřebí užití kartáčů. Proces bude probíhat rovnoměrně a značně se urychlí. Při použití kovových kartáčů je třeba brát ohled na to, aby svojí tvrdostí nepoškodily čištěný povrch předmětu. U velkých objektů se chemické čištění aplikuje ve formě obkladů, tvořených inertním savým materiálem nebo zahušťovadlem, jako je například kaolin.

Korozní produkty je možné odstranit otryskáváním za nízkého tlaku s pomocí vhodného abraziva (keramika, skořápky, plasty). Mezi efektivní fyzikální metody patří laser. U menších objektů se používají ultrazvukové vany nebo pistole.[179]

[177] Konzervování a restaurování kovů, s. 429.
[178] Tamtéž, s. 583–584.
[179] Tamtéž.

Ocel je slitina železa, uhlíku a některých dalších prvků, u kterých obsah uhlíku nepřekračuje 2,1 %. Dělí se z mnoha hledisek. Nejčastěji však podle výrobního pochodu, stupně dezoxidace, způsobu či účelu použití nebo vhodnosti k dalšímu zpracování.[180] Podle obsahu uhlíku se ocel dělí na podeutektoidní (méně než 0,8 % C), eutektoidní (cca. 0,8 % C) a nadeutektoidní (nad 0,8 % C). Podeutektoidní ocel se běžně používá jako konstrukční materiál. Ocel je velké míře využívána pro nosné konstrukce staveb, při stavbě mostů či různých typů schodišť a kolejnic.[181]

Pro restaurování a konzervaci oceli jsou možné dvě varianty. V případě malého stupně zkorodování předmětu je nejvíce účinné úplné odstranění korozních produktů, v tomto případě rzi, včetně v nich obsažených agresivních aniontů. V minulosti se korozních produktů zbavovalo pomocí elektrolytického či chemického moření kyselinou fosforečnou, nyní se přistupuje k variantě mikrotryskání. Po očištění se povrch kovového předmětu zkonzervuje.[182] V případě, kdy je stupeň koroze kovového předmětu značný, například u archeologických nálezů, vedlo by výše uvedené odstranění korozních produktů ke ztrátě informací o původním tvaru předmětu. Je tedy vhodné při konzervaci korozní produkty zachovat s tím, že budou zbaveny agresivních aniontů. Za tímto účelem musí být provedena stabilizace kovového předmětu.[183]

Čištěním se z povrchu kovových předmětů odstraňují nečistoty, nefunkční nátěry nebo korozní produkty se stimulátory koroze. V dnešní době je preferováno mechanické čištění železných předmětů, které odstraňuje korozní produkty z povrchu lokálně. Ve velké míře se používají ocelové kartáče, jemné ocelové vaty, skalpely či rotační a vibrační přístroje, jako například ultrazvukové skalpely či jehly. Otryskávání velkých předmětů se provádí ve velkém prostoru, kdy je volen přímý tlak vzduchu a hrubost abraziva podle různých druhů písků. Pro chemické čištění se používá nasycený roztok Chelatonu III. nebo 20% čistý tanátovací roztok či v kombinaci s kyselinou fosforečnou. Roztok tripolyfosforečnanu sodného (20 g/l) se používá k odstranění vápenatých krust.[184]

[180] PLUHAŘ, Jaroslav. Nauka o materiálech, Praha 1989, s. 344.
[181] VOJTĚCH, Dalibor. Kovové materiály. Praha 2006, s. 93–115.
[182] Konzervování a restaurování kovů, s. 413.
[183] Tamtéž, s. 413.
[184] Tamtéž.

5 Environmentální situace v České republice a její legislativa

5.1 Právní předpisy v České republice

Základní právní normou pro ochranu ovzduší v České republice je zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší a zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu a o fluorovaných skleníkových plynech, ve znění pozdějších předpisů.[185] V § 2 písm. b) zákona č. 201/2012 Sb., zákon definuje znečišťující látku jako každou látku, která svou přítomností v ovzduší může mít škodlivé účinky na lidské zdraví nebo životní prostředí anebo obtěžuje zápachem. V § 3–7 zákon č. 201/2012 Sb. stanovuje přípustnou úroveň znečištění ovzduší a s tím spojené imisní a emisní limity, včetně jejich vyhodnocování a následného monitoringu.[186] Prováděcím právním předpisem k zákonu č. 201/2012 Sb. je vyhláška č. 312/2012 Sb., o stanovení požadavků na kvalitu paliv používaných pro vnitrozemská a námořní plavidla z hlediska ochrany ovzduší. Dále vyhláška č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. Vyhláška částečně mění měření a vyhodnocování emisních limitů. Mezi další právní předpisy patří vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích.[187]

Zákon č. 73/2012 Sb., upravuje práva a povinnosti osob a působnost správních úřadů při ochraně ozonové vrstvy Země, včetně klimatického systému Země, před nepříznivými účinky regulovaných látek a fluorovaných skleníkových plynů. Prováděcím právním předpisem k zákonu č. 73/2012 Sb. je vyhláška č. 257/2012 Sb., o předcházení emisních látek, které poškozují ozonovou vrstvu, a fluorovaných skleníkových plynů.[188] Zákon č. 73/2012 následně mění novela č. 89/2017 Sb., která adaptuje zákon na nařízení EU č. 517/2014, o fluorovaných skleníkových plynech. Nařízení upravuje podmínky provozu a uvádění na trh zařízení obsahující regulované látky nebo fluorované skleníkové

[185] Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 ve znění pozdějších předpisů. [online] [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument.
[186] Tamtéž.
[187] Vyhláška o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích č. 330/2012 Sb. ze dne 8. října 2012. [online] [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_ovzdusi.
[188] Tamtéž.

plyny, s cílem snížit riziko jejich neodborné instalace a zamezit tak únikům těchto látek do ovzduší.[189]

V roce 2016 byla přijata novela zákona č. 201/2012 Sb., ve sbírce zákonů uvedená pod č. 369/2016 Sb. Hlavním cílem novely je posílení ochrany ovzduší před znečišťujícími látkami. Novela zavádí přísnější limit pro jemné prachové částice s průměrem do dvou a půl mikrometru ($PM_{2,5}$) a přímé kontroly kotlů v domácnostech.[190] Další úpravy podmínek pro provoz a prohlídky kotlů na tuhá paliva přinesla novela č. 172/2018 Sb., s platností od 1. 9. 2018.[191]

Území České republiky je podle zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, členěno na několik zón a aglomerací, v rámci posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění daného území. Zónou se rozumí území vyčleněné Ministerstvem životního prostředí pro účely sledování a řízení kvality ovzduší. Aglomerace je sídelní seskupení, v němž žije nejméně 250 000 obyvatel.[192] Zákon stanovuje sedm zón a tři aglomerace: Prahu, Brno a Ostravu/Karvinou/Frýdek-Místek.[193] Poslední zmíněná aglomerace patří společně s přilehlou oblastí Polska k nejvíce znečištěným evropským regionům jak z hlediska rozlohy, tak dosažených koncentrací.[194]

5.2 Předpisy EU na ochranu ovzduší

Nejdůležitější směrnice na ochranu ovzduší v Evropské unii je Směrnice 2008/50/ES, o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu, která nahradila směrnici č. 96/92 ES. Směrnice 2008/50/ES stanovuje limity pro znečištění ovzduší,

[189] Zákon č. 89/2017 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. [online] [cit. 21.07.2019]. Dostupné z:. https://www.mzp.cz/cz/latky_poskozujici_ozonovou_vrstvu.
[190] Zákon č. 369/2016 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. [online] [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument.
[191] Zákon č. 172/2018 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. [online] cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument.
[192] Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 21.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/I.Uvod_CHMU2018.pdf, s. 19.
[193] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 21.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Vagl_CZ.html.
[194] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 21.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/VIII_EU_CZ.html.

způsob hodnocení a informovanost veřejnosti o kvalitě ovzduší.[195] Mezi další legislativní nástroje ochrany ovzduší v Evropě patří Směrnice 2004/107/ES, o obsahu arsenu, kadmia, rtuti, niklu a polycyklických aromatických uhlovodíků ve vnějším ovzduší, Směrnice 2016/2284/EU, o snížení národních emisí některých látek znečišťujících ovzduší, a Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezení znečištění).[196]

5.3 Znečištění ovzduší a jeho následky

Kvalita ovzduší má zásadní a důležitý vliv nejen na zdraví člověka ale ve velké míře i na vegetace a ekosystémy. Mezi zásadní environmentální problémy spojené se znečištěním ovzduší patří:

1. klimatická změna: za posledních 150 let se teplota na Zemi zvýšila o 0,6 °C. S tím souvisí celá řada klimatických jevů, které můžeme pozorovat v souvislosti s táním ledovců a zvýšením teploty mořské hladiny.[197] V důsledku rostoucí intenzity spalování fosilních paliv na Zemi, roste v ovzduší podíl oxidu uhličitého. Ten společně s vodní párou, methanem a ozonem přispívá ke vzniku skleníkového efektu.[198] Používání fosilních paliv pokrývá 80 % energetické spotřeby lidstva a vytváří 80 % emisí oxidu uhličitého.[199] Velmi značnou měrou přispívá k produkci oxidu uhličitého odlesňování lesních a pralesních porostů. Ničení pralesů a tropických lesů má pak za následek 20 % z celkových antropogenních emisí. Část oxidu uhličitého, který lidstvo vyprodukuje, je zachycováno biosférou a půdou. Polovina ovšem zůstává v atmosféře. Předpokládané oteplení zemského povrchu může podle Bedřicha Moldana přinést celou řadu vážných následků pro lidskou biosféru. Změna může nastat v náhlé změně mořských proudů či monzunů, nebo výskytem extrémních situací v počasí. Na jedné straně extrémně horkých období způsobujících tání ledovců a zvýšení hladiny oceánů, na straně druhé může klimatická změna přinášet období velmi silných mrazů, větrů, dešťů či období sucha.[200]

[195] 2008/50/ES – Směrnice Evropského parlamentu a Rady. [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32008L0050.
[196] Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 21.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/18groc/gr18cz/I.Uvod_CHMU2018.pdf, s. 17.
[197] BARROS, Vincente. Globální změna klimatu, Praha 2006, s. 12.
[198] MOLDAN, Bedřich. Životní prostředí, Globální perspektiva, Praha 1994, s. 63.
[199] BARROS, Globální změna, s. 50.
[200] MOLDAN, Životní prostředí, s. 65.

Klimatický systém je provázán a podmíněn vnějšími vlivy, které můžeme dělit na přírodní a způsobené člověkem.[201]

2. smog: je chemické znečištění atmosféry způsobené antropogenní činností. Dělí se na:

a) redukční smog: znečištění ovzduší vysokou koncentrací tuhých částic a oxidu siřičitého. Viditelnost je při něm značně snížena důsledkem výskytu husté mlhy. Bývá často označován jako Londýnský smog.[202] Častý výskyt je běžný na místech s vysokým použitím lokálních topenišť na tuhá paliva, speciálně uhlí,[203]
b) fotochemický (oxidační) smog: je tvořen především ozonem a organickými peroxidujícími látkami, které vznikají fotochemickými reakcemi v ovzduší. První výskyt se datuje do 40. let 20. století v Los Angeles.[204]

Oba druhy smogu vznikají následkem znečištění ovzduší vycházejících ze spalování paliv. Ke vzniku smogu v Londýně došlo v důsledku spalování uhlí, v Los Angeles spalováním kapalných a plynných paliv. Redukční smog dosahuje maximálních koncentrací v časných ranních hodinách při teplotě 0–5 °C a velké vlhkosti vzduchu. Je doprovázen hustou mlhou. Fotochemický smog nabírá na intenzitě během odpoledne v letním období, v průměrných teplotách 25–30 °C, kdy je nízká vlhkost vzduchu a jasné počasí. Fotochemický smog vzniká působením UV záření na zplodiny ze spalovacích motorů (oxidu uhelnatý, oxidy dusíku, uhlovodíky). Tím se vytváří chemická reakce, při které vzniká řada znečišťujících látek, jako vysoce toxický přízemní ozon, aldehydy, alkylnitráty a peroxidy organických sloučenin. Tyto složky následně tvoří fotochemický smog.[205] Nejvíce ohroženy oxidačním smogem jsou především velká města s vysokou hustotou dopravy. Chemické látky obsažené ve fotochemickém smogu mají nepříznivý vliv na lidský organismus, jsou toxické a karcinogenní.[206]

3. mokrá atmosférická depozice (kyselý déšť): je pojem, který se používá pro mokrou depozici srážkami z atmosféry na zemský povrch, která svým vlivem působí na okyselení v přírodě.[207] Kyselý déšť je vytvářen s pomocí oxidů síry, pocházejících ze

[201] BARROS, Globální změna, s. 33.
[202] SYMON, Karel. Znečištění ovzduší a zdraví, Praha 1988, s. 62.
[203] SLÁBOVÁ, Markéta. Tvorba a ochrana životního prostředí, České Budějovice 2006, s. 74.
[204] SYMON, Znečištění ovzduší, s. 62.
[205] Tamtéž, s. 62–63.
[206] ADAMEC, Vladimír. Doprava, zdraví a životní prostředí, Praha 2008, s. 82.
[207] MOLDAN, Životní prostředí, s. 57.

spalování fosilních paliv, sopečné činnosti a z průmyslové výroby zpracovávající síru a sirné rudy. Z fosilních paliv má nejvyšší obsah síry hnědé uhlí.

V České republice obsahuje hnědé uhlí okolo 1–8 % síry, na rozdíl od černého uhlí (1 %) či ropě (1–3 %).[208] Díky používání paliv s nižším obsahem síry, především plynu, a v důsledku odsiřování emisních zdrojů, je zaznamenán pokles emisí oxidu síry. Během jedné dekády došlo ke snížení emisí o 90 % vůči maximu z 80. let 20. století.[209] Rozdílná situace je u emisí oxidu dusíku, který rovněž přispívá ke tvorbě kyselého deště.[210] Hlavním antropogenním zdrojem jsou podobně jako u oxidů síry spalovací procesy. Na rozdíl od oxidů síry není hlavním zdrojem NO_x dusík, který je součástí paliv, ale oxidace vzdušného N_2 při vysokých teplotách. Antropogenní emise oxidu dusíku tak závisí nejen na množství spotřebovaného paliva, ale i na způsobu jeho spalování.[211]

Jakmile se emise v atmosféře rozpustí, nastane reakce s vodou za tvorby silných dusíkatých kyselin. V případě nedostatku alkalických částic v ovzduší, nastává okyselování srážek na pH menší než 4.0. Srážky pak dopadají na zemský povrch ve formě kyselého deště v podobě kyseliny dusičné a kyseliny sírové.[212] Negativním důsledkem je okyselování půd, vody a devastace lesních porostů, převážně jehličnanů. Jejich poškozené jehlice se nestačí dostatečně regenerovat.[213] První zmínky o škodlivých účincích kyselého deště pocházejí z druhé poloviny čtyřicátých let minulého století, v souvislosti s poškozením lesa v Krušných horách. Devastační účinky kyselého deště byly publikovány a zveřejněny v článku švédského vědce Svabte Odéna v roce 1967.[214]

[208] Ministerstvo životního prostředí. [online] [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DC21A4C7F0AFAD0AC1257081001AA6B7/$file/planeta_web.pdf.
[209] Tamtéž, s.6.
[210] MOLDAN, Životní prostředí, s. 57.
[211] Ministerstvo životního prostředí. [online] [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DC21A4C7F0AFAD0AC1257081001AA6B7/$file/planeta_web.pdf, s. 5.
[212] ZAPLETAL, Miloš. Atmosférická depozice acidifikačních činitelů na území České Republiky, Opava 1997, s. 15.
[213] SLÁBOVÁ, Tvorba a ochrana, s. 72.
[214] Ministerstvo životního prostředí. [online] [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DC21A4C7F0AFAD0AC1257081001AA6B7/$file/planeta_web.pdf.

5.4 Emisní zdroje znečišťování REZZO 1–4

V rámci monitoringu zdrojů emisí byl použit Registr emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO).[215] Registr eviduje zdroje ovzduší znečišťujících látek v souladu se zákonem č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší. Zdroje jsou rozděleny do kategorií REZZO1–4. Dílčí soubory REZZO 1–3 zahrnují zdroje stacionární, zatímco REZZO 4 zahrnuje zdroje mobilní.[216] Stacionární zdroje se dělí v závislosti na tepelném výkonu a technologických procesech, které daný zdroj využívá a jejich případný dopad na znečištění ovzduší. Mezi stacionární zdroje řadíme těžební a jiné plochy s možností zapaření, hoření nebo úletu znečišťujících látek, dále sklady a skládky paliv, surovin, produktů, odpadů a další obdobné zařízení nebo činnost.[217]

Mobilní zdroje určují emise ze silniční, letecké, vodní a železniční dopravy. Mimo dopravní prostředky dále posuzují emise ze stavebních strojů a zařízení, zemědělských a lesnických strojů, přenosných nářadí vybavených spalovacím motorem (motorové sekačky či pily), nebo armádní vozidla.[218]

REZZO 1 – velké stacionární zdroje znečišťování:

jedná se o zdroje s tepelným výkonem přesahujícím hodnotu 5 MW a zařízení zvláštních technologických procesů. Mezi zdroje patří velké elektrárny a spalovny. Emisní data ze zdrojů REZZO 1 pocházejí z vyplněných formulářů, které musí podle vyhlášky 356/2002 Sb., odevzdat provozovatelé České inspekci životního prostředí. Česká inspekce životního prostředí následně provede kontrolu a správnost získaných údajů.[219]

REZZO 2 – střední stacionární zdroje znečišťování:

do této kategorie se řadí stacionární zařízení ke spalování paliv o tepelném výkonu 0,2–5 MW, zařízení závažných technologických procesů. Konkrétně zde spadají lomy a plochy s možností hoření, zapaření nebo úletu znečišťujících látek. Podobně jako

[215] EMIS. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 31.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/moravskoslezsky_CZ.html.
[216] 86/2002 Sb. Zákon o ochraně ovzduší. Zákony pro lidi - Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění. [online] [cit. 31.01.2020]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument.
[217] Tamtéž.
[218] Tamtéž.
[219] EMIS. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 31.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/15embil/uvod_CZ.html.

u kategorie REZZO 1 jsou i zde emisní data získávána z formuláře odeslaného České inspekci životního prostředí.

REZZO 3 – malé stacionární zdroje znečišťování:

hodnota tepelného výkonu je nižší než 0,2 MW. Do této skupiny se řadí zařízení technologických procesů, které nespadají do kategorie velkých a středních zdrojů. Jde o pracovní plochy, které mohou způsobovat znečištění ovzduší, skládky paliv, skládky produktů a odpadů a emise z plošného používání rozpouštědel, respektive emise těkavých organických látek (VOC). Jedná se o plošné zdroje, které jsou sledovány hromadně. Emise z domácích topenišť jsou odhadovány informacemi získaných díky regionálním energetickým a teplárenským závodům. Modelově jsou vyhodnocovány emise z domácích topenišť. Sledování ostatních složek spadá do kompetence ČHMÚ.[220]

REZZO 4 – mobilní zdroje znečišťování:

zde se řadí pohyblivá zařízení se spalovacími nebo jinými motory. Především silniční motorová vozidla, železniční kolejová vozidla, plavidla a letadla. Informace o emisích z mobilních zdrojů jsou získávány z Centra dopravního výzkumu (CDV),[221]

Registr emisí a zdrojů znečištění zajišťuje Ministerstvo životního prostředí. Správou databáze je pověřen ČHMÚ, který zároveň provozuje informační systém kvality ovzduší (ISKO). Data o emisních zdrojích jsou volně přístupná na internetových stránkách ČHMÚ.[222]

[220] EMIS. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 31.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/15embil/uvod_CZ.html.
[221] Tamtéž.
[222] EMIS. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 31.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/moravskoslezsky_CZ.html.

5.5 Emisní zdroje znečišťování na území města Opavy a Ostravy

Tabulka 1. *Údaje o emisních zdrojích v Opavě (Rezzo 1–4). Zdroj: EMIS. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 21.01.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/opava_CZ.html.*

BRANO, a. s.	SO_2 (t): 0,003 NO_x (t): 3 090 CO (t): 3,578 TZL (t): 0,566
ZEMĚDĚLSKÁ a.s. Opava-Kylešovice – BPS	NO_x (t): 5, 265, SO_2 (t): 3,099 CO (t): 8, 125, TZL (t): 0,030
Teva Czech Industries s.r.o.	NO_x (t): 8, 211 SO_2 (t): 0,078 CO (t): 1,175, TZL (t): 0,164
OPATHERM a.s. – Opava, ul. Hlavní	NO_x (t): 6,750, SO_2 (t): 30, 70 CO (t): 1,995 TZL (t): 1, 095
NAVOS, a.s. – Divize Opava	NO_x (t): 3,440, CO (t):32 104, TZL (t): 0,822
Moravskoslezské cukrovary, a.s. – odštěpný závod Opava	NO_x (t): 77, 600, SO_2 (t): 133, 146, CO (t):147, 221, TZL (t): 17,748
Linaset, a.s. – Budišov nad Budišovkou,	NO_x (t): 3,699 SO_2 (t):13, 394, CO (t): 2,296, TZL (t): 1,507

Tabulka 2. *Údaje o emisních zdrojích v Ostravě (Rezzo 1–4). Zdroj: EMIS. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 21.01.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/co/web_generator/plants/ostrava_mesto_CZ.html.*

ArcelorMittal Engineering Products Ostrava s.r.o. – Ostrava	NO_x (t): 7,896, SO_2 (t): 6,008, CO (t): 16 330, TZL (t): 1, 628
Energocentrum Vítkovice, a.s. – kotelna I	NO_x (t): 345, 019, SO_2 (t): 482, 128, CO (t): 43, 626, TZL (t): 5, 602
OKK Koksovny, a.s. – Koksovna Svoboda	NO_x (t): 197 460, SO_2 (t): 73, 437, CO (t): 122 778, TZL (t): 30 326
TAMEH Czech s.r.o. – Teplárna společnosti	NO_x (t): 1 854 316, SO_2 (t): 2794 693, CO (t): 227 739, TZL (t): 59 073
Veolia Energie ČR, a.s. – Elektrárna Třebovice	NO_x (t): 2 593 442, SO_2 (t): 2 252 052, CO (t): 118 566, TZL (t): 74 010
Veolia Energie ČR, a.s. – Teplárna Přívoz	NO_x (t): 271 728, SO_2 (t):343 744, CO (t):24 921, TZL (t):11, 150
VÍTKOVICE HEAVY MACHINERY a.s., Závod 3	NO_x (t): 68 168, SO_2 (t): 4 417, CO (t): 247 859, TZL (t): 2, 285
Elektrárna Dětmarovice, a.s.	NO_x (t): 2 314,775 SO_2 (t): 1 355,253, CO (t): 104,835 TZL (t): 99,715

5.6 Environmentální situace v Ostravě

Objem emisí na území města Ostravy se od 90. let snižuje. Jedním z faktorů je ukončení těžby černého uhlí, která byla pro Ostravu charakteristická a přesun města na trhovou ekonomiku. Zdroje znečištění na Ostravsku lze rozdělit následovně:[223]

a) z průmyslových podniků,
b) z lokálních topenišť,
c) z dopravy,
d) emise pocházející z Polska.

Oxid uhelnatý – Pro koncentraci CO je stanoven 8 hodinový průměr, který nebyl za sledované období na území města Ostravy překročen. Nejvyšší 8 hodinová průměrná koncentrace CO byla naměřena v lokalitě Ostrava-Radvanice (4 409 $\mu g.m^{-3}$).[224]

Oxid dusičitý – S výrazným nárůstem automobilové dopravy se přímo úměrně zvyšuje i koncentrace oxidu dusičitého. Nejlépe lze koncentraci oxidu dusičitého monitorovat na stanicích na pozadí v blízkosti frekventovaných pozemních komunikací. Jako příklad lze uvést stanici Ostrava-Českobratrská, kde jsou hodinové limity koncentrace opakovaně překračovány.[225]

Oxid siřičitý – Od roku 2010 klesá koncentrace SO_2 (z 10, 57 $\mu g/m^3$ v roce 2010 na 6 $\mu g/m^3$ v roce 2017). Pro oxid siřičitý jsou stanoveny hodinové a denní povolené koncentrace, které ve sledovaném období nebyly na území města Ostravy překročeny.

Pevné částice – Hodnoty PM_{10} a $PM_{2,5}$ jsou v Ostravsko-Karvinsko-Frýdecké aglomeraci každoročně překračovány. Mezi roky 2010–2016 docházelo k postupnému snižování koncentrací na všech typech lokalit, včetně polského pohraničí.[226] Od roku 2017 ovšem dochází ke každoročním nárůstům průměrných koncentrací, převážně v zimním období.[227] Mezi nejvýznamnější antropogenní zdroje pevných částic patří spalovací procesy v elektrárnách, kde se pevné částice uvolňují při tavení rud a kovů nebo pocházejí z výfukových plynů automobilů. Vysoké průměrné roční koncentrace jsou měřeny nejen

[223] Emise -Ostrava. [online]. [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.ostrava.cz/cs/o-meste/zivotni-prostredi/ovzdusi/stav-kvality-ovzdusi/emise.
[224] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV8_CO_CZ.html.
[225] ISKO. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_locality/mp_TOCBA_CZ.ml.
[226] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online] [cit. 21.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/Obsah_CZ.html.
[227] Tamtéž.

v okolí průmyslových podniků, ale také v blízkosti česko-polské hranice, v údolních nížinách Olše a Odry, s těžištěm výskytu od prosince do února.[228] Nejvyšší roční koncentrace PM_{10} v Ostravě byla v roce 2017 naměřena ve stanici Ostrava-Přívoz (63 $\mu g/m^3$, roční stanovený limit je 40 $\mu g/m^3$).[229] Nejvyšší koncentrace $PM_{2,5}$ byla během stejného roku naměřena v Ostravě-Radvanicích (39,5 $\mu g/m^3$, roční limit je stanoven na 25 $\mu g/m^3$).[230]

Expozice polétavých částic v ovzduší je příčinou zvýšení počtu zánětlivých onemocnění a má nepříznivý účinek na kardiovaskulární systém.[231] Menší částečky zůstávají v ovzduší déle a nastává tím větší riziko průniku hlouběji do plic.[232] Z ovzduší dochází k odstranění pevných částic mokrou depozicí při dešti, nebo při depozici, kdy dochází k odloučení částic ze vzduchu v případě jejich kontaktu s povrchem tuhé nebo kapalné fáze (vegetace, zatravněné plochy ve městech).[233]

Benzen – Průměrná roční koncentrace ve stanicích Ostrava-Přívoz a Ostrava-Radvanice výrazně přesahuje povolené roční imisní limity. Hodnoty koncentrací naměřených v těchto lokalitách jsou nejvyšší v České republice.[234] Vyšší koncentrace benzenu v ovzduší jsou spojené především s průmyslovou výrobou, konkrétně výrobou koksu. Se vzdáleností od průmyslových zdrojů jsou koncentrace benzenu v ovzduší nižší.[235]

Arsen – roční limit koncentrace arsenu v ovzduší je 6 $\mu g/m^3$. Ve sledovaném období 2010–2017 se hodnoty koncentrace v Ostravě pohybovaly v průměru okolo 2 $\mu g/m^3$.[236]

Olovo – koncentrace olova v ovzduší nebyla za sledované období překročena. Nejvyšší koncentrace je opakovaně měřena ve stanicích Ostrava-Radvanice a Ostrava-Přívoz.

---

[228] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 03.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/V3_OKFM_CZ.html.
[229] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_hdqy/CZTOS_PM10_CZ.ml.
[230] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 03.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_my/CZTOS_PM2_5_CZ.hl.
[231] MOLDAN, Životní prostředí, s. 55.
[232] Krajská hygienická stanice. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://www.khsova.cz/obcanum/detail/540.
[233] ADAMEC, Doprava, s. 62.
[234] ZdraváOVA. Ekologický web Ostravy. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://zdravaova.cz/wp-content/uploads/2017/10/znecisteni-ovzdusi-benzenem-na-uzemi-mesta-ostravy-v-letech-1999-2007.pdf.
[235] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2016_enh/pollution_hdqy/CZTOS_BZN_CZ.ht l.
[236] Tamtéž.

Kadmium – koncentrace kadmia nedosahuje na území Ostravy nadlimitních hodnot. Na území České republiky je jeho koncentrace dlouhodobě podlimitní. Nejvyšší koncentrace byly v roce 2017 naměřeny v okrese Ostrava-Město.[237] Do ovzduší se kadmium dostává spalováním nevhodných paliv či odpadu.

Benzo(a)pyren – vzniká při spalování organických materiálů. Do ovzduší se také dostává z výfukových plynů a přirozeně se uvolňuje do ovzduší při vulkanické činnosti. Znečištění ovzduší benzo(a)pyrenem patří k jednomu z nejzásadnějších problémů kvality ovzduší v České republice. V roce 2017 byly překročeny průměrné roční koncentrace na 66 % stanic, přičemž nejvyšší průměrná roční koncentrace byla naměřena ve stanici Ostrava-Radvanice ZÚ (9,6 $ng.m^{-3}$), což je devítinásobné překročení imisního limitu. Maximální hodnoty koncentrace benzo(a)pyrenu jsou vykazovány převážně v zimních měsících, což souvisí se zvýšením emisí polycyklických aromatických uhlovodíků ze sezónních antropogenních zdrojů, převážně z lokálních topenišť. V teplejších částech roku je koncentrace benzo(a)pyrenu nižší, především díky výrazně lepším rozptylovým podmínkám a díky poklesu emisí z antropogenních zdrojů.[238]

Přízemní ozon – roční koncentrace přízemního ozonu v Ostravě se od roku 2010 zvyšuje. Nejvíce překročení osmihodinové limitní hodnoty 120 $\mu g/m^3$ vykazují měřící stanice v centru města. Patří mezi ně stanice Ostrava-Fifejdy, Ostrava-Mariánské Hory a Ostrava-Radvanice. Zvyšující se koncentrace bývají pravidelně měřeny převážně v letních měsících. V mimořádně teplém letním období v roce 2015 dosáhla koncentrace ve stanici Ostrava-Fifejdy až 64,73 $\mu g/m^3$.[239]

Nejdůležitějšími původci znečištění na území Ostravy jsou benzen, benzo(a)pyren, pevné částice a troposférický ozon. V místech s frekventovanou dopravou i oxid dusičitý. Nejvyšší podíl emisí připadá na těžký průmysl, zejména v oblastech Radvanic a Bartovic, v jejichž blízkosti se nachází huť ArcelorMittal Ostrava. Významným podílem ke znečištění přispívají lokální topeniště a v úvahu musí být brán i přenos emisí z Polska. V období smogových situací se mohou emise z Polska podílet na

[237] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV6_TK_CZ.html.
[238] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV2_BaP_CZ.html.
[239] Tamtéž.

znečištění až ze dvou třetin.[240] Z výzkumu zdravotního ústavu v Ostravě vyplynulo, že podíl polského lokálního vytápění na celkových imisních koncentracích PM_{10} v blízkosti hranic může na české straně dosáhnout až 47 %.[241]

5.7 Environmentální situace v Opavě

Oxid siřičitý – poslední desetiletí koncentrace oxidu siřičitého v Opavě postupně klesá (z 8 $\mu g/m^3$ v roce 2010 na 5,3 $\mu g/m^3$ v roce 2017). Vzhledem ke snížení imisní zátěže hluboko pod imisní limit, nepředstavuje SO_2 výraznou hrozbu k ohrožení lidského zdraví. Proto bylo měření SO_2 ve stanici Opava-Kateřinky ukončeno k 31. 12. 2012.[242]

Oxid dusičitý – v posledních letech došlo k výraznému snížení koncentrace NO_2 a v současné době je úroveň imisní zátěže pod 50% hranicí imisního limitu. Největší podíl na emitování celkových imisí oxidu dusíku na území města Opavy má ze 60 % automobilová doprava. Nejkritičtější je situace v centru města (Nádražní okruh, ulice Krnovská, Olomoucká a Nákladní). Dalším zdrojem jsou z 15–20 % emise z lokálních topenišť. Mimo centrum města se výrazně projevuje vliv vzdálených zdrojů znečišťování ovzduší.[243]

Pevné částice – roční limit koncentrace PM_{10} v ovzduší je 40 $\mu g/m^3$, přičemž počet povolených překročení za rok je stanoven 35x. Za sledované období nedošlo k překročení limitu pouze v letech 2016 v měřící stanici na pozadí Opava-Kateřinky a v roce 2017 v měřící stanici na pozadí Opava-Univerzitní zahrada.[244] Významným zdrojem imisí PM_{10} jsou lokální topeniště. V zastavěných oblastech tvoří imise z lokálních topenišť zhruba 40–50% koncentraci v ovzduší. Dalším významným znečišťovatelem jsou velké a střední stacionární zdroje REZZO 1–2, které tvoří více než 22 %, respektive 20 % z celkového množství emisí (**tabulka 1**).[245]

[240] Zdroje znečištění ovzduší v Moravskoslezském. [online]. [cit. 03.09.2019]. Dostupné z: https://www.ocelarskaunie.cz/zdroje-znecisteni-ovzdusi-v-moravskoslezskem-kraji/
[241] Tamtéž.
[242] Statutární město Opava. Kvalita ovzduší na území Statutárního města Opavy. [online]. [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: http://op4u.cz/old/old.opava-city.cz/scripts/detailbb9c.html?id=40027.
[243] Tamtéž.
[244] ISKO. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 17.02.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/aqindex_slide3/mp_TOVKA_CZ.html.
[245] Statutární město Opava. Co ovlivňuje kvalitu ovzduší ve městě. [online]. [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://www.opava-city.cz/cz/nabidka-temat/zivotni-prostredi/ochrana-ovzdusi/co-ovlivnuje-kvalitu-ovzdusi-ve-meste.html.

Benzen – koncentrace benzenu v Opavě nepřesáhla 2 μg/m^3, přičemž povolená roční imisní hodnota je 5 μg/m^3.

Arsen – za sledované období nedošlo k překročení limitní koncentrace arsenu na území Opavy. Imisní hodnoty se pohybovaly kolem 1 μg/m^3. Konkrétní data byla převzata ze stanice Červená hora, ležící nejblíže městu Opava.[246]

Olovo – v případě koncentrace olova došlo k postupnému snížení. V roce 2010 byla ve stanici na pozadí Červená hora naměřena hodnota 7,8 μg/m^3. O sedm let později naměřili měřící přístroje hodnotu 4,4 μg/m^3.[247]

Kadmium – hodnoty kadmia nebyly na území Opavy překročeny. Nejvyšší naměřená hodnota ukazuje 0,3 μg/m^3. Roční imisní limit kadmia je přitom 5 μg/m^3.[248]

Benzo(a)pyren – z dat získaných monitorováním ovzduší vyčteme překročení imisních hodnot benzo(a)pyrenu v letech 2013–2017 na území Opavska. Stanovený imisní limit pro benzo(a)pyren je 1 μg/m^3. Překročen byl v roce 2014 v měřící stanici Ludgeřovice (5,4 μg/m^3), v roce 2015 v měřící stanici Budišov nad Budišovkou (2 μg/m^3), v roce 2016 v měřící stanici Sudice (3 μg/m^3) a v roce 2017 ve stanici Opava-Univerzitní zahrada (1,7 μg/m^3).[249]

Přízemní ozon – od roku 2010 můžeme v Opavě sledovat nárůst přízemního ozonu (z 46,58 μg/m^3 na 52,85 μg/m^3 v roce 2017). Nárůst ovšem neprobíhá konstantně, střídají se roky úbytku a opětovného nárůstu koncentrace. Za sledované období byla osmihodinová limitní hodnota 120 μg/m^3 překročena v roce 2015. Letní měsíce roku 2015 se vyznačovaly extrémně vysokou intenzitou slunečního záření. Došlo tak k nárůstu tropických dnů a k výraznému zvýšení dnů kdy byl překročen imisní limit.[250]

[246] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_mqy/CZTOP_As_CZ.html.
[247] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_mqy/CZTOP_Pb_CZ.html.
[248] ISKO. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2013_enh/pollution_mqy/CZTOP_Cd_CZ.html.
[249] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_my/CZTOP_BaP_CZ.html.
[250] Tabelární přehled. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav[online]. [cit. 03.09.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/pollution_hdqy/CZTOP_O3_CZ.html.

Z výše uvedeného vyplývá, že nejdůležitějšími původci znečištění v Opavě jsou poletavé částice prachu, přízemní ozon, benzo(a)pyren, v místech s nejfrekventovanější automobilovou dopravou též oxid dusičitý. V případě benzo(a)pyrenu lze sledovat nižší koncentraci hodnot v ovzduší tím, čím více je měřící stanice vzdálená od centra Ostravy, kde je situace každoročně alarmující. Největším zdrojem benzo(a)pyrenu jsou na území Opavy z 99 % lokální topeniště.[251]

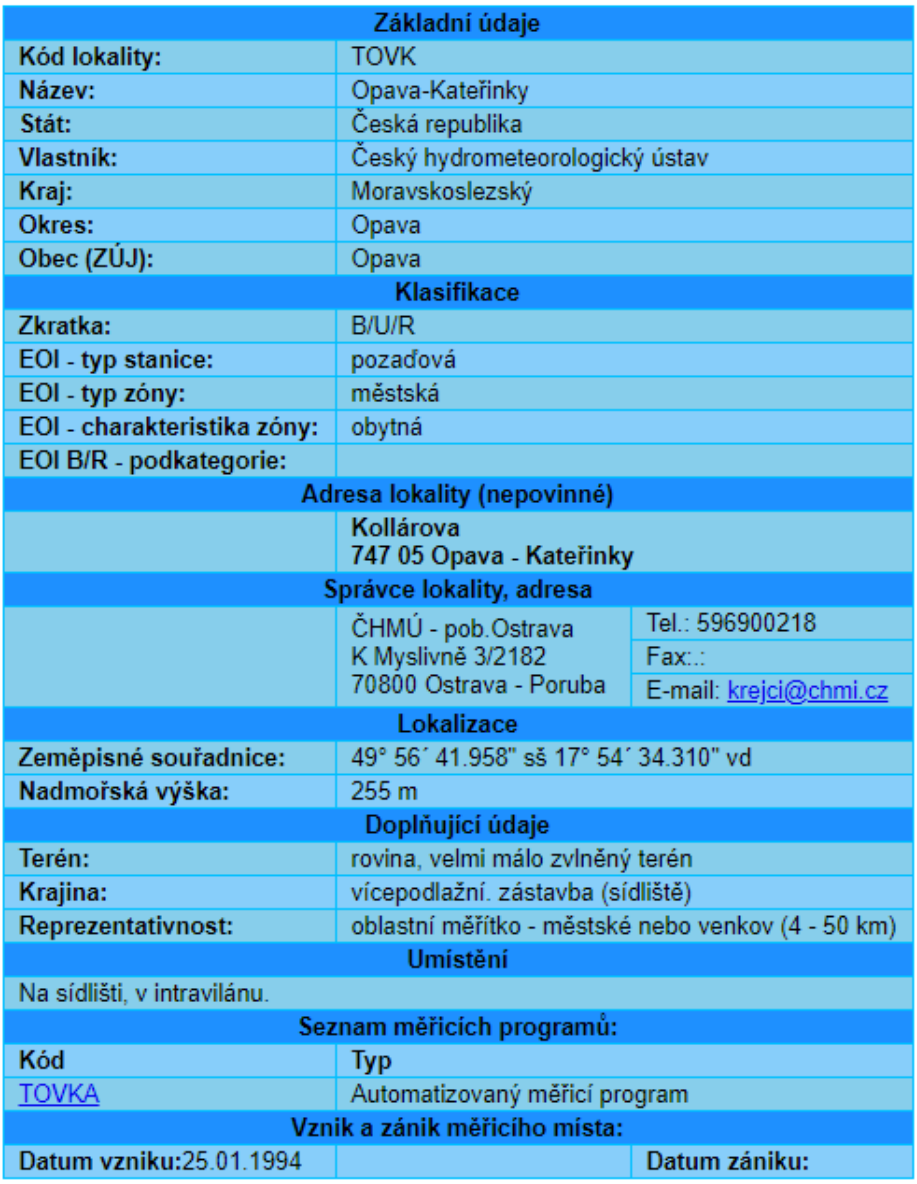
[251] Statutární město Opava. Co ovlivňuje kvalitu ovzduší ve městě. [online]. [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://www.opava-city.cz/cz/nabidka-temat/zivotni-prostredi/ochrana-ovzdusi/co-ovlivnuje-kvalitu-ovzdusi-ve-meste.html.

6 Informace pro výpočet korozního úbytku

Pro výpočet aktuálního korozního úbytku byly využity údaje z měřících stanic na pozadí a meteorologických stanic v místě posuzované památky. Výsledná data koncentrací oxidu siřičitého, oxidu dusíku a přízemního ozonu byla převzata z tabelárních ročenek ČHMÚ za roky 2010–2017. Zvláště vyspecifikované jsou údaje o znečištění ovzduší za letní období v měsících duben až říjen a v zimním období, které zahrnuje měsíce listopad až březen. Tyto informace jsou uvedeny v **tabulkách 3–11** a graficky znázorněny na **obrázcích 5–13**. Pro výpočet oxidu siřičitého, oxidů dusíku a přízemního ozonu, byla pro Opavu použita stanice umístěná v Opavě-Kateřinkách[252] (**obrázek 3**). Pro získání naměřených údajů SO_2 v Opavě byla do roku 2012 využita stanice v Opavě-Kateřinkách. Následující rok ovšem došlo k přerušení měření koncentrace oxidu siřičitého. Z tohoto důvodu proto byla pro zbytek sledovaného období získána data z nejbližší stanice na pozadí.[253] Koncentrace znečišťujících látek v Ostravě-Mariánských horách byly převzaty ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy[254] (**obrázek 4**).

Pro získání výsledných údajů byly vypočítány hodnoty průměrného srážkového úhrnu, průměrné teploty vzduchu a průměrné vlhkosti vzduchu v Moravskoslezském kraji. Tyto údaje byly získány ze stanice Ostrava-Mošnov (**tabulka 12, obrázky 14–16**). Průměrná hodnota pH byla získána ze stanice Frýdek-Místek (**tabulka 12, obrázek 17**).

[252] ISKO. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/oco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOVK_CZ.html.
[253] ISKO. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 20.07.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/oco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TCER_CZ.html.
[254] ISKO. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/oco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOFF_CZ.html.



Základní údaje		
Kód lokality:	TOVK	
Název:	Opava-Kateřinky	
Stát:	Česká republika	
Vlastník:	Český hydrometeorologický ústav	
Kraj:	Moravskoslezský	
Okres:	Opava	
Obec (ZÚJ):	Opava	
Klasifikace		
Zkratka:	B/U/R	
EOI - typ stanice:	pozaďová	
EOI - typ zóny:	městská	
EOI - charakteristika zóny:	obytná	
EOI B/R - podkategorie:		
Adresa lokality (nepovinné)		
	Kollárova **747 05 Opava - Kateřinky**	
Správce lokality, adresa		
	ČHMÚ - pob.Ostrava K Myslivně 3/2182 70800 Ostrava - Poruba	Tel.: 596900218 Fax::.: E-mail: krejci@chmi.cz
Lokalizace		
Zeměpisné souřadnice:	49° 56´ 41.958" sš 17° 54´ 34.310" vd	
Nadmořská výška:	255 m	
Doplňující údaje		
Terén:	rovina, velmi málo zvlněný terén	
Krajina:	vícepodlažní. zástavba (sídliště)	
Reprezentativnost:	oblastní měřítko - městské nebo venkov (4 - 50 km)	
Umístění		
Na sídlišti, v intravilánu.		
Seznam měřicích programů:		
Kód	**Typ**	
TOVKA	Automatizovaný měřicí program	
Vznik a zánik měřicího místa:		
Datum vzniku:25.01.1994		**Datum zániku:**

Obrázek 3. *Měřící stanice na pozadí v lokalitě Opava-Kateřinky. Zdroj: ISKO. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 04.04.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOVK_CZ.html.*

Základní údaje		
Kód lokality:	TOFF	
Název:	Ostrava-Fifejdy	
Stát:	Česká republika	
Vlastník:	Český hydrometeorologický ústav	
Kraj:	Moravskoslezský	
Okres:	Ostrava-město	
Obec (ZÚJ):	Ostrava	
Klasifikace		
Zkratka:	B/U/R	
EOI - typ stanice:	pozaďová	
EOI - typ zóny:	městská	
EOI - charakteristika zóny:	obytná	
EOI B/R - podkategorie:		
Adresa lokality (nepovinné)		
	Gen. Janouška **702 00 Ostrava - Fifejdy**	
Správce lokality, adresa		
	ČHMÚ - pob.Ostrava K Myslivně 3/2182 70800 Ostrava - Poruba	Tel.: 596900218 Fax:.: E-mail: krejci@chmi.cz
Lokalizace		
Zeměpisné souřadnice:	49° 50´ 21.075" sš 18° 15´ 49.281" vd	
Nadmořská výška:	220 m	
Doplňující údaje		
Terén:	rovina, velmi málo zvlněný terén	
Krajina:	vícepodlažní. zástavba (sídliště)	
Reprezentativnost:	okrskové měřítko (0.5 až 4 km)	
Umístění		
Rovinný pozemek na sídlišti Ostrava-Fifejdy. Dobrá otevřená lokalita.		
Seznam měřicích programů:		
Kód	**Typ**	
✔ TOFFA	Automatizovaný měřicí program	
✔ TOFFD	Měření pasivními dosimetry a aktivními samplery	
✔ TOFFG	Měření Grimm	
Vznik a zánik měřicího místa:		
Datum vzniku:12.03.1992		**Datum zániku:**

Obrázek 4. *Měřící stanice na pozadí v lokalitě Ostrava-Fifejdy.*
Zdroj: ISKO. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 04.04.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOFF_CZ.html.

6.1 Oxidy síry

Mezi sloučeniny síry řadíme SO_2, SO_3, H_2SO_4 a následně další formy síranů (NH_4, SO_4, H_2S). Hlavním zdrojem SO_2 v antropogenní činnosti jsou lokální topeniště, která spalují paliva obsahující síru. Neméně důležitým zdrojem je hutnický průmysl, ve kterém se zpracovávají sulfidické rudy. Přírodním zdrojem jsou sopky a jejich vulkanická činnost.[255]

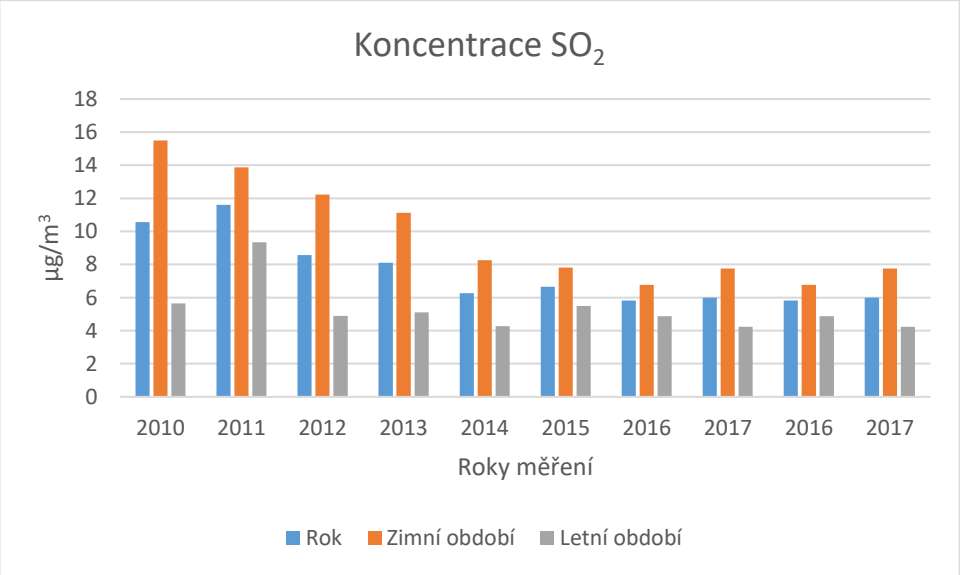
Oxid siřičitý ve větší koncentraci v ovzduší působí zásadním způsobem na zdraví člověka (respirační symptomy, celková kardiovaskulární a respirační mortalita)[256]. Větší koncentrace SO_2 způsobují u člověka zánětlivé změny na sliznici a nárůst tvorby hlenu ve stěnách horních cest dýchacích. Dráždivé účinky oxidu siřičitého jsou mnohonásobně zhoršovány studeným vzduchem.[257]

Oxid siřičitý setrvává v atmosféře 1–3 dny a má svůj vliv i na půdu, vodní a podzemní ekosystémy.[258] Velmi citlivě na něj reagují lesní porosty, zvláště jehličnaté stromy. Proto je nejvyšší přípustná dlouhodobá koncentrace oxidu siřičitého v ovzduší třikrát nižší než pro člověka.[259] Je snadno absorbován půdou, rostlinami či vodní hladinou. V závislosti na jeho expozičním působení v ovzduší, reaguje s materiály a urychluje korozi kovů, stavebních hmot, textilu či papíru.[260]

[255] SYMON, Znečištění ovzduší, s. 36.
[256] BRANIŠ, Martin, HŮNOVÁ, Iva. Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší, Praha 2009, s. 265.
[257] MATOUŠEK, Jiří. Podnebí a člověk, Praha 1988. s. 73.
[258] BRANIŠ – HŮNOVÁ, Atmosféra a klima, s. 272.
[259] MATOUŠEK, Podnebí, s. 73.
[260] Tamtéž.

Tabulka 3. *Roční koncentrace SO_2 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$). Zdroj: Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/oco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html.*

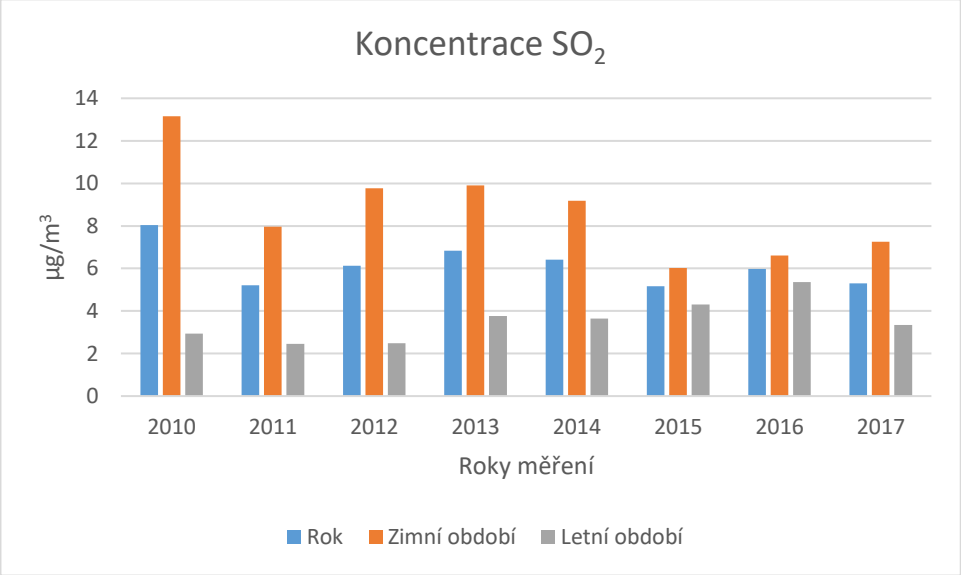
SO_2 Fifejdy	Rok	Zimní období	Letní období
2010	10,58	15,5	5,65
2011	11,62	13,88	9,35
2012	8,56	12,23	4,9
2013	8,1	11,12	5,1
2014	6,27	8,25	4,28
2015	6,66	7,82	5,5
2016	5,82	6,76	4,87
2017	6	7,76	4,23
2016	5,82	6,76	4,87
2017	6	7,76	4,23



Obrázek 5. *Koncentrace SO_2 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$).*

Tabulka 4. *Koncentrace SO_2 ze stanic na pozadí Opava-Kateřinky a Červená hora za roky 2010–2017 ($\mu g/m^3$).*
Zdroj: Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html.

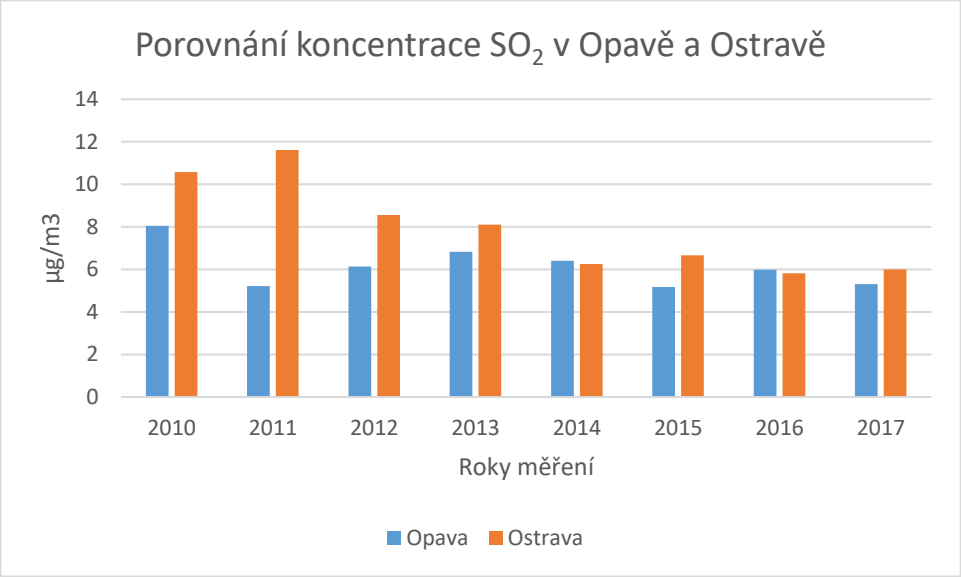
SO_2 Opava-Kateřinky, Červená hora	Rok	Zimní období	Letní období
2010	8,04	13,15	2,93
2011	5,21	7,96	2,45
2012	6,13	9,77	2,49
2013	6,835	9,91	3,76
2014	6,415	9,18	3,65
2015	5,17	6,03	4,31
2016	5,985	6,61	5,36
2017	5,3	7,25	3,35



Obrázek 6. *Koncentrace SO_2 ze stanic na pozadí Opava-Kateřinky a Červená hora ($\mu g/m^3$).*

Tabulka 5. *Porovnání koncentrace SO_2 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017(µg/m^3).*

SO_2	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Opava	8,04	5,21	6,13	6,83	6,41	5,17	5,98	5,3
Ostrava	10,58	11,61	8,56	8,1	6,26	6,66	5,82	6



Obrázek 7. *Porovnání koncentrace SO_2 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 (µg/m^3).*

6.2 Oxidy dusíku (NO_x)

Mezi základní a nejvýznamnější látky, které obsahují dusík a výrazně znečišťují ovzduší patří NO_2, N_2O a NO. Oxidy dusíku jsou do atmosféry ve velké míře emitovány ze spalovacích procesů, při kterých se emituje NO.[261] Mezi další emitenty lze zařadit tepelné elektrárny, které ke své produkci využívají uhlí či ropu. Vznik škodlivin NO_x však lze připsat nejen spalováním nekvalitních pevných paliv ve starých typech kamen, ale i vytápěním čistými palivy, jako jsou zemní plyn, nebo olej. Emitování N_2O do ovzduší se odvíjí od činnosti denitrifikačních bakterií v půdě či v povrchových vodách oceánů, nebo při nesprávném či chybném použití hnojiv k obhospodaření půdy.[262]

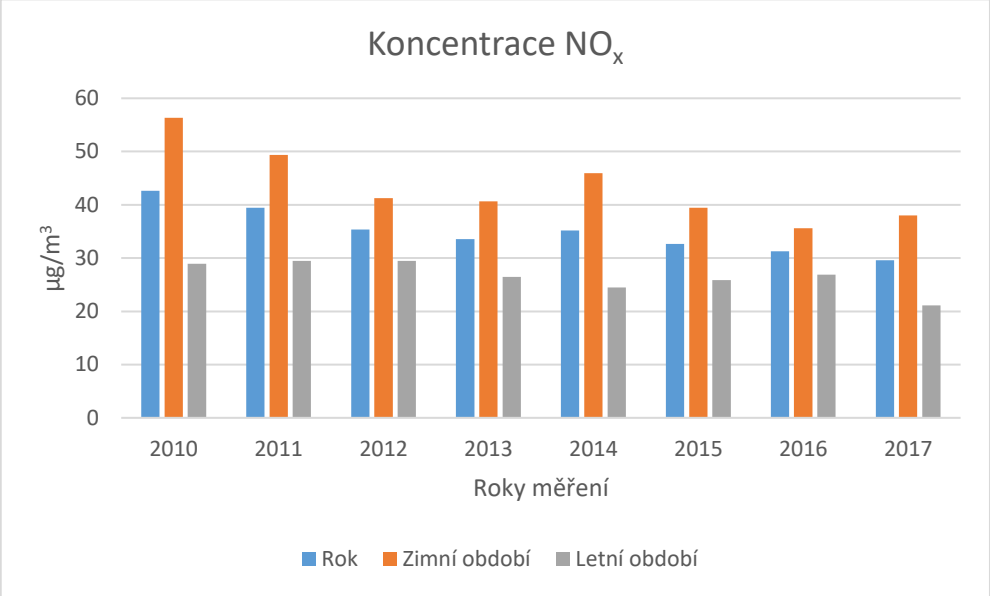
Oxidy dusíku setrvávají v atmosféře 1–10 dnů, což má za následek negativní vliv na vybrané druhy rostlin, obzvláště s koncentrací SO_2 a O_3. Díky působení vlivu těchto látek, dochází k rozpadu chlorofylu a předčasnému opadávání listů.[263] Koncentrace NO_x se v ovzduší zvyšuje především v zimním období. Důvodem pro zvýšení koncentrace NO_x je vyšší podíl emisí ve vzduchu. S tím souvisí větší využívání zdrojů, ale zároveň musí být brány v potaz meteorologické podmínky, jako jsou nízké teploty a časté inverzní situace. Ty jsou příznivé pro tvorbu a pomalou disperzi škodlivin.[264]

V rámci působení výfukových plynů se v ovzduší koncentruje velké množství NO, který je oxidován na NO_2. Oxid dusičitý pak v důsledku fotolýzy může vyvolat fotochemický smog.[265] Podíl mobilních zdrojů na produkci NO_x má rostoucí trend od počátku rozvoje automobilismu až po současnost. Z původních jednotek procent vzrostl na našem území podíl v 80. letech na 40 %. V současnosti se blíží západoevropskému průměru 60 %.[266]

[261] ZAPLETAL, Atmosférická depozice, s. 7.
[262] SYMON, Znečištění ovzduší, s. 41.
[263] BRANIŠ – HŮNOVÁ, Atmosféra a klima, s. 276.
[264] Tamtéž, s. 185.
[265] Tamtéž, s. 195.
[266] Ministerstvo životního prostředí. [online]. [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DC21A4C7F0AFAD0AC1257081001AA6B7/$file/planeta_web.pdf.

Tabulka 6. *Roční koncentrace NO_x ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$). Zdroj: Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html.*

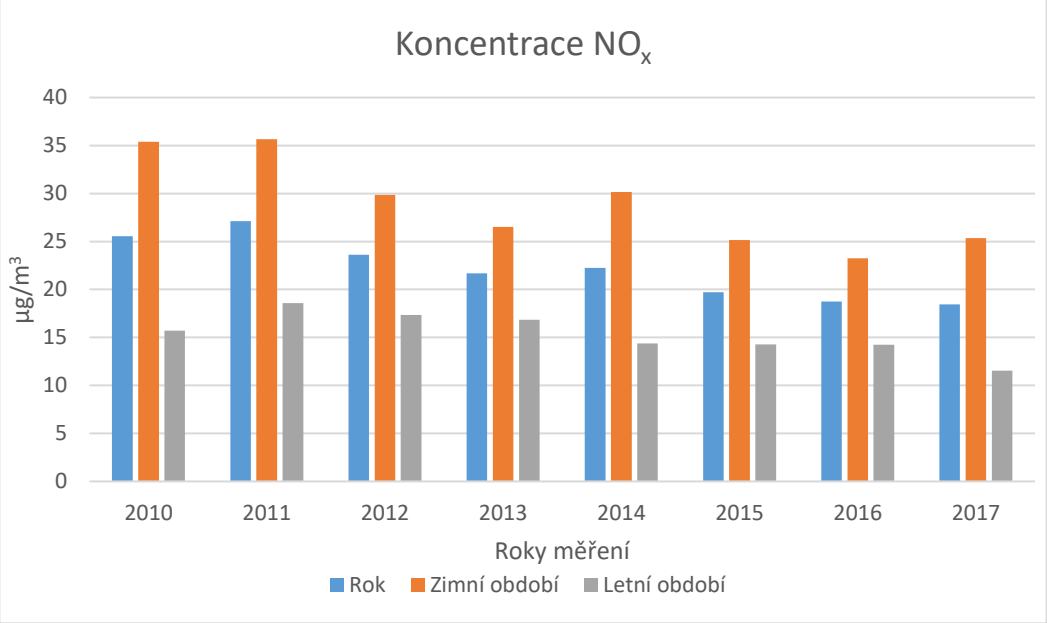
NOx Fifejdy	Rok	Zimní období	Letní období
2010	42,62	56,35	28,9
2011	39,43	49,38	29,48
2012	35,35	41,25	29,45
2013	33,55	40,65	26,45
2014	35,2	45,95	24,45
2015	32,65	39,43	25,87
2016	31,25	35,61	26,88
2017	29,56	38	21,13



Obrázek 8. *Roční koncentrace NO_x ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$).*

Tabulka 7. *Roční koncentrace NO_x ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky ($\mu g/m^3$). Zdroj: Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html.*

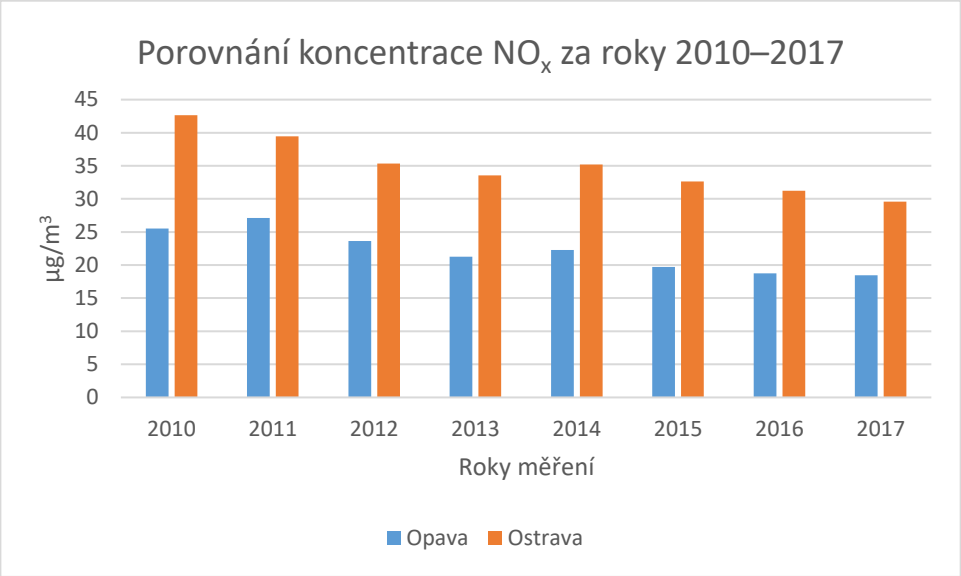
NOx Kateřinky	Rok	Zimní období	Letní období
2010	25,54	35,38	15,7
2011	27,11	35,65	18,57
2012	23,61	29,87	17,35
2013	21,68	26,52	16,83
2014	22,26	30,15	14,37
2015	19,72	25,15	14,28
2016	18,75	23,25	14,25
2017	18,45	25,36	11,53



Obrázek 9. *Roční koncentrace NO_x ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky ($\mu g/m^3$).*

Tabulka 8. *Porovnání koncentrace NO_x v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 ($\mu g/m^3$).*

NOx	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Opava	25,54	27,11	23,61	21,28	22,26	19,72	18,75	18,45
Ostrava	42,62	39,43	35,35	33,55	35,2	32,65	31,25	29,56



Obrázek 10. *Porovnání koncentrace NO_x v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017($\mu g/m^3$).*

6.3 Přízemní ozon (O_3)

Přízemní ozon vzniká v troposféře řadou fotochemických reakcí svých prekurzorů, mezi které řadíme NO_x, reaktivní těkavé organické látky VOC a binární kyslík O_2. Velmi zásadní reakcí je fotolýza NO_2 zářením o vlnové délce 280–430 nm, při které dochází ke vzniku NO a atomárního kyslíku. Reakcí atomárního a molekulárního kyslíku pak za přítomnosti slunečního záření vzniká molekula O_3.[267]

V globálním měřítku hraje velkou roli i metan (CH_4) a oxid uhelnatý (CO).[268] V posledních letech je zaznamenáno zvýšení dálkového přenosu přízemního ozonu. V rámci vzdušných proudů dochází k proudění vzduchu do Evropy a Severní Ameriky ze zdrojových oblastí jihovýchodní Asie.[269] V interiérech patří mezi zdroje přízemního ozonu některé typy kopírek a světelných zdrojů.[270]

Nejvyšší koncentrace dosahuje O_3 v průběhu letních měsíců v kombinaci s vysokou koncentrací výfukových plynů NO_x, vyšších teplot a větší intenzitě slunečního svitu. V městských aglomeracích s velkou hustotou dopravy může dosáhnout až k hranici 1000 mg/m^3.[271]

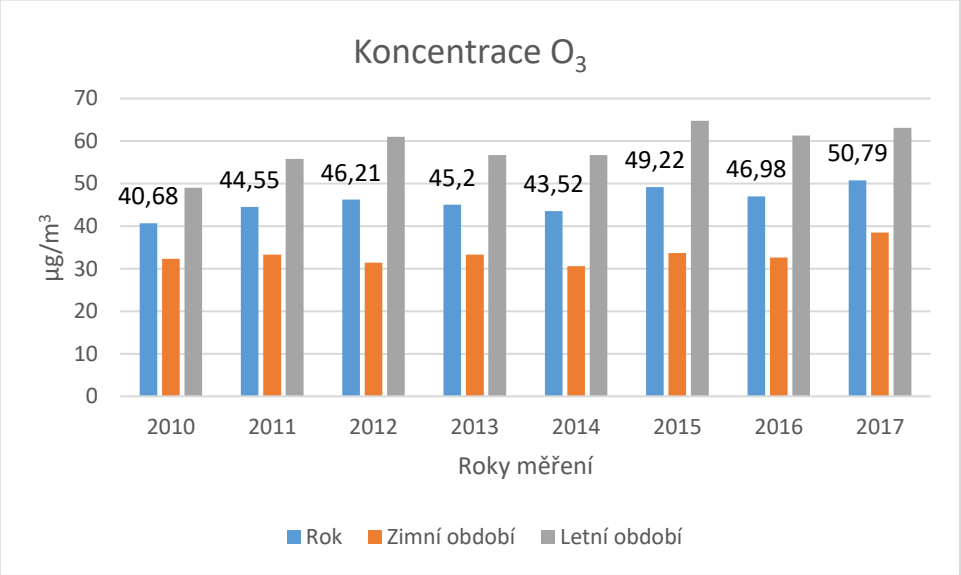
Vysoká koncentrace troposférického O_3 má za důsledek poškození listů a jehlic jehličnatých a listnatých stromů. Ozon setrvává v troposféře 3–6 týdnů. Během této doby je vstřebáván rostlinami a je důsledkem biochemických a fyziologických procesů, vedoucích až k buněčné smrti. Tato skutečnost se výrazně projevuje na sníženém růstu rostlin a nižší úrodě. Negativní důsledky ozonu se posléze zvyšují v koncentraci s jinými látkami jako jsou SO_2 či NO_2.[272]

Na lidské zdraví má O_3 vliv především na podráždění sliznice dýchacího ústrojí a napomáhá také k zánětu očních spojivek.[273]

[267] Grafická ročenka. Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 18.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV4_O3_CZ.html.
[268] Tamtéž.
[269] Tamtéž.
[270] ZAPLETAL, Miloš, POLÁŠEK, Martin. Hodnocení přízemního ozonu ve vztahu k muzejním sbírkovým předmětům, lidské populaci a vegetaci, Opava 2015, s. 18.
[271] Tamtéž, s. 23–24.
[272] BRANIŠ – HŮNOVÁ, Atmosféra a klima, s. 276.
[273] MATOUŠEK, Podnebí, s. 73.

Tabulka 9. *Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$).*
Zdroj: Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019].
Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html.

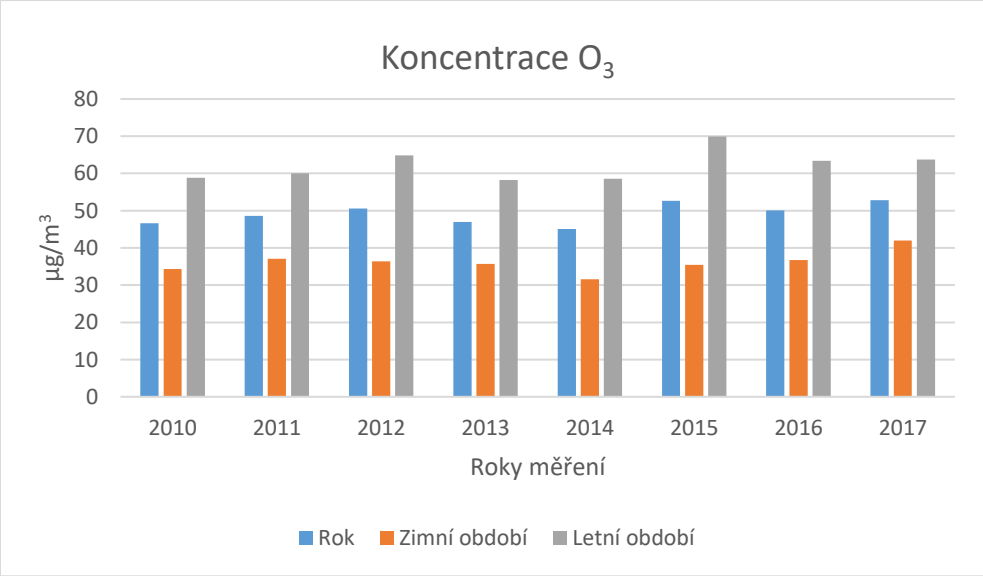
O_3 Fifejdy	Rok	Zimní období	Letní období
2010	40,68	32,35	49,02
2011	44,55	33,32	55,78
2012	46,21	31,42	61,01
2013	45,2	33,33	56,72
2014	43,52	30,58	56,74
2015	49,22	33,77	64,73
2016	46,98	32,65	61,30
2017	50,79	38,49	63,10



Obrázek 11. *Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$).*

Tabulka 10. *Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky ($\mu g/m^3$).*
Zdroj: Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 05.02.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html.

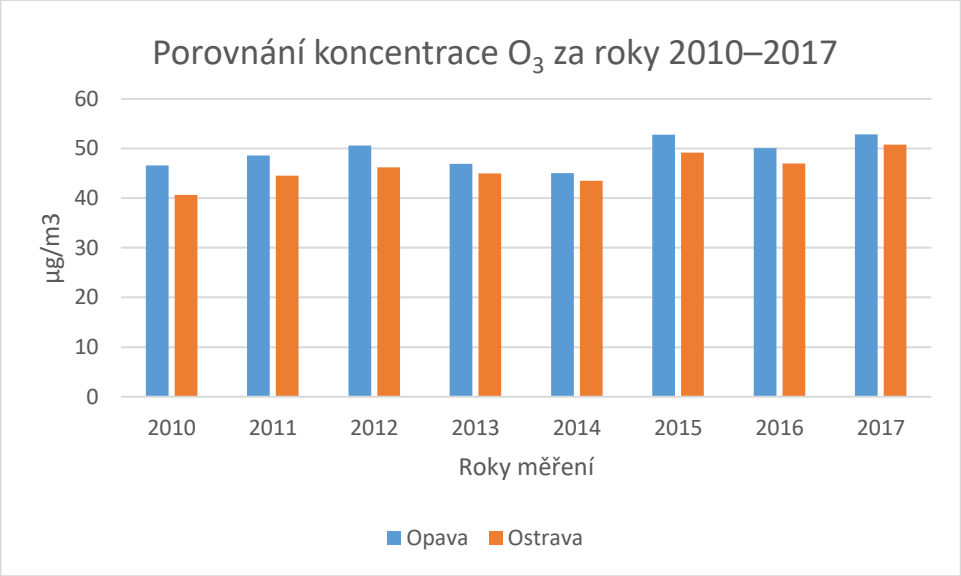
O_3 Kateřinky	Rok	Zimní období	Letní období
2010	61,45	45,75	77,18
2011	48,58	37,11	60,05
2012	50,62	36,40	64,85
2013	46,95	35,68	58,21
2014	45,06	31,54	58,58
2015	52,68	35,41	69,95
2016	50,10	36,75	63,40
2017	52,85	42	63,70



Obrázek 12. *Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky ($\mu g/m^3$).*

Tabulka 11. *Porovnání koncentrace O_3 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017(µg/m^3).*

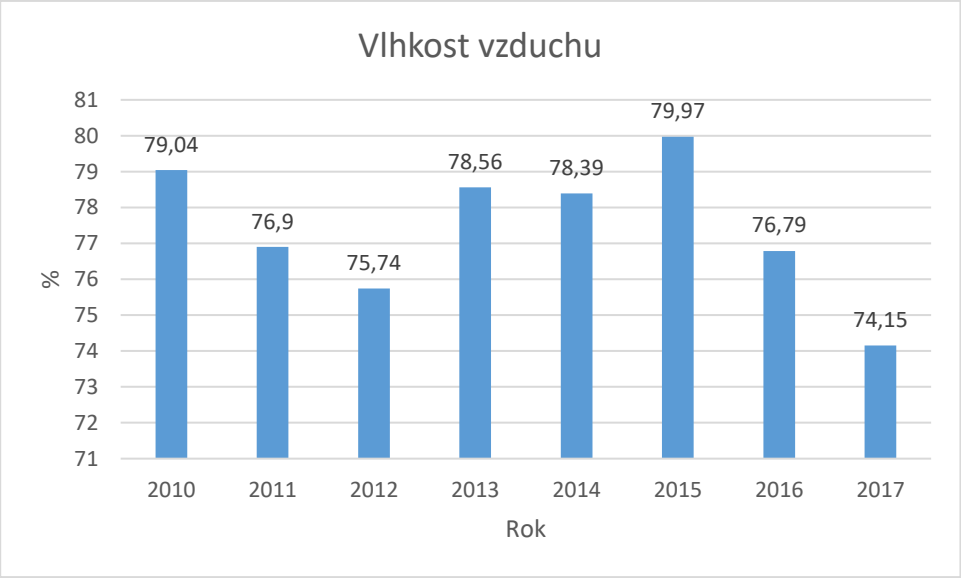
O3	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Opava	46,58	48,58	50,62	46,95	45,06	52,8	50,1	52,85
Ostrava	40,68	44,55	46,21	45	43,52	49,21	46,98	50,79



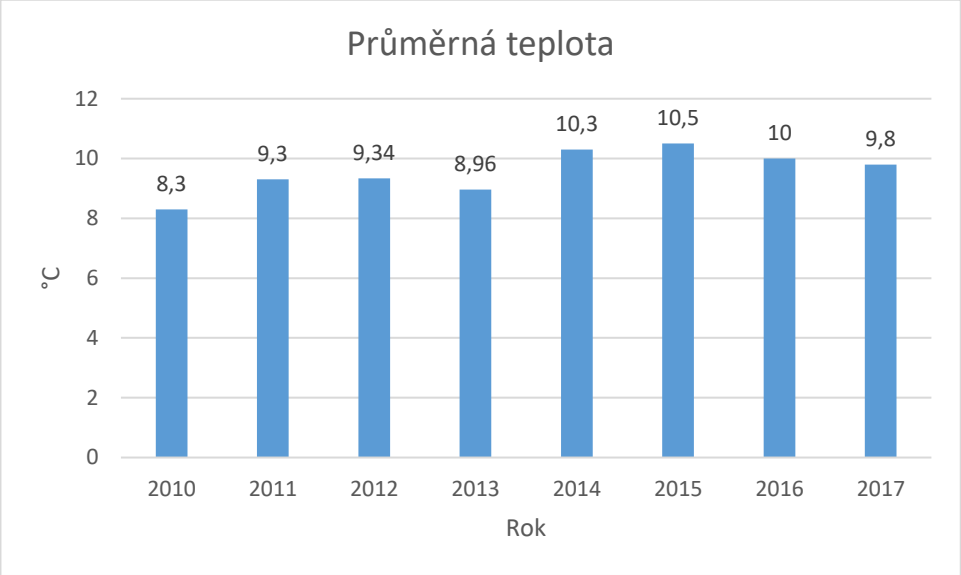
Obrázek 13. *Porovnání koncentrace O_3 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017(µg/m^3).*

Tabulka 12. *Roční průměrná vlhkost vzduchu (%), průměrná teplota(°C), ročního úhrn srážek (mm) a roční průměrné pH srážek.*
Zdroj: Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 04.04.2020] Dostupné z: http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/aktualni-stav-pocasi/ceska-republika/stanice/profesionalni-stanice/prehled-stanic/ostrava-mosnov.

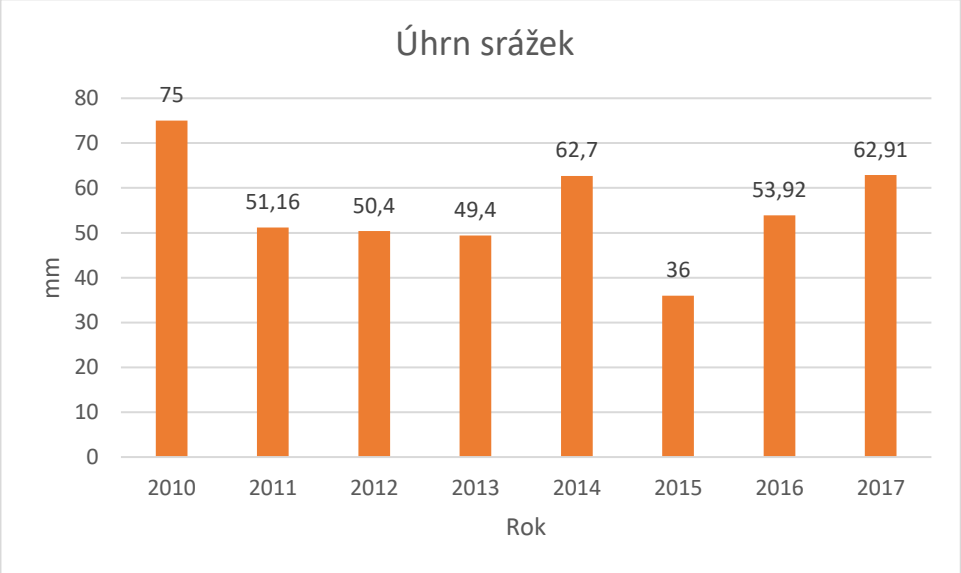
Mošnov				
Rok	**Vlhkost vzduchu (%)**	**Teplota (°C)**	**Úhrn srážek (mm)**	**pH, F-M, Klepačka**
2010	79,04	8,3	75	5,1
2011	76,9	9,3	51,16	4,7
2012	75,74	9,34	50,4	5,1
2013	78,56	8,96	49,4	4,92
2014	78,39	10,3	62,7	5,02
2015	79,97	10,5	36	6,14
2016	76,79	10	53,92	5,1
2017	74,15	9,8	62,91	5



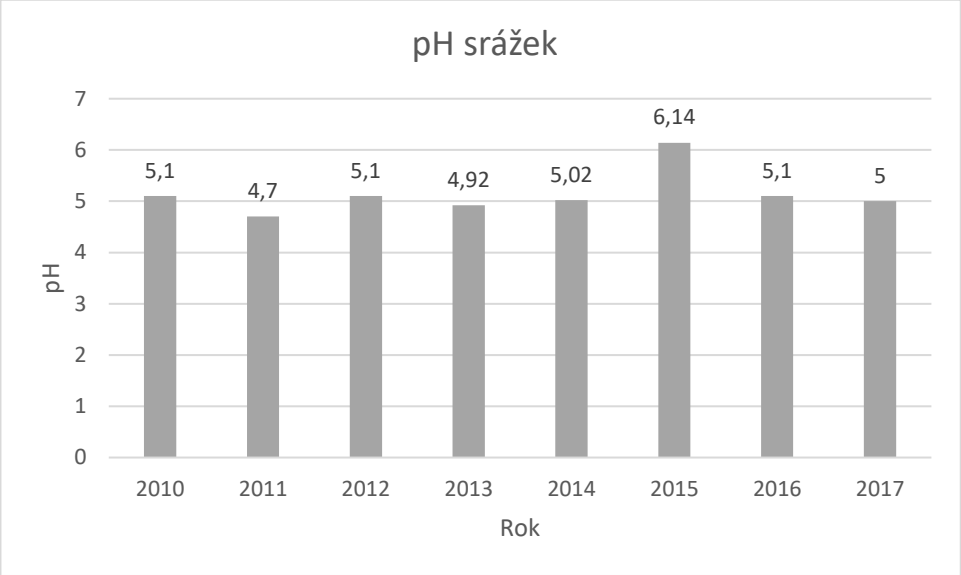
Obrázek 14. *Průměrná vlhkost vzduchu naměřená ve stanici Ostrava-Mošnov (%).*



Obrázek 15. *Průměrná teplota vzduchu naměřená ve stanici Ostrava-Mošnov (°C).*



Obrázek 16. *Průměrný úhrn srážek naměřený ve stanici Ostrava-Mošnov (mm).*



Obrázek 17. *Průměrné pH srážek naměřené ve stanici Frýdek-Místek (pH). Zdroj: ISKO. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 04.04.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2015_enh/precipitation_locality/loc_TKLE_CZ.html*

7 Výpočet korozního úbytku

Pro stanovení hodnoty a míry poškození konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie a kostela Panny Marie Královny znečišťujícími látkami, byly použity rovnice znehodnocení, vyjadřující závislost materiálu na znečištění povrchu a klimatických faktorech.[274]

Pro výpočet korozního úbytku byla použita rovnice pro vápenec 7.1, pro pískovec 7.2, pro ocel 7.3, pro měď 7.4 a rovnice 7.5 pro zinek:[275]

$$Vápenec: ML=34,4+5,96*(TOW)*(SO_2)+388Rain*(H^+) \quad (7.1)$$

$$Pískovec: ML=29,3+6,24*(TOW)*(SO_2)+480Rain*(H^+) \quad (7.2)$$

$$Ocel: ML=85+0,26*(TOW)*(SO_2)*(O_3)+432*(TOW) \quad (7.3)$$

$$Měď: ML=19,3+0011*(SO_{2*})(O_3)+162Rain*(H^+) \quad (7.4)$$

$$Zinek: Ml=14,5+0,043*(TOW)*(SO_2)*(O_3)+80Rain*(H^+) \quad (7.5)$$

$$TOW=(-1,24)+0,014*T+(0,02*Rh)$$

Kde:

ML = hmotnostní úbytek (gm^{-2}),

R = hmotnostní úbytek ($\mu m\ rok^{-1}$),

Rain = srážkový úhrn (mm),

Rh = relativní vlhkost (%),

T = teplota (°C),

SO_2 = průměrná koncentrace oxidu siřičitého ($\mu g\ m^{-3}$),

H^+ = vodíkový kationt ($mg\ 1^{-1}$),

O_3 = průměrná koncentrace ozonu ($\mu g\ m^{-3}$),

TOW = doba vlhkosti (TOW). Byla stanovena podle rovnice obsahující průměrné hodnoty vlhkosti vzduchu a teploty.[276] Pro výpočet byly využity průměrné roční hodnoty během jednotlivých let, uvedené v **tabulce 12.**

[274] ZAPLETAL, Miloš. DVOŘÁK, Filip. Mapování zátěže znečištěným ovzduším na vybrané objekty městského hřbitova v Opavě, in: Časopis Slezského zemského muzea, Série B, 66 1-2, Opava 2017, s. 78.
[275] Tamtéž, s. 78.
[276] SPRANGER, Till, LORENZ GREGOR Ullrich. Manual on Methodologies and Critera for Modelling and Mapping Critical Loads a Levels and Air Pollution Effects, Risk and Trends, Berlin 2004, s. IV–2,3.

7.1 Výpočet přijatelného korozního úbytku

V rámci ochrany kulturních památek nelze s přesností určit kritickou úroveň znečištění. Korozní úbytek je nevratný proces, který probíhá i při absenci znečišťujících látek.[277] Byla stanovena přijatelná korozní rychlost, definovaná jako korozní úbytek materiálu, který je z technického a ekonomického hlediska přijatelný:[278]

$$K_a = n * K_b \qquad (7.6)$$

Kde hodnota K_a je definovaná jako přijatelná korozní rychlost, hodnota K_b jako pozaďová korozní rychlost a hodnota **n** jako násobek. Hodnota pozaďové korozní rychlosti se vynásobí hodnotou **n**, a následně tak získáme údaje o přijatelném korozním úbytku. Hodnoty **n** mohou mít hodnotu, 1,5, 2 a 2,5, v závislosti na znečištění dané oblasti.[279] Pro město Opava byla vzhledem k aktuálnímu stavu ovzduší stanovena hodnota **1,5**.[280] Vzhledem ke snížení koncentrace znečišťujících látek v Ostravě během posledních let (**tabulka 5, tabulka 6**), byla vybrána hodnota znečištění rovněž **1,5**.

Tabulka 13. *Přijatelný a pozaďový korozní úbytek pro Opavu a Ostravu*

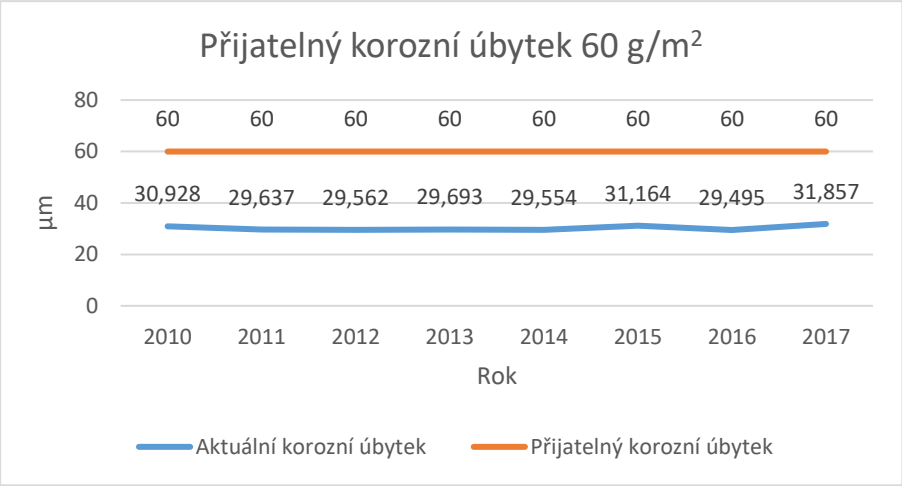
Materiál	**Přijatelný korozní úbytek (Ka[n=1,5])**	**Pozaďový korozní úbytek (K_b)**
Ocel:	303	202
Zinek:	25,65	17,10
Měď:	21	14
Vápenec:	66	44
Pískovec	60	40

[277] ZAPLETAL – DVOŘÁK, Mapování zátěže, s. 79.
[278] SPRANGER – LORENZ, Manual on Methodologies, s. IV-1-IV-10.
[279] Tamtéž, s. IV–4.
[280] ZAPLETAL – DVOŘÁK, Mapování zátěže, s. 79.

7.2. Aktuální stupně koroze

Tabulka 14. *Aktuální korozní úbytek pískovce v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

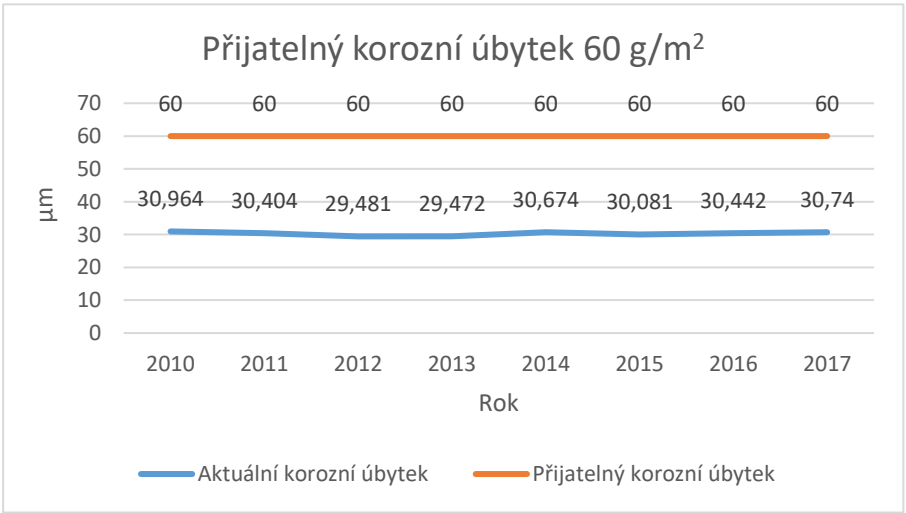
Pískovec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	30,928	29,637	29,562	29,693	29,554	31,164	29,495	31,857
Přijatelný korozní úbytek	60	60	60	60	60	60	60	60



Obrázek 18. *Aktuální korozní úbytek pískovce v Opavě (g/m^2).*

Tabulka 15. *Aktuální korozní úbytek pískovce v Ostravě (gm^2 rok^{-1})*

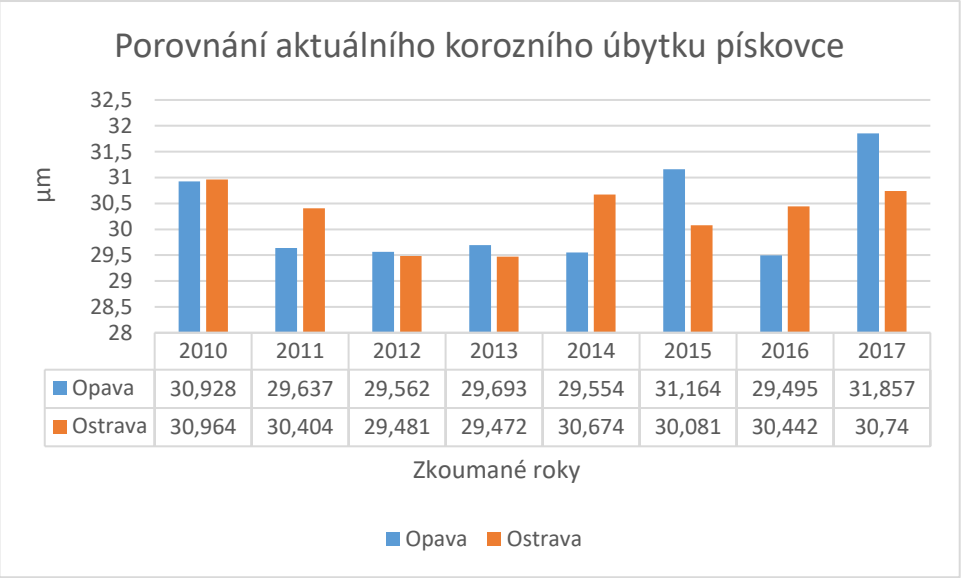
Pískovec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	30,964	30,404	29,481	29,472	30,674	30,081	30,442	30,74
Přijatelný korozní úbytek	60	60	60	60	60	60	60	60



Obrázek 19. *Aktuální korozní úbytek pískovce v Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 16. *Porovnání aktuálního korozního úbytku v Opavě a Ostravě (g/m^2).*

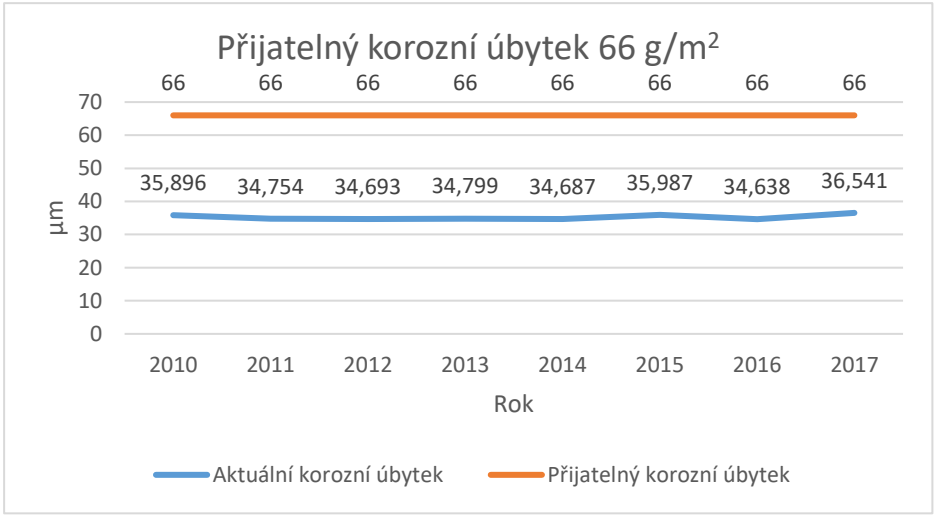
Pískovec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Opava	30,928	29,637	29,562	29,693	29,554	31,164	29,495	31,857
Ostrava	30,964	30,404	29,481	29,472	30,674	30,081	30,442	30,74



Obrázek 20. *Porovnání aktuálního korozního úbytku pískovce v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 (g/m^2).*

Tabulka 17. *Aktuální korozní úbytek vápence v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

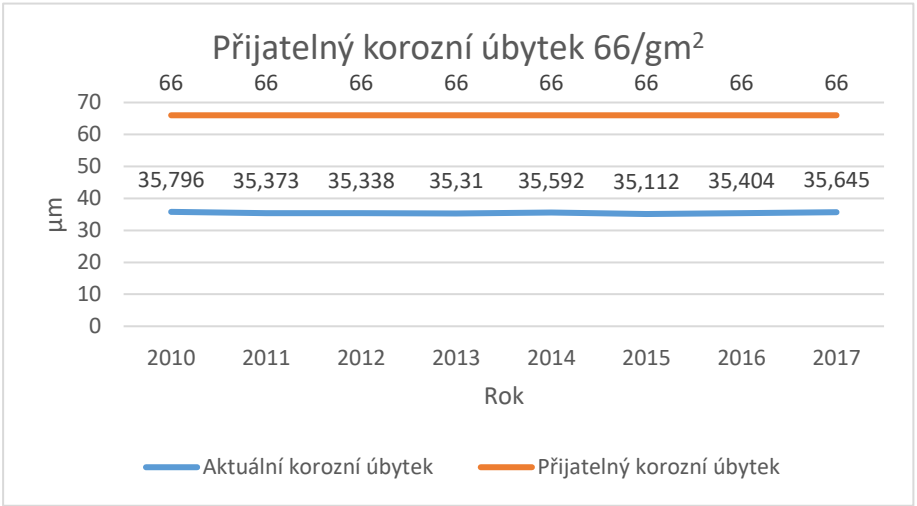
Vápenec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	35,896	34,754	34,693	34,799	34,687	35,987	34,638	36,541
Přijatelný korozní úbytek	66	66	66	66	66	66	66	66



Obrázek 21. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek vápence v Opavě (g/m^2).*

Tabulka 18. *Aktuální korozní úbytek vápence v Ostravě (gm^2 rok^{-1})*

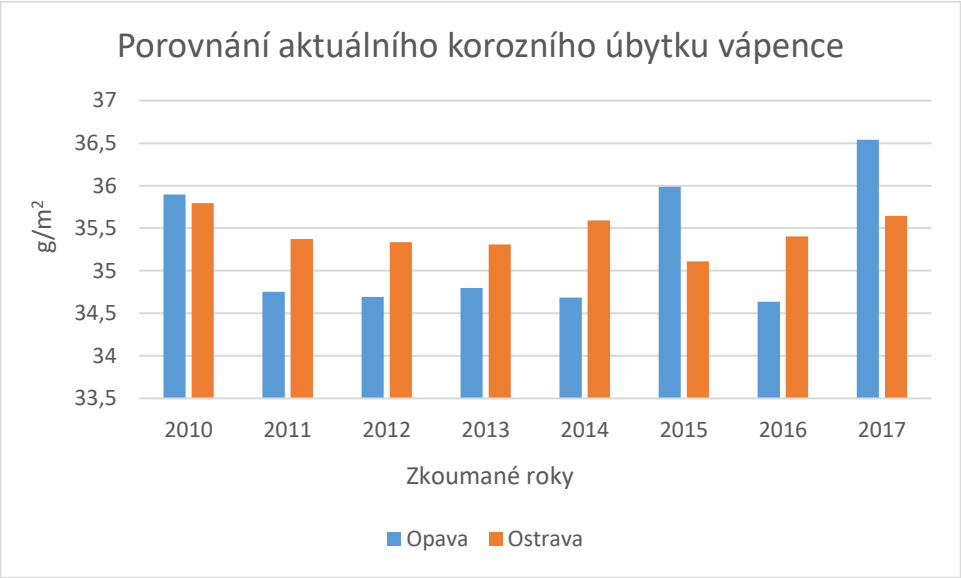
Vápenec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	35,796	35,373	35,338	35,31	35,592	35,112	35,404	35,645
Přijatelný korozní úbytek	66	66	66	66	66	66	66	66



Obrázek 22. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek vápence v Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 19. *Porovnání aktuálního korozního úbytku vápence v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^{-1})*

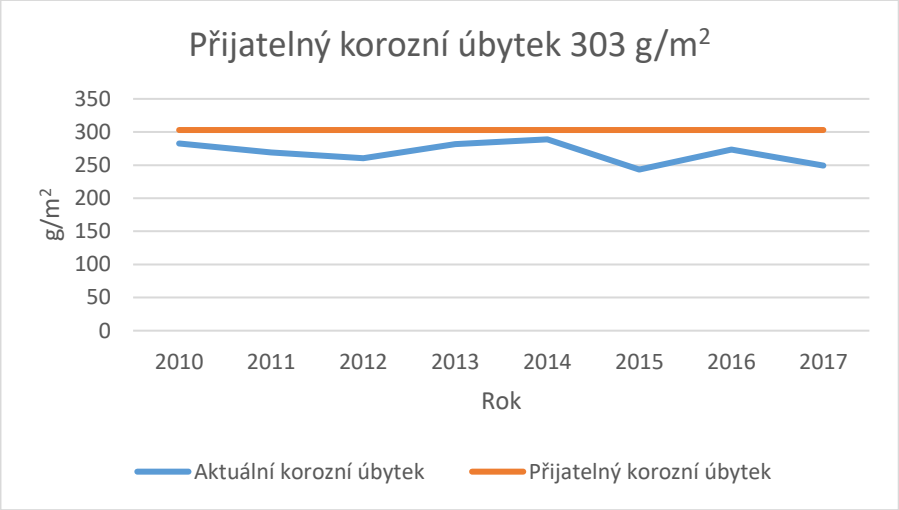
Vápenec	***2010***	***2011***	***2012***	***2013***	***2014***	***2015***	***2016***	***2017***
Opava	*35,896*	*34,754*	*34,693*	*34,799*	*34,687*	*35,987*	*34,638*	*36,541*
Ostrava	*35,796*	*35,373*	*35,338*	*35,31*	*35,592*	*35,112*	*35,404*	*35,645*



Obrázek 23. *Porovnání aktuálního korozního úbytku vápence v Opavě a Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 20. *Aktuální korozní úbytek oceli v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

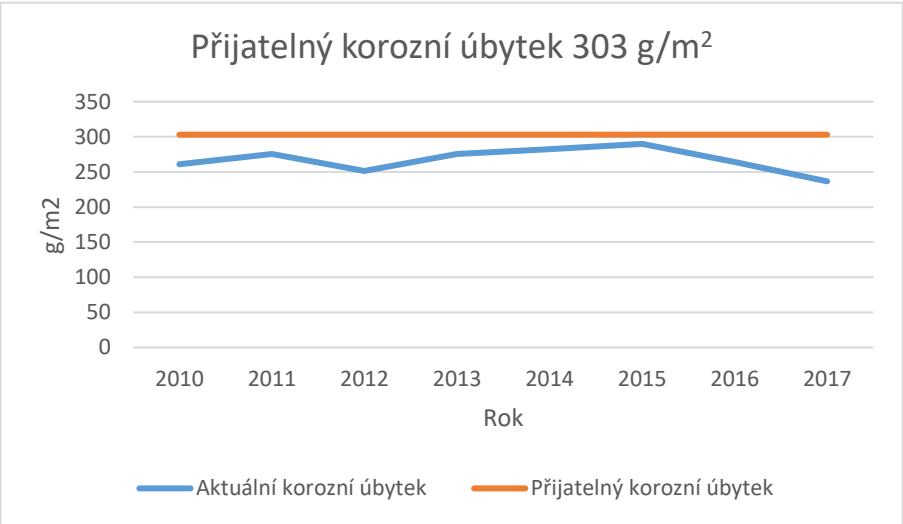
Ocel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	260,996	275,425	251,492	275,598	282,337	289,854	264,193	236,545
Přijatelný korozní úbytek	303	303	303	303	303	303	303	303



Obrázek 24. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek oceli v Opavě (g/m^2).*

Tabulka 21. *Aktuální korozní úbytek oceli v Ostravě (gm^2 rok^{-1})*

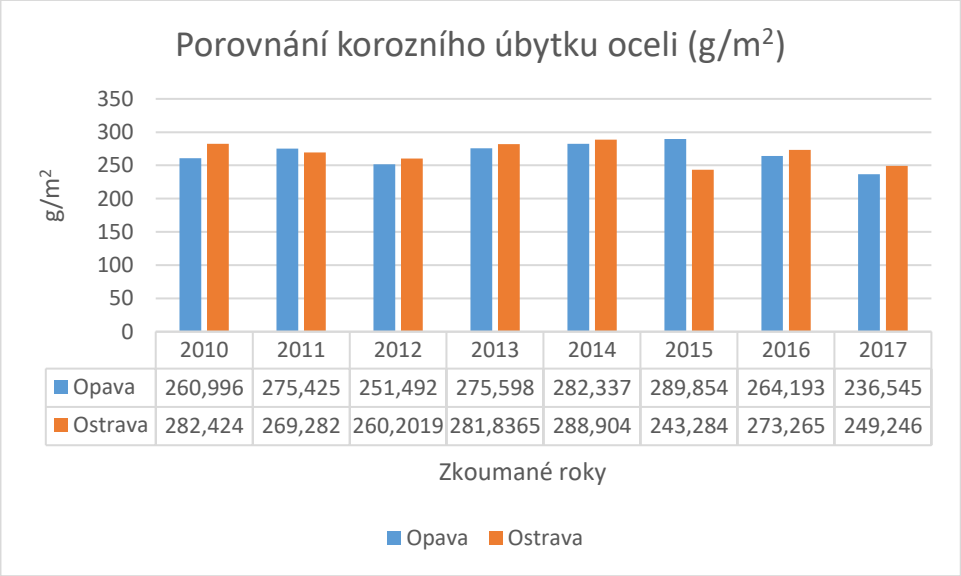
Ocel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	282,424	269,282	260,2019	281,8365	288,904	243,284	273,265	249,246
Přijatelný korozní úbytek	303	303	303	303	303	303	303	303



Obrázek 25. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek oceli v Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 22. *Porovnání aktuálního korozního úbytku oceli v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^1)*

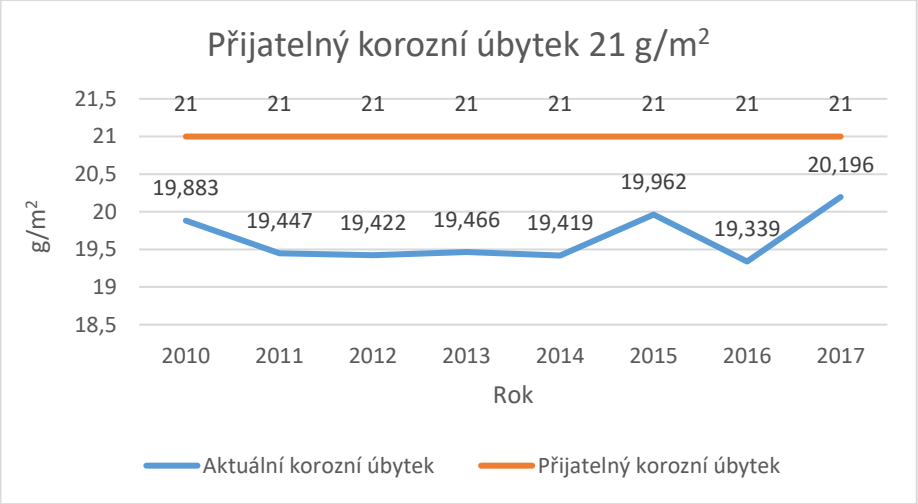
Ocel	***2010***	***2011***	***2012***	***2013***	***2014***	***2015***	***2016***	***2017***
Opava	*260,996*	*275,425*	*251,492*	*275,598*	*282,337*	*289,854*	*264,193*	*236,545*
Ostrava	*282,424*	*269,282*	*260,2019*	*281,8365*	*288,904*	*243,284*	*273,265*	*249,246*



Obrázek 26. *Porovnání aktuálního korozního úbytku oceli v Opavě a Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 23. *Aktuální korozní úbytek mědi v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

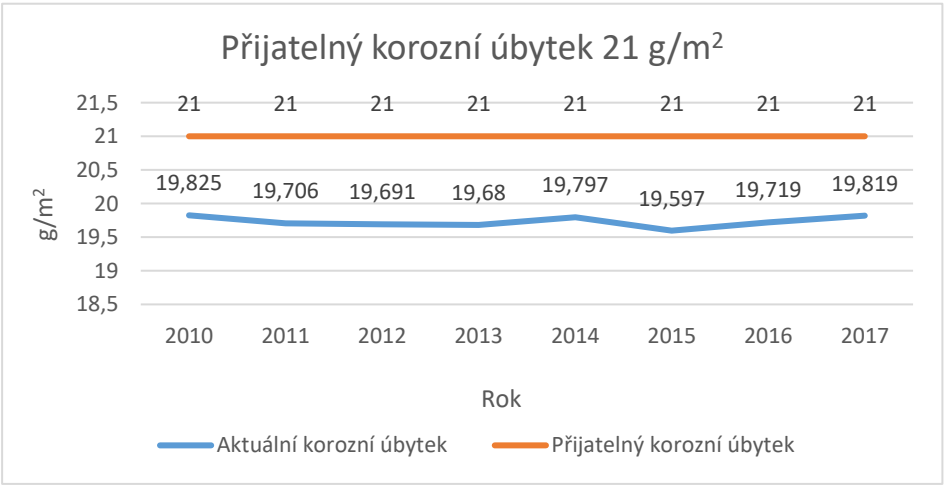
Měď	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	19,883	19,447	19,422	19,466	19,419	19,962	19,339	20,196
Přijatelný korozní úbytek	21	21	21	21	21	21	21	21



Obrázek 27. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek mědi v Opavě (g/m^2).*

Tabulka 24. *Aktuální korozní úbytek mědi v Ostravě (gm^2 rok^{-1})*

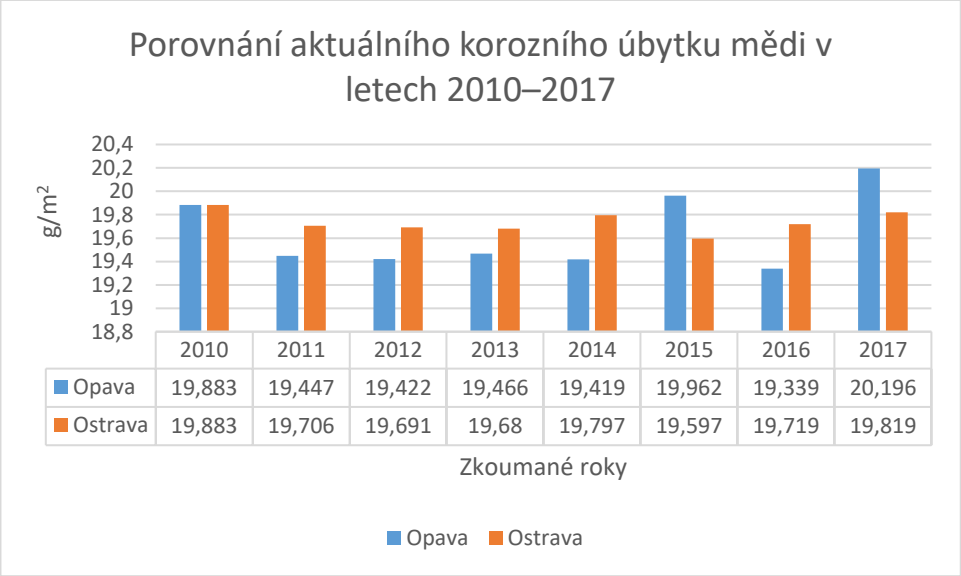
Měď	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	19,825	19,706	19,691	19,68	19,797	19,597	19,719	19,819
Přijatelný korozní úbytek	21	21	21	21	21	21	21	21



Obrázek 28. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek mědi v Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 25. *Porovnání aktuálního korozního úbytku mědi v Ostravě a Opavě (gm^2 rok^1)*

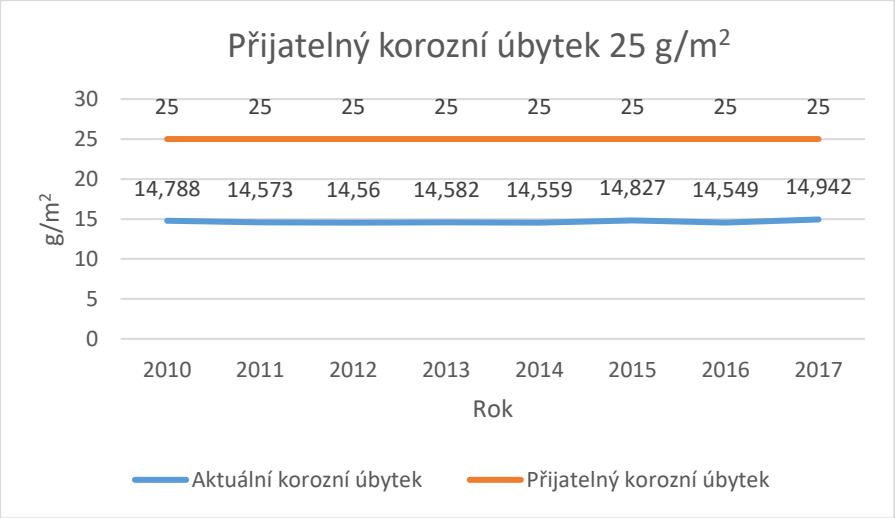
Měď	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Opava	19,883	19,447	19,422	19,466	19,419	19,962	19,339	20,196
Ostrava	19,883	19,706	19,691	19,68	19,797	19,597	19,719	19,819



Obrázek 29. *Porovnání aktuálního korozního úbytku mědi v Ostravě a Opavě (g/m^2).*

Tabulka 26. *Aktuální korozní úbytek zinku v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

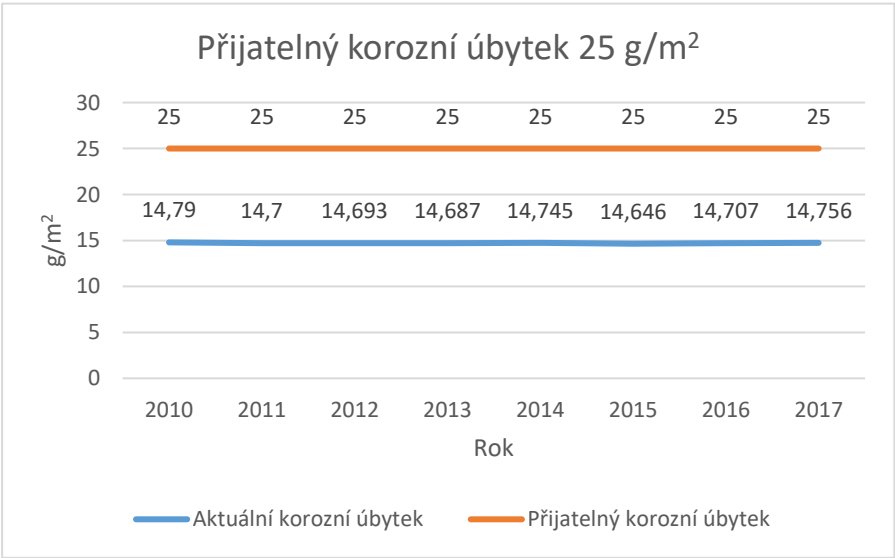
Zinek	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	14,788	14,573	14,56	14,582	14,559	14,827	14,549	14,942
Přijatelný korozní úbytek	25	25	25	25	25	25	25	25



Obrázek 29. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek zinku v Opavě (g/m^2).*

Tabulka 27. *Aktuální korozní úbytek zinku v Ostravě (gm^2 rok^{-1})*

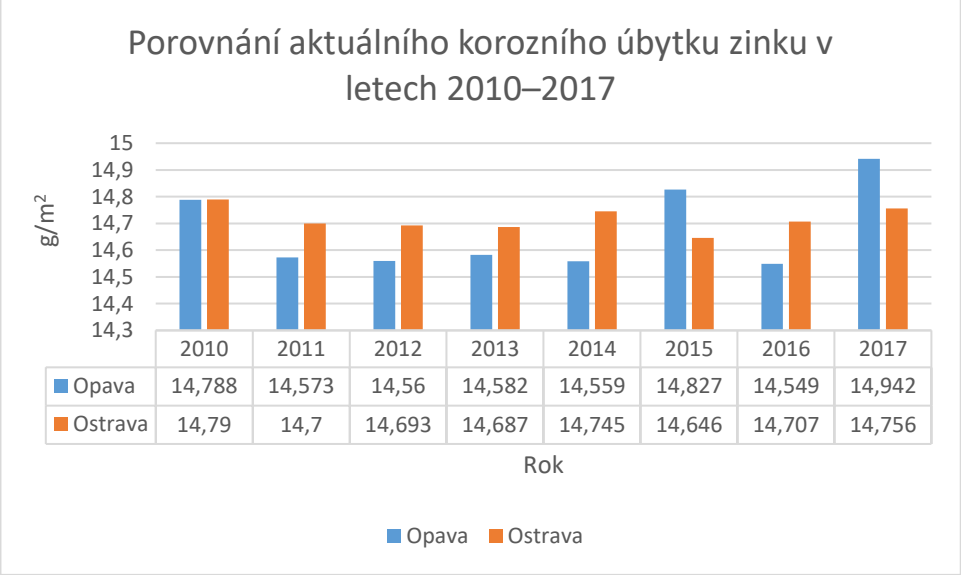
Zinek	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Aktuální korozní úbytek	14,79	14,7	14,693	14,687	14,745	14,646	14,707	14,756
Přijatelný korozní úbytek	25	25	25	25	25	25	25	25



Obrázek 30. *Aktuální a přijatelný korozní úbytek zinku v Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 28. *Porovnání aktuálního korozního úbytku zinku v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^1)*

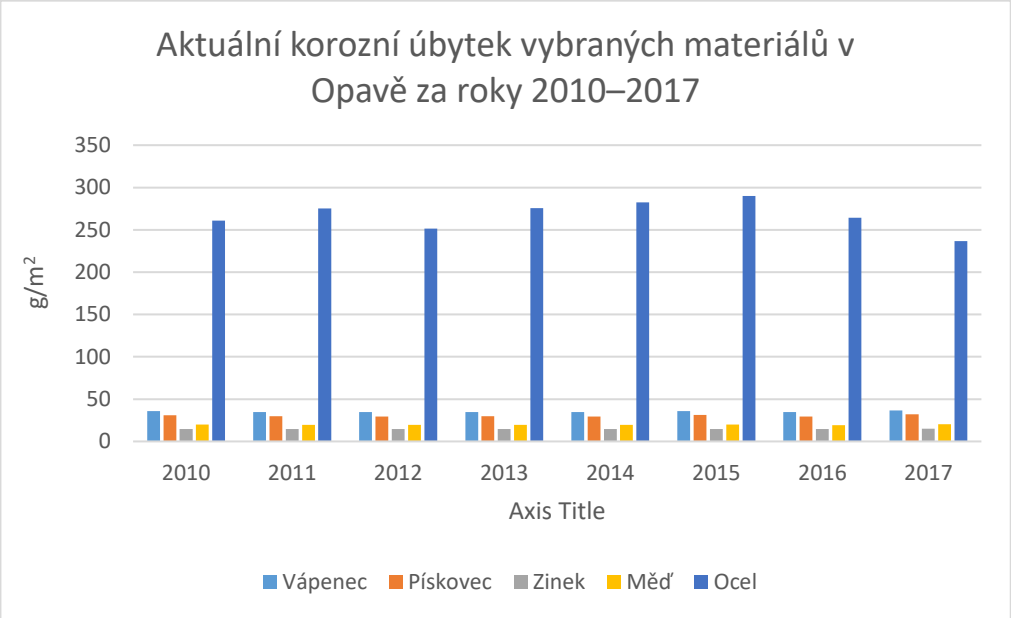
Zinek	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Opava	14,788	14,573	14,56	14,582	14,559	14,827	14,549	14,942
Ostrava	14,79	14,7	14,693	14,687	14,745	14,646	14,707	14,756



Obrázek 31. *Porovnání aktuálního korozního úbytku zinku v Opavě a Ostravě (g/m^2).*

Tabulka 29. *Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

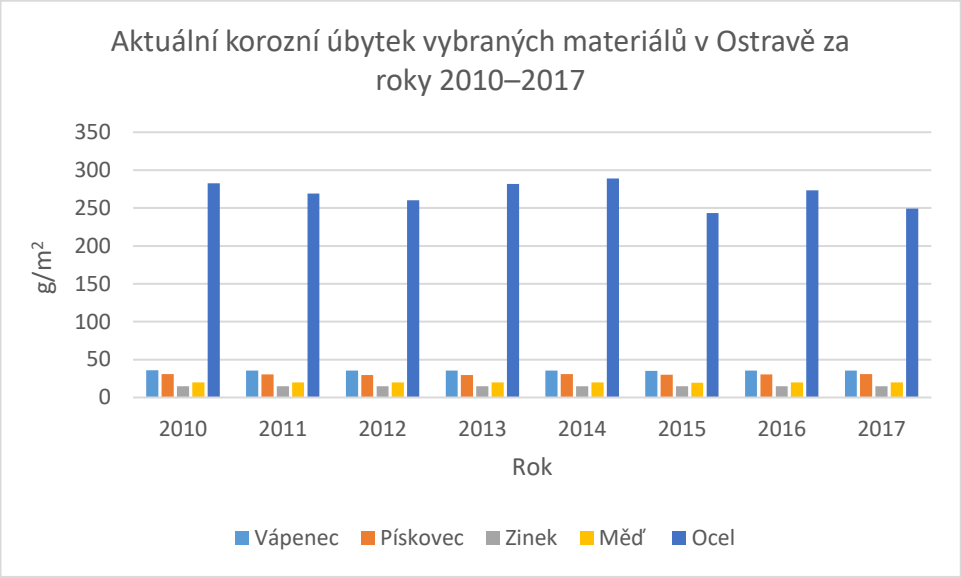
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vápenec	35,796	34,754	34,693	34,799	34,687	35,987	34,638	36,541
Pískovec	30,928	29,637	29,562	29,693	29,554	31,164	29,495	31,857
Zinek	14,788	14,573	14,56	14,582	14,559	14,827	14,549	14,942
Měď	19,883	19,447	19,422	19,466	19,419	19,962	19,339	20,196
Ocel	260,996	275,425	251,492	275,598	282,337	289,854	264,193	236,545



Obrázek 32. *Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli v Opavě za roky 2010–2017 (g/m^2).*

Tabulka 30. *Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli v Opavě (gm^2 rok^{-1})*

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vápenec	35,796	35,373	35,338	35,31	35,592	35,112	35,404	35,645
Pískovec	30,964	30,404	29,481	29,472	30,674	30,081	30,442	30,74
Zinek	14,79	14,7	14,693	14,687	14,745	14,646	14,707	14,756
Měď	19,883	19,706	19,691	19,68	19,797	19,597	19,719	19,819
Ocel	282,424	269,282	260,202	281,837	288,904	243,284	273,265	249,246



Obrázek 33. *Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli v Ostravě za roky 2010–2017 (g/m^2).*

8 Analýza zhodnocení reálného stavu vybraných památek

8.1 Analýza poškození konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie

Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě byla v průběhu let 2017–2019 podrobena průzkumu a byla pořízena fotografická dokumentace. Průzkum byl zaměřen na zjištění reálného stavu degradace objektu, se zaměřením na viditelné stopy poškození v exteriéru. Specifická pozornost byla věnována materiálům, pro které byl vypočten aktuální stupeň korozního úbytku v průběhu let 2010–2017. Jedná se o vápenec, pískovec, měď, zinek a ocel. V rámci výzkumu aktuálního znečištění ovzduší v Opavě za roky 2010–2017 společně s klimatickými faktory, které jsou potřebné pro výpočet aktuálního stupně korozního úbytku, nebylo zjištěno překročení stanovené hranice přijatelného korozního úbytku. Podrobný vizuální průzkum ovšem vypovídá o degradaci a biologickém napadení exteriéru. Byly vybrány a popsány nejvíce specifické příklady degradace, přiložené na fotografiích v příloze. Následné rozdělení a popis degradace a napadení vychází z teoretické části práce (**viz kapitola 3**).

1. Biologická koroze

Stopy biologického napadení lišejníkem jsou zjevné na jihovýchodním opěráku kaple sv. Anny (**obrázek 42**). Dále na profilované soklové římse jihovýchodního nároží kaple sv. Anny (**obrázek 41**). Napadení zeleným povlakem řas je patrné u všech dvoustupňových opěráků bočních kaplí a sakristie na jižním průčelí (**obrázek 48**). Na severním průčelí je biologické napadení znatelnější. Na cihelném zdivu opěrného pilíře s pískovcovou římsou (**obrázek 43**), na pískovcových parapetech (**obrázek 44**), u římsy a krycí desky nárožních opěráků staré sakristie a u korunní římsy na východní fasádě kaple Panny Marie Bolestné, včetně nárožních pilířů (**obrázek 45**).

Stopy po znečištění ptačím trusem se nacházejí po celém obvodu pláště konkatedrály. Znečištěn je jak cihelný plášť (**obrázek 49**), tak kovové a kamenné prvky a střešní krytina (**obrázek 50**), (**obrázek 37**).

2. Chemická koroze pískovcových prvků

Stopy degradace způsobené chemickou korozí je možné zaznamenat na většině kamenných prvků v exteriéru. Poškození pískovce je patrné na završujícím kladí západní předsíně s motivem lomených arkád ve vlysu (**obrázek 37**). Zřetelná je rovněž narezavělá skvrna táhnoucí se od kovového nosníku žlabu po celé šířce kladí. Způsobená je pravděpodobně špatnou funkčností odtoku vody odtokovým systémem a následnou reakcí vody s kovovým materiálem (**obrázek 37**). Černé krusty se nacházejí na završujícím kladí západní předsíně (**obrázek 37**), v kružbách a středním prutu štíhlých neogotických oken severní věže (**obrázek 38**), na pískovcovém portálu s neogotickými trojlistými kružbami v tympanonu vstupu do jižní věže (**obrázek 39**), na krycích deskách opěráků u přístavků na jižní straně chrámu, na pískovcovém obložení soklu či u vstupu do jižní předsíně s pískovcovým portálem ve tvaru segmentové arkády (**obrázek 40)**. Během konzultace s restaurátorem Tomášem Skalíkem byly tyto krusty označeny jako silikátové.[281] Spojitost degradace pískovcových prvků se znečištěním ovzduší nelze vyloučit. Jak bylo uvedeno ve **3. kapitole**, usazování částic PM_{10} a $PM_{2,5}$, jejichž koncentrace jsou v Moravskoslezském kraji na vysoké úrovni, může vést ke snížení kvality velmi porézních hornin, k nimž patří i pískovec. Dochází tak k zanášení pórů a vzniká povrchová krusta, s následnou reakcí ztmavnutí pískovce.[282] Velkou roli hrají klimatické podmínky. Nejvíce zčernalé prvky se nacházejí na severní straně a jsou vystaveny silné povětrnosti (**obrázek 38, obrázek 45, obrázek 46, obrázek 51**). Podle Tomáše Skalíka se jedná o sádrovcový typ krust, které vznikají v důsledku stékání vody na povrch kamene. Voda postupně vymývá vápenec, který se působením kyselých dešťů mění na sádrovec.[283]

Zasolení cest posypovou solí může vést ke vzlínání vodorozpustných solí do porézní struktury kamene a následně přispět k jeho degradaci (**obrázek 35, obrázek 36**). Test na přítomnost chloridů potvrdil, že se ve vzorcích odebraných z jižní sokolové části nacházejí stopy přítomnosti chloridů (**viz kapitola 8.1.1**)

[281] Podle ústního sdělení MgA. Tomáše Skalíka (restaurátora, Radkov 180,747 84) dne 27.2.2020.
[282] SLOUKA, Kámen, s. 137.
[283] Podle ústního sdělení MgA. Tomáše Skalíka (restaurátora, Radkov 180,747 84) dne 27.2.2020.

3. Fyzikální koroze

Na nízkém pískovcovém soklu u západního průčelí jsou viditelné stopy degradace a narušení hmoty kamene řadou prasklin. Kusy pískovce se tak z nároží uvolňují a odpadávají (**obrázek 35, obrázek 36**.) Jelikož je západní průčelí v blízkosti průjezdní komunikace, můžou mít na degradaci soklu velký vliv mechanické vibrace a otřesy. Pískovcové římsy nacházející se na severním průčelí chrámu jsou poškozeny nejvíce. Na mnoha místech se hornina drolí, některé části římsy chybí (**obrázek 43, obrázek 44, obrázek 51**). Jelikož je severní strana nejvíce vystavena silným povětrnostním vlivům a úhrnu srážek, může v kombinaci s prudkou změnou teploty docházet k praskání a ulamování pískovce. Ke tvorbě černých krust mohly vést i četné požáry města v minulosti, jak bylo popsáno v **1. kapitole**.

8.1.1 Test pískovcových částí na přítomnost chloridů a síranů

V rámci průzkumu pískovcových prvků konkatedrály bylo odebráno několik vzorků z jižního soklu chrámu, mezi druhým a třetím pilířem kaple Panny Marie Lurdské. Vybrané vzorky byly nejprve vloženy do 5 ml roztoku demineralizované vody a zajištěny fólií tak, aby byl zamezen přístup vzduchu a bylo možno vzorky desalinovat. Po 24 hodinách byly do zkumavky, která byla určená na test chloridů, přidány 2 kapky 65% kyseliny dusičné a 7 kapek dusičnanu stříbrného. Následně se ve zkumavce vytvořila bílá sraženina chloridu stříbrného, která indikovala přítomnost chloridů (**obrázek 73**). V případě zkoušky přítomnosti síranů, byly do 5 ml roztoku demineralizované vody po 24 hodinách přidány 2 kapky 16% kyseliny chlorovodíkové a 7 kapek 2% chloridu barnatého. Složení i barva roztoku zůstala po zkoušce nezměněna. Lze tedy usoudit nepřítomnost síranů ve zkoumaných vzorcích (**obrázek 74**).

8.2 Analýza stavu degradace kostela Panny Marie Královny

Kostel Panny Marie Královny byl podroben vizuálnímu průzkumu spojeným s fotodokumentací. Byl brán zřetel na reálný stav poškození objektů se zaměřením na materiály, u kterých byl během období let 2010–2017 vypočten aktuální stupeň koroze: pískovci, vápenci, mědi a oceli. Analýza degradace se týká především kamenných materiálů, pískovce a vápence, ale také mědi, kterou je pokrytá střecha, krycí stříšky i odtokový systém. Následné rozdělení poškození materiálů vychází z teoretické části práce, uvedené ve **3. kapitole.**

1. Biologická koroze

Pískovcové obložení soklu severního průčelí je napadeno zelenou vrstvou řas (**obrázek 56**). Na jižním průčelí je znatelné napadení lišejníkem a povlakem řas (**obrázek 64, obrázek 65, obrázek 66**). Mezi viditelné problémy patří biologické napadení ptactvem. Ptačí trus pokrývá většinu architektonických prvků po celém obvodu pláště kostela, přítomna jsou i hnízda ptactva (**obrázek 57, obrázek 58**). Sochařské prvky tvoří na jižním a západním průčelí dekorativní vázy. Na všech jsou znatelné stopy bílých krust a povrch většiny je pokryt zelených mechem (**obrázek 59, obrázek 60**). Schodišťové stupně ve východním průčelí jsou v havarijním stavu. Viditelně zřetelné jsou stopy biologické degradace. Pokrývá je zelená vrstva mechu s prorůstající vegetací. Vlivem meteorologických podmínek a absencí krycí stříšky může následně dojít k jejich fyzické degradaci (**obrázek 62**).

2. Chemická koroze

Sousoší andělů s latinským křížem na rizalitu západního průčelí je místy pokryté černou krustou (**obrázek 53**). Koroze měděného plechu je patrná na střešních konstrukcích dvouvěží (**obrázek 54**). Dekorativní ozdobné vrcholové vázy na západním a jižním průčelí jsou pokryty bílými krustami (**obrázek 59, obrázek 60**). Pro lepší identifikaci je zapotřebí odběr vzorků a průzkum obsahu vodorozpustných solí. Jelikož byla sochařská výzdoba v minulosti čištěna a konzervována (**viz kapitola 2**), je možné, že přítomnost krust se zde projevuje po nevhodných rekonstrukčních pracích v minulosti.

3. Fyzická koroze

Na mnoha místech severního průčelí se odlupuje omítka, mnohdy až na cihlu (**obrázek 55**). V době dokumentace objektu bylo mnoha míst na omítce kostela

podmáčených. Z tohoto důvodu lze usoudit následné zvětrávání a degradaci omítek. Na několika místech závěru presbytáře se nachází podélné praskliny, táhnoucí se od soklu až po dekorativní římsu (**obrázek 63**). Okenní tabulky na jižním průčelí jsou naprasklé (**obrázek 69**). Na mnoha místech je poškozená omítka kostela (**obrázek 67**).

9 Návrh konzervace vybraných materiálů sakrálních památek

9.1 Návrh konzervace vybraných částí konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie

Pro návrhy konzervace byly vybrány nejvíce poškozené, napadené a zdegradované části staveb. K samotnému určení druhů a typů čistících a zpevňovacích prostředků bylo dosaženo metodou syntézy a komparace restaurátorských zpráv a záměrů na materiálově shodných památkách v České republice. Důležité informace byly poskytnuty během konzultace s MgA. Tomášem Skalíkem.

1. Prekonsolidace kamenných součástí

Aby při čištění nedošlo k úbytku původní hmoty budou před samotným čištěním prekonsolidovány nejvíce poškozené pískovcové části. Na tuzemském trhu existuje několik zpevňujících prostředků od různých dodavatelů. Mezi nejvíce používané v konzervátorské praxi patří Porosil, Ifest, Funcosil, či Sileres[284]. Před použitím konsolidačních a čistících přípravků musí být jednotlivá místa podrobena analýzám vlhkosti materiálu, nasákavosti, obsahu škodlivých solí, pórovitosti a minerálnímu složení. Rovněž se zhotoví reprezentativní vzorové plochy, které budou použity k ověření případné barevné změny materiálu. Po provedení všech průzkumu bude vybrán pro konsolidaci vhodný přípravek na bázi organokřemičitanů, které jsou mimořádně stabilní a velmi odolné vůči fyzikálním a chemickým vlivům.[285]

Trhliny jihozápadního nároží předsíně (**obrázek 35, obrázek 36**) budou pomocí injektáže napuštěny nejvhodnějším organokřemičitým zpevňovačem. V praxi se často používá přípravek Funcosil KSE 500 Remmers. Po použití budou trhliny vymyty minerálním tmelem. Hluboké praskliny, které jsou ohroženy stékáním srážkové vody, budou vyplněny vápennou maltou s minimálním obsahem cementu. Odlomené části pomohou zajistit čepy z nerezavějící oceli.

2. Čištění kamenných prvků

Nejšetrnější metodou vzhledem ke hmotě materiálu je sádrovcové krusty (**obrázek 43, obrázek 44, obrázek 45, obrázek 46**) změkčit za pomocí 10% nasyceného

[284] DRDÁCKÝ, Miloš. SLÍŽKOVÁ, Zuzana, VALACH, Jaroslav. Vliv etylsilikátových zpevňovacích prostředků na chování a vlastnosti glaukonitického pískovce použitého na stavbu katedrály sv. Víta v Praze. in: Organokřemičitany v české památkové praxi, Praha 2008, s. 52.
[285] BÁRTA, Jan., RATHOUSKÝ, Jiří. Z historie českých organokřemičitých konzervantů. in: Organokřemičitany v české památkové praxi, Praha 2008, s. 21.

roztoku hydrogenuhličitanu amonného. Jedná se ovšem o pomalý proces, proto je nutné ho několikrát opakovat. Následně je třeba sádrovcové krusty citlivě odstranit s využitím kartáčků a skalpelu. Silikátové krusty (**obrázek 37–obrázek 40**) se běžně čistí několika způsoby. Za pomocí mikroabraziva při výběru správného tlaku tryskání, čistící pastou na bázi hydrogendifluoridu amonného, laserem nebo tlakem vodní páry. Jednotlivé metody se v praxi běžné kombinují. Výběr vhodné metody závisí na pevnosti a dochování daného materiálu. Velkou roli hrají ovšem i finanční podmínky. Po konzultaci byl v tomto případě vybrán nejvhodnější postup čištění za pomocí tlaku vodní páry.[286] V případě lokálně neprodyšných krust (**obrázek 45**) bude aplikována čistící pasta na bázi hydrogendifloridu amonného (**viz kapitola 4.3.2**). Po předepsané době působení je vhodné tato místa očistit vodní parou. Po očištění bude povrch opět konsolidován vhodným přípravkem na bázi organokřemičitanů. Následně budou všechny ošetřené prvky hydrofobizovány. Mezi nejpoužívanější hydrofobizační přípravky patří produkt IMNESTA–IW 290.[287]

3. Biosanace kamenných prvků

Český trh obsahuje několik přípravků, které se používají k odstranění biologického napadení z kamenosochařských prvků. Mezi nejpoužívanější patří Imnesta PQW, Caparol capatox, Sanatop alga či biocodní přípravky vyráběné pod značkou Porosan. Biologické napadení (**obrázek 41, obrázek 43, obrázek 44, obrázek 45**) bude na základě analýzy restaurátorských zásahů odstraněno nástřikem látky POROSAN na bázi algicidu ředěného etanolem. Ošetřen bude celý napadený povrch kamene. Aplikací biosanačního roztoku dochází ovšem ke zvýšení smáčivosti povrchu. Proto po odstranění biologického napadení dojde ke konsolidaci povrchu na bázi organokřemičitanů.[288]

4. Konzervace kovových prvků

Kovové součásti stavby napadené korozí, jako kupříkladu okapy či mříže, budou očištěny pomocí ocelových kartáčů s kovovými vlákny. V hůře dostupných místech metodou tryskání, ovšem s ohledem na vhodný výběr druhu abraziva. Pro čištění měděných žlabů a svodů budou použity nižší tlaky a méně agresivní abraziva, například

[286] Podle ústního sdělení MgA. Tomáše Skalíka (restaurátora, Radkov 180,747 84) dne 27.2.2020.
[287] VÍCH, Jan. Restaurátorský průzkum a záměr. Mariánský sloup na Náměstí Přemyslovců v Nymburce, 2007, s. 17.
[288] Tamtéž, s. 17.

balotina nebo mleté ořechové skořápky.[289] V případě čištění rozměrnějších předmětů je doporučeno čištění pod proudem tlaku vody.[290]

9.1.1 Preventivní konzervace

V rámci zvýšení životnosti materiálů kulturních památek a zlepšení přístupu k jejich ochraně byly na základě průzkumu stanoveny základní body, zamezující zvýšené degradaci kulturních památek. Jako ochranu před poškozením a znehodnocením památky ptačím trusem (**obrázek 49, obrázek 50**) by bylo vhodné na nejvíce napadená místa instalovat sítě a bodce. Proti degradaci pískovcových říms (**obrázek 45 a obrázek 51**) je třeba zabránit stékání dešťové vody po povrchu. Vhodné je opatřit římsy olověnou krycí stříškou. Kovové součástí stavby budou jednou za dva roky opatřeny ochranným nátěrem a průběžně kontrolovány (**viz kapitola 3.2.2**). Průběžnou kontrolu vyžaduje i biologické napadení objektu, s případným včasným zásahem proti bionapadení.

9.2 Návrh konzervace vybraných částí kostela Panny Marie Královny

1. Prekonsolidace kamenných prvků

Vzhledem k hrozícímu úbytku hmoty sochařských prvků je zapotřebí před čištěním jejich prekonsolidace. Rovněž je nutné před použitím všech konsolidačních i čistících prostředků provést analýzu vlhkosti materiálu, nasákavosti a minerálního a porézního složení. Zvláště u dekorativních vrcholových váz jsou vizuálně rozpoznatelné bílé povlaky krust. Je tedy žádoucí provést průzkum přítomnosti vodorozpustných solí. Po provedení všech potřebných průzkumů bude vybrán konsolidační prostředek na bázi organokřemičitanů (Funcosil KSE, Porosil, Ifest, Sirilies). Trhliny, které se nachází na obloukové římse v závěru presbytáře (**obrázek 63**), bude zapotřebí stmelit epoxidovým tmelem.

2. Čištění kamenných prvků

Černé sádrovcové krusty pokrývají sousoší adorujících andělů s latinských křížem (**obrázek 53**). Identické černé krusty pokrývají část povrchu dekorativních vrcholových váz (**obrázek 59, obrázek 60**). Podobně jako v případě sádrovcových krust u konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie budou navlhčeny pomocí 10% nasyceného

[289] Konzervování a restaurování kovů, s. 452.
[290] Tamtéž, s. 452.

roztoku hydrogenuhličitanu amonného v kombinaci s ručním čištěním skalpely a kartáčky.[291]

3. Biosanace kamenných prvků

Pro likvidaci biologického napadení zeleným povlakem řas na fasádě objektu (**obrázek 65, obrázek 66**), včetně napadení soklu lišejníkem (**obrázek 64**) a pokrytí dekorativních vrcholových váz zelenou vrstvou mechu (**obrázek 59, obrázek 60**), bude vhodné aplikovat nástřik biocidní látky. Mezi nejpoužívanější v praxi patří přípravek POROSAN na bázi algicidu ředěného etanolem.

4. Konzervace kovových prvků

Na čištění zkorodovaných kovových materiálů na kostele Panny Marie Královny (**obrázek 69, obrázek 70**) bude použito ocelových kartáčů s kovovými vlákny, případně metoda tryskání, s ohledem na vhodný výběr druhu abraziva. Mezi konstrukční prvky stavby napadené korozí patří některé části kovových okenních a dveřních výplní (**obrázek 69, obrázek 71**) a jednotlivé části okapového systému (**obrázek 72**). V případě pokročilé koroze je zapotřebí zvážit výměnu okapových částí, především kolem spojek a žlabu, za plastové nebo zinkové, které se už na kostele nacházejí.

9.2.1 Preventivní konzervace

V rámci preventivní konzervace je vhodné opatřit nejvíce napadená místa sítěmi a bodci proti ptactvu. V současné době jsou bodce umístěny pouze na římsách a dekorativních prvcích hlavního průčelí. Vzhledem k tomu, že památka nese výrazné stopy vandalismu (**obrázek 61**), bylo by na místě doporučit lepší monitoring objektu, rozšířením nebo zavedením kamerového systému. Pravidelnou údržbu je zapotřebí poskytovat okapovým svodům a žlabům, které se postupem času zanášejí napadaným listím a dalšími nečistotami. Kovové prvky kulturní památky (schodišťové zábradlí, okenní mříže, kovové dveřní prvky) je vhodné průběžně jednou za dva roky opatřit konzervačním ochranným nátěrem a periodicky kontrolovat.

[291] Podle ústního sdělení MgA. Tomáše Skalíka (restaurátora, Radkov 180,747 84) dne 27.2.2020.

10 Diskuze výsledků korozních úbytků

Ovzduší na Ostravsku patří k jednomu z nejvíce znečištěných v České republice. Přesto je v rámci dlouhodobého pozorování hodnota emisí a imisí výrazně nižší než v minulosti. I tak jsou na některých měřících stanicích normy podle ČHMÚ překračovány. V této práci byla použita základní data pro výpočet aktuálního korozního úbytku pro vybrané materiály na národní kulturní památce, respektive kulturní památce. Tyto materiály tvoří hodnotu pozaďových korozních úbytků a mají danou hodnotu pro kamenné materiály (μm) a pro materiály z kovu (g/m^2). Pro získání přijatelného korozního úbytku je zapotřebí násobek hodnoty pozaďového korozního úbytku pro daný materiál a hodnoty n pro přijatelný korozní úbytek. Hodnota n může mít hodnotu 1, 1,2 1,5 a 2. Pro kostel Panny Marie Královny v Mariánských Horách a pro konkatedrálu Nanebevzetí Panny Marie byla hodnota vybrána shodně 1,5. Co se týče města Ostravy, emise a imise se za poslední léta značně snižují. Stále ovšem patří Ostravsko k nejvíce znečištěným lokalitám v České republice. U konkatedrály Panny Marie v Opavě bylo přihlédnuto k blízkosti Ostravy, jako průmyslového centra regionu a k případnému vzdušnému přenosu škodlivých látek. Opava se podobně jako Ostrava nachází v blízkosti polských hranic, proto je zde reálný dálkový přenos škodlivých látek. Ze zjištěných údajů rovněž vyplynulo, že v Opavě a Ostravě za zkoumané období 2010–2017 vzrostla koncentrace O_3. Koncentrace SO_2 a NO_x měly klesající trend. Vzhledem k těmto skutečnostem byla vybrána hodnota n 1,5. Při výpočtech bylo vycházeno ze stanovených konstantních hodnot pozaďového korozního úbytku. Hodnota pro pískovec je 40 μm, pro vápenec 44 μm, pro ocel 202 g/m^2, pro zinek 25,65 g/m^2 a pro měď 21 g/m^2.

Na základě těchto hodnot byl vypočítán aktuální korozní úbytek pro vybrané materiály za období let 2010–2017. U pískovce došlo v okolí Mariánských Hor k rovnoměrnému koroznímu úbytku. Nejnižší hodnota je z roku 2013 a to 29,48 μm. Nejvyšší hodnota pochází z roku 2010 a činí 30,96 μm (**tabulka 15, obrázek 19**). Od roku 2010 do roku 2013 byl korozní úbytek klesající. Počínaje rokem 2014 opět sledujeme nárůst korozního úbytku pískovce. Z těchto údajů ovšem vyplývá, že aktuální nejvyšší korozní úbytek pískovce je mnohem nižší než přijatelný korozní úbytek za sledované období. V Opavě byla nejnižší hodnota v roce 2016 a to 29,50 μm. zatímco nejvyšší o rok později, 31,86 μm. Z hlediska sedmiletého zkoumaného období docházelo k výraznému cyklickému poklesu a nárůstu korozního úbytku, zejména v letech 2015–2017 (**tabulka 14, obrázek 18**).

Vápenec měl nejnižší hodnotu aktuálního korozního úbytku v Opavě v roce 2010, 34,64 μm a nejvyšší v roce 2017, 36,54 μm (**tabulka 16. obrázek 20**). Opět zde můžeme zaznamenat výrazné výkyvy korozního úbytku v průběhu let 2015–2017. V Ostravě-Mariánských Horách byl nejnižší korozní úbytek vápence zaznamenán v roce 2015, 35,11 μm. Nejvyšší korozní úbytek nastal v roce 2010. Hodnota činila 35,77 μm. Za roky 2015–2017 opět zaznamenáváme prudký nárůst korozního úbytku vápence ze 35,11 μm na 35,65 μm (**tabulka 17, obrázek 21**). Aktuální korozní úbytek u vápence a pískovce nepřekročil přijatelnou hranici 66 μm, respektive 60 μm. Naopak se během sedmi let pohybuje v intervalu 30–36 μm, tedy výrazně pod hranicí přijatelného korozního úbytku.

Ocel v Opavě měla nejvyšší korozní úbytek v roce 2013. Hodnota dosáhla hranice 289,85 g/m^2. Nejnižší byla naopak o dva roky později v roce 2017, kdy korozní úbytek oceli činil 236,55 g/m^2 (**tabulka 18, obrázek 22**). V Ostravě-Mariánských Horách byl zaznamenán nejvyšší korozní úbytek v roce 2014, s hodnotou 288,90 g/m^2. Nejnižší korozní úbytek byl podobně jako v Opavě v roce 2015, 24 g/m^2. Nejvyšší hodnota korozního úbytku v Opavě byla zjištěna v roce 2015. Dosáhla hodnoty 289,85. g/m^2 (**tabulka 19, obrázek 23**). Z výsledných výpočtů je zjevné, že za sledované období nebyl v případě oceli u obou sakrálních staveb překročen přijatelný korozní úbytek, který činil 303 g/m^2. Nicméně u obou případů se korozní úbytek dostal k hranici přijatelného korozního úbytku. V roce 2014 a v roce 2015 (**obrázek 22, obrázek 23**). Jedním z důvodu nárůstu korozního úbytku během uvedených dvou let mohou být příliš horká letní období spojená s nárůstem O_3.

U mědi byla nejvyšší hodnota korozního úbytku v Opavě zaznamenána v roce 2017, činila 20,12 g/m^2. Nejnižší v roce 2016 s hodnotou 19,34 g/m^2 (**tabulka 20, obrázek 24**). V Mariánských Horách byl nejnižší korozní úbytek v roce 2015, 19,60 g/m^2. Nejvyšší v roce 2010, 19,88 g/m^2 (**tabulka 21, obrázek 25**). Ani v případě mědi nebyl za uvedené období překročen přijatelný korozní úbytek. Vypočítané údaje se v obou případech zvyšují či snižují o desetiny své hodnoty.

Nejvyšší hodnota korozního úbytku v případě zinku v Opavě byla zaznamenána v roce 2017, 14,94 g/m^2. Nejnižší naopak v roce 2016, 14,55 g/m^2 (**tabulka 22, obrázek 26**). V Mariánských Horách byl nejvyšší korozní úbytek v roce 2010. Činil 14,79 g/m^2. Nejnižší v roce 2015, s hodnotou 14,65 g/m^2 (**tabulka 23, obrázek 27**). V případě zinku nebyl ve zkoumaném období překročen přijatelný korozní úbytek.

Podstatnou součástí této práce je analýza vývoje kvality ovzduší v Ostravě a Opavě ve sledovaném období 2010–2017. Ačkoliv koncentrace škodlivých látek v Ostravě má od 90. let 20. století snižující se charakter, stále jde o jednu z nejvíce znečištěných oblastí v České republice. Jak je uvedeno v šesté kapitole (**tabulka 3, obrázek 5**), koncentrace oxidu siřičitého klesla v Ostravě během sledovaného období ze 10,58 $\mu g/m^3$ na 6 $\mu g/m^3$ (pokles o 44 %). V Opavě (**tabulka 4, obrázek 6**) došlo ke snížení ze 8,04 $\mu g/m^3$ na 5,30 $\mu g/m^3$ (pokles o 34 %). V případě oxidů dusíku bylo v okolí stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy (**tabulka 6, obrázek 8**) naměřeno snížení ze 42,62 $\mu g/m^3$ na 29,56 $\mu g/m^3$ (pokles o 30,4 %). V Opavě je situace podobná (**tabulka 7, obrázek 9**). Nastalo snížení ze 25,54 $\mu g/m^3$ na 18,45 $\mu g/m^3$ (pokles o 27,76%). Naopak u koncentrace přízemního ozonu došlo v Ostravě-Fifejdách k jeho zvýšení (**tabulka 9, obrázek 11**). Z hodnoty 46,58 $\mu g/m^3$ z roku 2010, na hodnotu 52,85 $\mu g/m^3$ z roku 2017 (nárůst o 11,86 %). Na území Opavy (**tabulka 10, obrázek 12**) došlo za sedm let ke zvýšení koncentrace ozonu ze 40,68 $\mu g/m^3$ na 50,79 $\mu g/m^3$ (nárůst o 19 %). Křivka růstu koncentrace přízemního ozonu pravidelně roste. Výjimku tvoří roky 2013 a 2014, kdy je koncentrace nižší (**obrázek 11, obrázek 12**). Jedním z důvodů zvýšení koncentrace ozonu v obou okresních městech jsou především velmi horká léta a zvýšení slunečního svitu během posledních let. Se zvyšováním ozonu stoupá v letních měsících v kombinaci s dopravou i riziko fotochemického smogu.

Závěr

Cílem této diplomové práce je poukázat na vliv znečišťujících látek v ovzduší, které způsobují a urychlují degradaci materiálů na vybraných objektech: konkatedrále Panny Marie v Opavě a kostele Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských Horách. S pomocí údajů ze stránek ČHMÚ a rovnic znehodnocení byly vypočítány korozní úbytky pro pískovec, vápenec, měď, zinek a ocel, které je možno aplikovat na více památkových objektů v dané lokalitě. Ačkoliv nejsou všechny materiály zastoupeny na zkoumaných sakrálních památkách, bylo přistoupeno v rámci Opavy a Ostravy k výpočtu korozních úbytků stejných materiálů. Získaná data lze využít pro analýzu degradace jiných objektů v lokalitě s identickými materiály.

Důležitou částí práce bylo zhodnocení reálného stavu sakrálních památek. Byla pořízena fotodokumentace a navržen postup čištění a konzervace vybraných materiálů. Návrh konzervace vycházel z vizuálního průzkumu objektů a popisu poškození, v rámci kterého byly využity restaurátorské záměry uvedené v seznamu zdrojů. Taktéž byly využity důležité informace získané během konzultace s restaurátorem MgA. Tomášem Skalíkem. Během zkoumaného období nebylo zaznamenáno překročení přijatelného korozního úbytku. Nemovité kulturní památky ovšem nesou stopy degradace. Jednotlivé příčiny byly popsány v **8. a 9. kapitole**. Ve výsledku jsou kombinací biologického napadení, fyzikální a chemické koroze zapříčiněné klimatickými vlivy, atmosférickým spadem a devastační lidskou činností. V rámci průzkumu byl proveden test na přítomnost chloridů a síranů. Zkoumaný vzorek z pískovce byl pozitivní na přítomnost chloridů. Jelikož bylo místo odběru vzorků v blízkosti průjezdní komunikace, je možné usoudit vliv vzlínání posypových solí do porézní struktury kamene.

Součástí práce byla analýza kvality ovzduší v Opavě a Ostravě. Pro získání potřebných informací byla primárně využita data ze stránek ČHMÚ. Další informace byly získány z webových stránek Statutárního města Opavy a Krajské hygienické stanice v Ostravě.

Moravskoslezský kraj pravidelně zaujímá prvenství nejvíce znečištěných krajů v České republice. Alarmující je především pravidelné překračování koncentrace imisních limitů pevných částic PM_{10} a $PM_{2,5}$. Jedná se především o aglomeraci Ostrava-Karviná-Frýdek-Místek. Od roku 1989 dochází ke snižování koncentrace PM_{10} a SO_2 v ovzduší. Napomáhá tomu změna paliv, především však změna politicko-ekonomické

situace. Dochází k rušení velkých průmyslových komplexů, které jsou významným zdrojem znečištění. V mnoha případech byly průmyslové závody přesunuty mimo území města. Svůj podíl na zlepšení kvality ovzduší má bezpochyby platná legislativa.

Už v 90. letech byl přijat zákon č. 309/1991 Sb., o ochraně před znečišťujícími látkami. Ten jako první definoval a zavedl emisní limity. Velmi důležitým aspektem uvedeným v **5. kapitole** je podíl automobilové dopravy při znečištění ovzduší v Opavě a Ostravě. Oxidy dusíku, které pocházejí z vysokoteplotních procesů ze spalovacích motorů, výrazně přispívají ke znečištění ovzduší. V případě konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie v Opavě se v její blízkosti nacházejí frekventované ulice Krnovská, Olomoucká, Olbrichova a Nádražní okruh. Tyto pozemní komunikace patří mezi významné dopravní uzly vedoucí z Opavy směrem na Olomouc, respektive Krnov. V případě kostela Panny Marie Královny v Mariánských Horách hraje významnou roli frekventovaná ulice 28. října. Jedna z variant zlepšení ovzduší ve městech je tedy odklon automobilové dopravy mimo centrum.

Navzdory všem ukazatelům znečištění ovzduší nepřekročil aktuální korozní úbytek přijatelnou hranici korozního úbytku. Doporučený návrh konzervace obou památek popsaný v **8. kapitole,** má především stabilizovat a zamezit další degradaci památek. Pro přesné určení některých degradačních činitelů by bylo zapotřebí provést důkladné laboratorní analýzy vlhkosti, nasákavosti, obsahu škodlivých solí, pórovitosti a minerálního složení materiálu. Je tedy příhodné v práci pokračovat a výzkum rozšířit. Kulturní památky jsou významným dokladem historického vývoje dané oblasti. Jako takové jsou přímými svědky historických dějů a významných osobností. Je proto nutné je chránit pro další generace a zamezit tak nevratné kulturní a společenské ztrátě.

Seznam použitých zdrojů a literatury

Monografie

ADAMEC, Vladimír. Doprava, zdraví a životní prostředí, Praha 2008.

ANTONÍN, Robert, ČAPSKÝ, Martin, JANÁK, Vratislav, KOUŘIL, Pavel, PRIX, Dalibor, JIRÁSEK, Zdeněk. Slezsko v dějinách českého státu I., Od pravěku do roku 1490, Praha 2012.

BAKALA, Jaroslav. Moravskoslezské pomezí v proměnách 13. věku, Brno 2002.

BAKALA, Jaroslav. Dějiny Ostravy, Ostrava 1993.

BARROS, Vincente. Globální změna klimatu, Praha 2006.

BÁRTA, Patrik. Čištění kovů, Brno 2016.

BEDNÁŘ, Jan, ZIKMUNDA, Otakar. Fyzika mezní vrstvy atmosféry, Praha 1985.

BECHNÝ, Jaroslav, KOUŘIL, Pavel, BAKALA, Jaroslav. a kol. Slezsko, Opava 1992.

BOGDAN, Henry. Řád německých rytířů, Praha 2009.

BRANIŠ, Martin, HŮNOVÁ, Iva. Atmosféra a klima. Aktuální otázky ochrany ovzduší, Praha 2009.

CIMALOVÁ, Libuše. Jan Grmela a rozvoj Mariánských hor v letech 1900–1906. in: Ostrava: sborník příspěvků k dějinám a výstavbě města. 7., Ostrava 1974.

ČECHOVÁ, Vladimíra. Geneze středověké Opavy a tržní sítě na Opavsku do konce 13. století, Ostrava 1970.

DOMASLOWSKI, Wieslaw. Preventive conservations of stone objects, Torun 2003.

GRŮZA, Antonín. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně historický průzkum V., Ostrava 2002.

JIŘÍK, Karel. Dějiny Ostravy, Ostrava 1993.

JUŘICA, Martin. Ostravské svatostánky, aneb, Kostely, kaple a modlitebny církví rozličných, Ostrava 2006.

KOPECKÁ, Ivana. Preventivní péče o historické objekty a sbírky v nich uložené, Praha 2002.

KOPECKÁ, Ivana, NEJEDLÝ, Vratislav. Průzkum historických materiálů: analytické metody pro restaurování a památkovou péči, Praha 2005.

Konzervování a restaurování kovů: ochrana předmětů kulturního dědictví z kovů a jejich slitin, Brno 2011.

KOUŘILOVÁ, Dana. Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie v Opavě: Standardní nedestruktivní stavebně historický průzkum III., Ostrava 2002.

KOTLÍK, Petr. Stavební materiály historických objektů: materiály, koroze, sanace, Praha 1999.

LEDERER OVÁ, Jaroslava. Biokorozní vlivy na stavební díla, Praha 2009.

MATOUŠEK, Jiří. Podnebí a člověk. Praha 1988.

MOLDAN, Bedřich. Životní prostředí: Globální perspektiva, Praha 1994.

MÜLLER, Karel, ŽÁČEK, Rudolf. a kol. Opava, Praha 2006.

NOVÁK, Petr. Korozní inženýrství, Praha 2002.

NOVOTNÝ, Jiří. Metodika: Dlouhodobá péče o sochařská díla a díla uměleckých řemesel v krajině, Praha 2015.

PLUHAŘ, Jaroslav. Nauka o materiálech, Praha 1989.

POSPÍŠIL, Jan. Dějiny stavby jubilejního chrámu Panny Marie v Mariánských Horách, Mariánské Hory 1908.

SKALÍK, Tomáš. Opavské sochy I. Historické centrum. Tiché dominanty veřejného prostoru: Opava 2012.

SLÁBOVÁ, Markéta. Tvorba a ochrana životního prostředí, České Budějovice 2006.

SLOUKA, Jan. Kámen: od horniny k soše, Praha 2007.

SPRANGER, Till, LORENZ GREGOR Ulrich. Manual on Methodologies and Critera for Modelling and Mapping Critical Loads a Levels and Air Pollution Effects, Risk and Trends, Berlin 2004.

SYMON, Karel. Znečištění ovzduší a zdraví, Praha 1988.

ŠOPÁK, Pavel. Opava: Konkatedrála Nanebevzetí Panny Marie, Velehrad 2000.

WASSERBAUER, Richard. Biologické znehodnocení staveb, Praha 2000.

VOJTĚCH, Dalibor. Kovové materiály, Praha 2006.

ZAPLETAL, Miloš. Atmosférická depozice acidifikačních činitelů na území České republiky, Opava 1997.

ZAPLETAL, Miloš, POLÁŠEK, Martin. Hodnocení přízemního ozonu ve vztahu k muzejním sbírkovým předmětům, lidské populaci a vegetaci, Opava 2015.

Z dějin města Opavy: metodický list k 750. výročí první zmínky o městě, Opava 1974.

Studie a články

BÁRTA, Jan, RATHOUSKÝ, Jiří. Z historie českých organokřemičitých konzervantů. in: Organokřemičitany v české památkové praxi, Praha 2008, s. 21–28.

DRDÁCKÝ, Miloš, SLÍŽKOVÁ, Zuzana, VALACH, Jaroslav. Vliv etylsilikátových zpevňovacích prostředků na chování a vlastnosti glaukonitického pískovce použitého na stavbu katedrály sv. Víta v Praze. in: Organokřemičitany v české památkové praxi, Praha 2008, s. 49–59.

FUKALA, Radek. Několik poznámek k počátkům reformace na Opavsku v letech 1524–1529, in: Opava: sborník k dějinám města. 2, Opava 2000, s. 27–30.

GRŮZA, Antonín. Opavská konkatedrála po požáru z roku 1698, in: Sborník Národního památkového ústavu v Ostravě, Ostrava 2003, s. 20–27.

KOTLÍK, Petr. Technologické možnosti čištění kamene. in: Zpravodaj STOP: časopis Společnosti pro technologie ochrany památek svazek 1, č. 3, Slaný 1999, s. 9–15.

KOTLÍKOVÁ, Olga. Povrchové úpravy kovů, Preventivní ochrana proti korozi, Praha 2007, s. 15–20.

KOTLÍKOVÁ, Olga. Povrchové úpravy kovů, Preventivní ochrana proti korozi, Praha 2011, s. 21–25.

NOVÁK, Petr. Korozní problémy kovových konstrukcí. in: Odborný seminář. Obnova kovových konstrukcí historických objektů, Praha 2007, s. 27–29.

PEŘICH, Leopold. Ke vzniku města Opavy, in: Slezský sborník: Acta Silesiaca. Ročník 52 (12) /1954, Opava 1954, s. 232–237.

ŠIGUT, František. Dějiny kostela Panny Marie a komendy Německého řádu v Opavě, in: Slezský sborník: Acta Silesiaca: Ročník 67 (4) /1969, Opava 1969, s. 476–489.

VOJTAL, Petr. K regotizaci proboštského chrámu Nanebevzetí Panny Marie v Opavě, in: Opava: sborník k dějinám města 1, Opava 1998, s. 109–116.

ZAPLETAL, Miloš. Návrh metodologie mapování zátěže znečištěným ovzduším na materiály kulturních a historických památek a vybraných muzejních sbírkových předmětů na území České republiky, in: Acta historica et museologica Universitatis Silesianae Opaviensis, Series C, 4, Opava 1999, s. 141–146.

ZAPLETAL, Miloš, DVOŘÁK, Filip. Mapování zátěže znečištěným ovzduším na vybrané objekty městského hřbitova v Opavě, in: Časopis Slezského zemského muzea, Série B, 66 1–2. Opava 2017, s.73–83.

Restaurátorské průzkumy a záměry

FUCHS, Miroslav. Opava. Konkatedrála Nanebevzetí P. Marie, opěrný pilíř, statické zajištění, Praha 2012.

VÍCH, Jan. Restaurátorský průzkum a záměr. Mariánský sloup na Náměstí Přemyslovců v Nymburce, 2007.

WERKMANN, Ladislav. Vyhodnocení stavu soklové partie kostela Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských horách a návrh opatření, Olomouc 2002.

WERKMANN, Ladislav. Zpráva o restaurování sochařské výzdoby štítů a štukové výzdoby průčelí, Olomouc 2003.

Ústní sdělení

Ústní sdělení MgA. Tomáše Skalíka (restaurátora, Radkov 180, 747 84) dne 27.2.2020.

Úřední dokumenty

BÍNOVÁ-FIDRICHOVÁ, Šárka. Doporučení Státního památkové ústavu, č. j. SPÚ/2334/BFI/Ku, Ostrava 2000.

ŠŤOVÍČKOVÁ, Dagmar. Ústřední doporučení Národního památkového ústavu č. j. NPÚ-302/2831/2008, Praha 2008.

ŠŤOVÍČKOVÁ, Dagmar. Vyhodnocení Národního památkového ústavu v Programu záchrany architektonického dědictví za rok 2005, Praha 2005.

ŠŤOVÍČKOVÁ, Dagmar. Vyhodnocení Národního památkového ústavu v Programu záchrany architektonického dědictví za rok 2009, Praha 2009.

Internetové zdroje

Arsen

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2016_enh/pollution_hdqy/CZOS_BZN_CZ.html

Benzen

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2016_enh/pollution_hdqy/CZTOS_BZN_CZ.html

Benzo(a)pyren

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV2_BaP_CZ.html

Evidenční karta konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie

Památkový katalog. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/kostel-nanebevzeti-p-marie-12645602.

Evidenční karta kostela Panny Marie Královny

Památkový katalog. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/kostel-panny-marie-kralovny-13231018.

Evropská legislativa

Směrnice Evropského parlamentu a Rady Evropské unie 2008/50/ES. [online]. [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32008L0050

Český hydrometeorologický ústav.

Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 26.06.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/

Geologický popis pískovce

Geologická encyklopedie. [online]. [cit. 09.06.2019]. Dostupné z: http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?piskovec

Grafická ročenka.

Portál ČHMÚ: Český hydrometeorologický ústav. [online]. [cit. 18.01.2020]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV4_O3_CZ.htm

Hodnocení emisí v Ostravě

Hodnocení a výskyt emisí v Ostravě. [online] [cit. 09.06.2019]. Dostupné z: https://www.ostrava.cz/cs/o-meste/zivotni-prostredi/ovzdusi/stav-kvality-ovzdusi/emise

Imisní limity SO_2, NO_2 a O_3 k roku 2019

Portál Českého hydrometeorologického ústavu: [online] [cit. 21.01.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2017_enh/pdf/limity_CZ.pdf

Kadmium

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV6_TK_CZ.html

Koncentrace oxidu siřičitého v Opavě

Koncentrace oxidu siřičitého v Opavě. [online]. [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: http://op4u.cz/old/old.opava-city.cz/scripts/detailbb9c.html?id=40027

Koncentrace oxidu dusičitého v Opavě

Koncentrace oxidu dusičitého v Opavě. Kvalita ovzduší na území města.Statutární město Opava. [online] [cit. 02.09.2019]. Dostupné z: https://www.opava-city.cz/cs/kvalita-ovzdusi-na-uzemi-mesta.

Kyselý déšť

Ministerstvo životního prostředí. [online]. [cit. 29.09.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/web/edice.nsf/DC21A4C7F0AFAD0AC1257081001AA6B7/$file/planeta_web.pdf

Legislativa Ministerstva životního prostředí

Legislativa a metodické pokyny. [online]. [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_ovzdusi

Katastr nemovitostí

Nahlížení do katastru nemovitostí. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=0Zr7%20iYnsGVtp0h6r8ZimT_gMZZfZHIa6xwRXgelyk71DBlJYupoTo_SC9W5vYTXdWVDxWbn9g6xhtnOkRz4eJzPAt6bZy0WMrhEmmE5bt0

Městská památková zóna Opava

Opava. Památkový katalog. [online] [cit. 19.02.2020]. Dostupné z: https://pamatkovykatalog.cz/pravni-ochrana/opava-84600

Oxid dusičitý

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/2017_enh/pollution_locality/mp_TOCBA_CZ.html

Oxidy dusíku

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html

Oxid siřičitý

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html

Oxid uhelnatý

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/IV8_CO_CZ.html

Stanice na pozadí Červená hora

ISKO. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TCER_CZ.html

Stanice na pozadí Opava-Kateřinky

ISKO. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOVK_CZ.html

Stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy

ISKO. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/locality/pollution_locality/loc_TOFF_CZ.html

Přízemní ozon

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html

Suspendované pevné částice

Portál ČHMÚ: [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 25.03.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/17groc/gr17cz/V3_OKFM_CZ.html

Struktura pískovce

Vlastnosti pískovce. [online] [cit. 09.06. 2019]. Dostupné z: https://www.lidova-architektura.cz/architektura-historie/stavby-material/piskovec-vlastnosti.htm

Zákony a nařízení

Zákon č. 89/2017 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 73/2012 Sb., o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu. [online] [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument

Zákon č. 172/2018 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. [online]. [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument

Zákon č. 201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší. [online]. [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument

Zákon č. 369/2016 Sb. Zákon, kterým se mění zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů. [online] [cit. 21.07.2019]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/%24%24OpenDominoDocument.xsp?documentId=9F4906381B38F7F6C1257A94002EC4A0&action=openDocument

Znečištění ovzduší v Moravskoslezském kraji

Zdroje znečištění ovzduší v Moravskoslezském kraji. [online]. [cit. 03.09.2019]. Dostupné z: https://www.ocelarskaunie.cz/zdroje-znecisteni-ovzdusi-v-moravskoslezskem-kraji/

Zdroje znečišťovatelů ovzduší v Opavě. EMIS. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 21.01.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/opava_CZ.html

Zdroje znečišťovatelů ovzduší v Ostravě. EMIS. Portál ČHMÚ: [online]. [cit. 21.01.2019]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/plants/opava_CZ.html

Znečištění venkovního ovzduší prachem v Ostravě. Krajská hygienická stanice. [online]. [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://www.khsova.cz/obcanum/detail/540

Znečištění ovzduší benzenem v Ostravě. [online] [cit. 28.07.2019]. Dostupné z: http://zdravaova.cz/wp-content/uploads/2017/10/znecisteni-ovzdusi-benzenem-na-uzemi-mesta-ostravy-v-letech-1999-2007.pdf

Seznam tabulek

- Tabulka 1. Údaje o emisních zdrojích v Opavě (Rezzo 1–4).
- Tabulka 2. Údaje o emisních zdrojích v Ostravě (Rezzo 1–4).
- Tabulka 3. Roční koncentrace SO_2 ze stanice na pozadí Ostrava Fifejdy (µg/m^3).
- Tabulka 4. Koncentrace SO_2 ze stanic na pozadí Opava-Kateřinky a Červené hory za roky 2010–2017 (µg/m^3).
- Tabulka 5. Porovnání koncentrace SO_2 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 (µg/m^3).
- Tabulka.6. Roční koncentrace NO_X ze stanice na pozadí v Ostravě-Fifejdách (µg/m^3).
- Tabulka 7. Roční koncentrace NO_X ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky (µg/m^3).
- Tabulka 8. Porovnání koncentrace NOx v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017(µg/m^3).
- Tabulka 9. Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy (µg/m^3).
- Tabulka 10. Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky (µg/m^3).
- Tabulka 11. Porovnání koncentrace O_3 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 (µg/m^3).
- Tabulka 12. Roční průměrná vlhkost vzduchu (%), průměrná teplota (°C), roční úhrn srážek (mm) a roční průměrné pH srážek.
- Tabulka 13. Přijatelný a pozaďový korozní úbytek pro Opavu a Ostravu.
- Tabulka 14. Aktuální korozní úbytek pískovce v Opavě (gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 15. Aktuální korozní úbytek pískovce v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 16. Porovnání aktuálního korozního úbytku v Opavě a Ostrava za roky 2010–2017(gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 17. Aktuální korozní úbytek vápence v Opavě (gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 18. Aktuální korozní úbytek vápence v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).

- Tabulka. 19. Porovnání aktuálního korozního úbytku vápence v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017(gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 20. Aktuální korozní úbytek oceli v Opavě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 21. Aktuální korozní úbytek oceli v Ostravě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 22. Porovnání aktuálního korozního úbytku oceli v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017(gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 23. Aktuální korozní úbytek mědi v Opavě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 24. Aktuální korozní úbytek mědi v Ostravě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 25. Porovnání aktuálního korozního úbytku mědi v Ostravě a Opavě za roky 2010–2017 (gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 26. Aktuální korozní úbytek zinku v Opavě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 27. Aktuální korozní úbytek zinku v Ostravě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 28. Porovnání aktuálního korozního úbytku zinku v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Tabulka 29. Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli v Opavě (gm^2 $rok^{-1.}$).
- Tabulka 30. Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli v Opavě za roky (gm^2 $rok^{-1.}$).

Seznam použitých zkratek

- CDV – Centrum dopravního výzkumu
- CO – Oxid uhelnatý
- CH_4 – Methan
- ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav
- EDS – Elektronově disperzní spektrometr
- EU – Evropská unie
- H_2S – Sulfan
- H_2SO_4 – Kyselina sírová
- ISKO – Informační systém kvality ovzduší
- NH_4 – Amonium
- NO – Oxid dusnatý
- NO_x – Oxidu dusíku

- NO_2 – Oxid dusičitý
- N_20 – Oxid dusný
- O_3 – Přízemní ozon
- PM_{10}, $PM_{2,5}$ – Pevné částice
- REZZO – Registr emisí a zdrojů znečištění
- RTG analýza – Rentgenová analýza
- SEM – Skenovací elektronový mikroskop
- SO_2 – Oxid siřičitý
- SO_3 – Oxid sírový

Seznam příloh

- Obrázek 1. Lokalizace chrámu konkatedrály Nanebevzetí Panny Marie v Opavě.
- Obrázek 2. Lokalizace kostela Panny Marie Královny v Ostravě-Mariánských Horách.
- Obrázek 3 Měřící stanice na pozadí v lokalitě Opava-Kateřinky.
- Obrázek 4. Měřící stanice na pozadí v lokalitě Ostrava-Fifejdy.
- Obrázek 5. Koncentrace SO_2 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy($\mu g/m^3$).
- Obrázek 6. Koncentrace SO_2 ze stanic na pozadí Opava-Kateřinky a Červená hora ($\mu g/m^3$).
- Obrázek 7. Porovnání koncentrace SO_2 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017($\mu g/m^3$).
- Obrázek 8. Koncentrace NO_x ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$).
- Obrázek 9. Koncentrace NO_x ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky($\mu g/m^3$).
- Obrázek 10. Porovnání koncentrace NO_x v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 ($\mu g/m^3$).
- Obrázek 11. Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Ostrava-Fifejdy ($\mu g/m^3$).
- Obrázek 12. Koncentrace O_3 ze stanice na pozadí Opava-Kateřinky ($\mu g/m^3$).
- Obrázek 13. Porovnání koncentrace O_3 v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017($\mu g/m^3$).
- Obrázek 14. Průměrná vlhkost vzduchu naměřená ve stanici Ostrava-Mošnov (%).

- Obrázek 15. Průměrná teplota vzduchu naměřená ve stanici Ostrava-Mošnov (°C).
- Obrázek 16. Průměrný úhrn srážek naměřený ve stanici Ostrava-Mošnov (mm).
- Obrázek 17. Průměrné pH srážek naměřené ve stanici Frýdek-Místek.
- Obrázek 18. Aktuální korozní úbytek pískovce v Opavě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 19. Aktuální korozní úbytek pískovce v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 20. Porovnání aktuálního korozního úbytku pískovce v Opavě a Ostravě za roky 2010–2017 (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 21. Aktuální korozní úbytek vápence v Opavě (gm^2 rok^{-1}.).
- Obrázek 22. Aktuální korozní úbytek vápence v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 23. Porovnání aktuálního korozního úbytku vápence v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 24. Aktuální korozní úbytek oceli v Opavě (gm^2 rok^{1}).
- Obrázek 25. Aktuální korozní úbytek oceli v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 26. Porovnání aktuálního korozního úbytku oceli v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 27. Aktuální korozní úbytek mědi v Opavě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 28. Aktuální korozní úbytek mědi v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 29. Porovnání aktuálního korozního úbytku mědi v Ostravě a Opavě za (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 30. Aktuální korozní úbytek zinku v Opavě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 31. Aktuální korozní úbytek zinku v Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 32. Porovnání aktuálního korozního úbytku zinku v Opavě a Ostravě (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 33. Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 34. Aktuální korozní úbytek vápence, pískovce, zinku, mědi a oceli (gm^2 rok^{-1}).
- Obrázek 35. Degradace pískovcového soklu nároží západní předsíně (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 36. Degradace pískovcového soklu nároží západní předsíně (foto David Witoš 2019.)

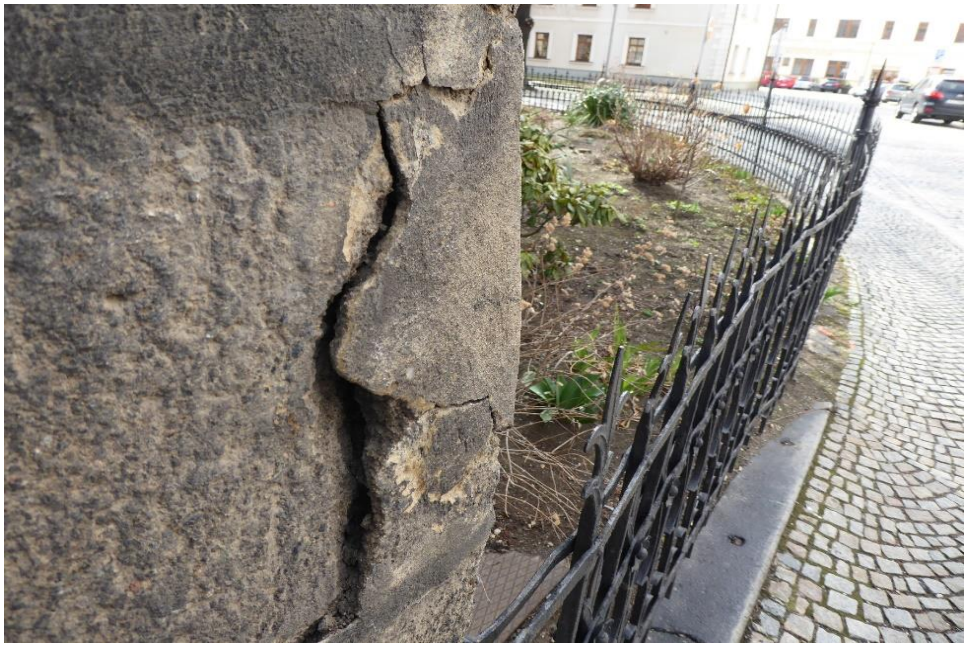
- Obrázek 37. Poškození pískovcového kladí na jižní straně západní předsíně (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 38. Poškození pískovcových kružeb neogotického okna severní věže černou krustou a zčásti ptačím trusem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 39. Silikátová černá krusta ostění na tympanonu pískovcového portálu u vstupu do jižní věže (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 40. Černé krusty pískovcových prvků ostění vchodu do jižní předsíně a části opěráků (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 41. Biologické napadení profilované pískovcové soklové římsy na jižním nároží kaple sv. Anny lišejníkem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 42. Napadení krycích desek jihovýchodních opěráků kaple sv. Anny, s armováním pískovcovými deskami lišejníkem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 43. Napadení kamenných a cihelných prvků pláště na severním opěráku mechem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 44. Parapet zazděného okenního otvoru na severní straně pokrytý zelenou vrstvou řas (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 45. Korunní římsa na východní straně kaple Panny Marie Bolestné pokrytá vrstvou řas, římsa a dělící štít pokrytý černou vrstvou sádrovcové krusty (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 46. Sádrovcová krusta na krycí desce severozápadního opěráku severní věže (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 47. Poškození parapetu kaple sv. Anny v důsledku lidského faktoru (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 48. Zelený povlak řas na opěrácích bočních kaplí sv. Anny, sakristie a kaple Panny Marie Lurdské (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 49. Znečištění cihelného pláště ptactvem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 50. Znečištění měděných plechů a střešní krytiny kaple sv. Anny ptačím trusem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 51. Kombinace biologické a fyzikální koroze na pískovcové římse severního průčelí (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 52. Pohled na hlavní průčelí kostela Panny Marie Královny v Mariánských Horách (foto David Witoš 2019).

- Obrázek 53. Sousoší adorujících andělů nad rizalitem jihozápadního průčelí pokryté černou krustou (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 54. Koroze měděného plechu na makovici severní věže (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 55. Degradace části omítky v severním průčelí (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 56. Biologické napadení pískovcového soklu řasami (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 57. Biologické napadení ptačím trusem na soklové římse severního průčelí (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 58. Detail ptačího hnízda (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 59. Dekorativní vrcholová váza na štítu jižního průčelí se stopami biologického napadení a pokrytá bílou krustou (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 60. Dekorativní vrcholová váza na štítu západního průčelí pokrytá bílou krustou (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 61. Ukázka vandalismu na východním průčelí kostela, včetně degradace schodišťových stupňů (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 62. Degradace schodišťových stupňů (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 63. Trhliny na obloukové římse v závěru presbytáře (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 64. Biologické napadení soklu jižní stěny lišejníkem (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 65. Biologické napadení jižní stěny povlakem řas (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 66. Biologické napadení soklu jižní stěny povlakem řas a fyzická degradace omítkových vrstev (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 67. Poničení jižní fasády chrámu způsobené lidskou činností (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 68. Uměle vysprávky na dekorativní výzdobě hlavního průčelí (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 69. Příklad koroze okenních příček (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 70. Detail koroze okenních výplní (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 71. Koroze kování dveřní výplně (foto David Witoš 2019)

- Obrázek 72. Zkorodovaná část odtokového kolena svodu (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 73. Zkumavka se vzorkem potvrzující přítomnost chloridů v odebraném vzorku z pískovce (foto David Witoš 2019).
- Obrázek 74. Zkumavka se vzorkem nepotvrzující přítomnost síranů v odebraném vzorku z pískovce foto (David Witoš 2019).

Obrazová příloha

Obrázek 35. *Degradace pískovcového soklu nároží západní předsíně (foto David Witoš 2019).*



Obrázek 36. *Degradace pískovcového soklu nároží západní předsíně (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 37. *Poškození pískovcového kladí na jižní straně západní předsíně (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 38. *Poškození pískovcových kružeb neogotického okna severní věže černou krustou a zčásti ptačím trusem (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 39. *Silikátová černá krusta ostění na tympanonu pískovcového portálu u vstupu do jižní věže (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 40. *Černé krusty pískovcových prvků ostění vchodu do jižní předsíně a části opěráků (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 41. *Biologické napadení profilované pískovcové soklové římsy na jižním nároží kaple sv. Anny lišejníkem (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 42. *Napadení krycích desek jihovýchodních opěráků kaple sv. Anny lišejníkem (foto David Witoš 2019).*

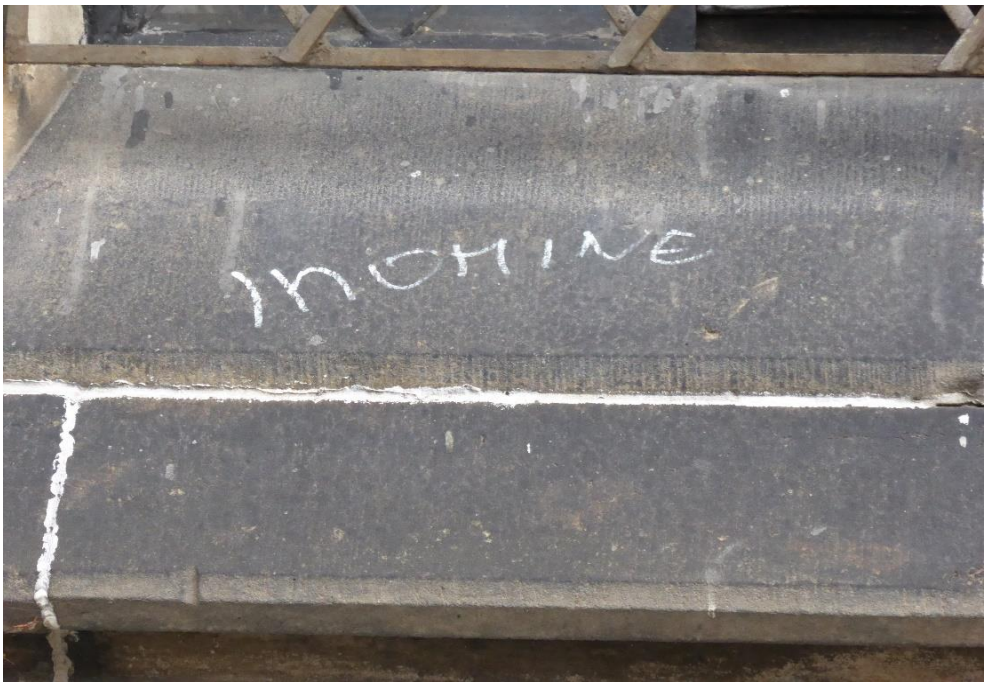
Obrázek 43. *Napadení kamenných a cihelných prvků pláště na severním opěráku mechem (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 44. *Parapet zazděného okenního otvoru na severní straně pokrytý zelenou vrstvou řas (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 45. *Korunní římsa na východní straně kaple Panny Marie Bolestné pokrytá vrstvou řas. Římsa a dělící štít pokrytý černou vrstvou sádrovcové krusty (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 46. *Sádrovcová krusta na krycí desce severozápadního opěráku severní věže (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 47. *Poškození parapetu kaple sv. Anny v důsledku lidského faktoru (foto David Witoš 2019).*



Obrázek 48. *Zelený povlak řas na opěrácích bočních kaplí sv. Anny, sakristie a kaple Panny Marie Lurdské (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 49. *Znečištění cihelného pláště ptactvem (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 50. *Znečištění měděných plechů a střešní krytiny kaple sv. Anny ptačím trusem (foto David Witoš 2019.*

Obrázek 51. *Kombinace biologické a fyzikální koroze na pískovcové římse severního průčelí (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 52. *Pohled na hlavní průčelí kostela Panny Marie Královny v Mariánských Horách (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 53. *Sousoší adorujících andělů nad rizalitem jihozápadního průčelí pokryté černou sádrovcovou krustou (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 54. *Koroze měděného plechu na makovici severní věže (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 55. *Degradace části omítky v severním průčelí (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 56. *Biologické napadení pískovcového soklu řasami (foto David Witoš 2019)***.**

Obrázek 57. *Biologické napadení ptačím trusem na soklové římse severního průčelí (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 58. *Detail ptačího hnízda (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 59. *Dekorativní vrcholová váza na štítu jižního průčelí se stopami biologického napadení pokrytá bílou krustou (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 60. *Dekorativní vrcholová váza na štítu západního průčelí pokrytá bílou krustou (foto David Witoš 2019).*

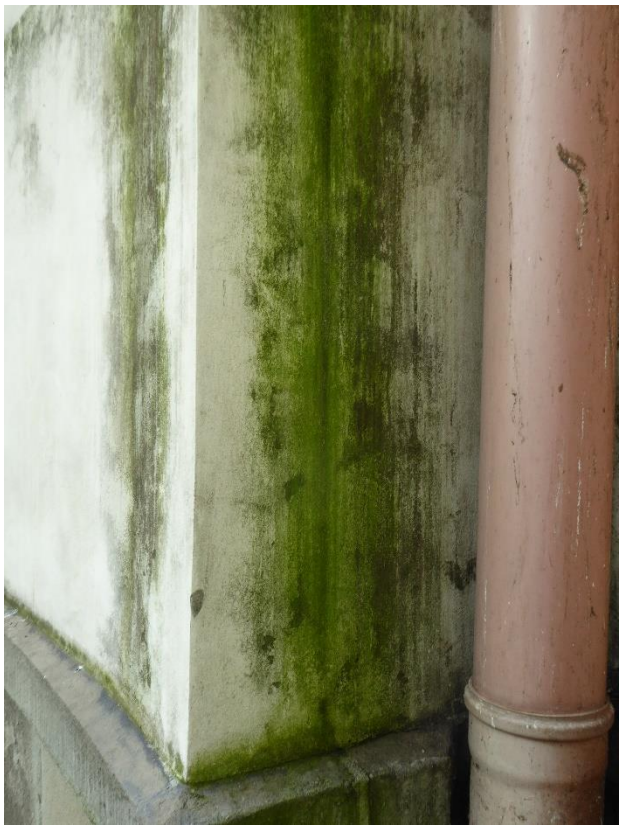
Obrázek 61. *Ukázka vandalismu na východním průčelí kostela včetně degradace schodišťových stupňů (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 62. *Degradace schodišťových stupňů (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 63. *Trhliny na obloukové římse v závěru presbytáře (foto David Witoš 2019).*

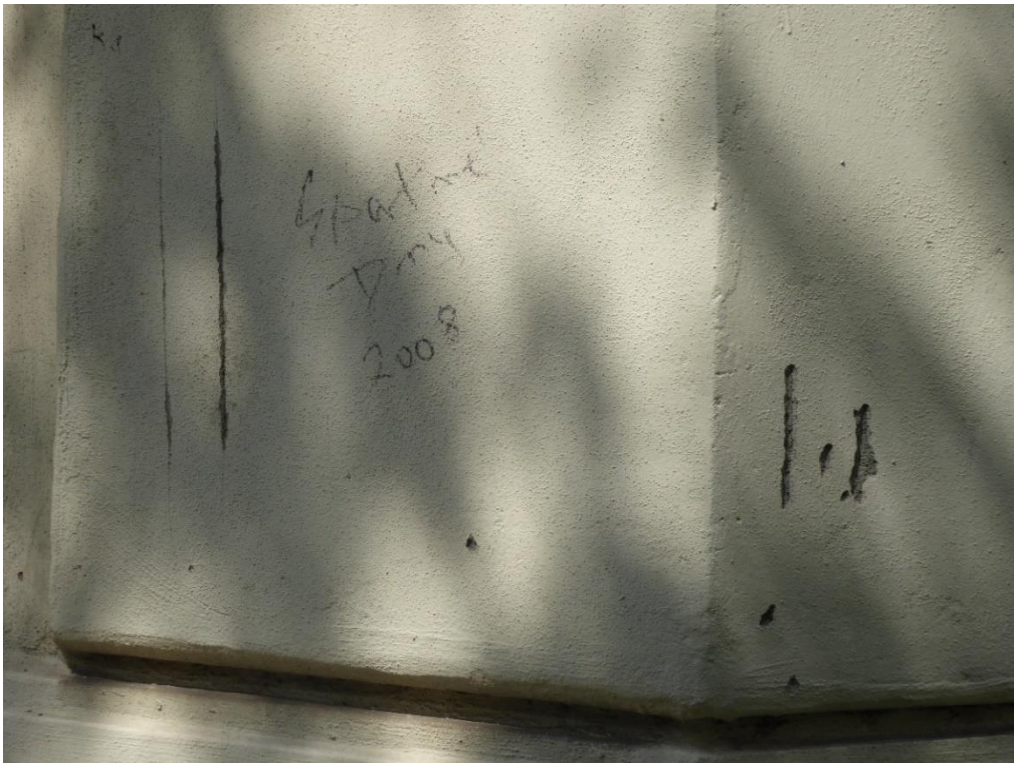
Obrázek 64. *Biologické napadení soklu jižní stěny lišejníkem (foto David Witoš 2019)***.**

Obrázek 65. *Biologické napadení jižní stěny povlakem řas (foto David Witoš 2019).*



Obrázek 66. *Biologické napadení soklu jižní stěny povlakem řas a fyzická degradace omítkových vrstev (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 67. *Poničení jižní fasády chrámu způsobené lidskou činností (foto David Witoš 2019).*



Obrázek 68. *Uměle vysprávky na dekorativní výzdobě hlavního průčelí (foto David Witoš 2019).*

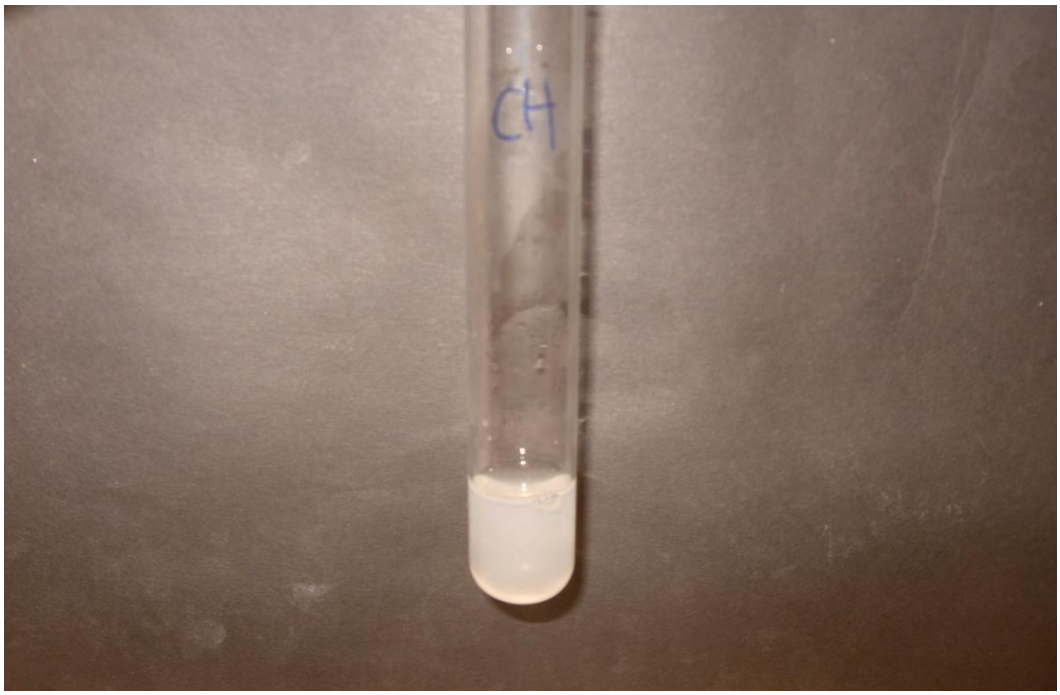
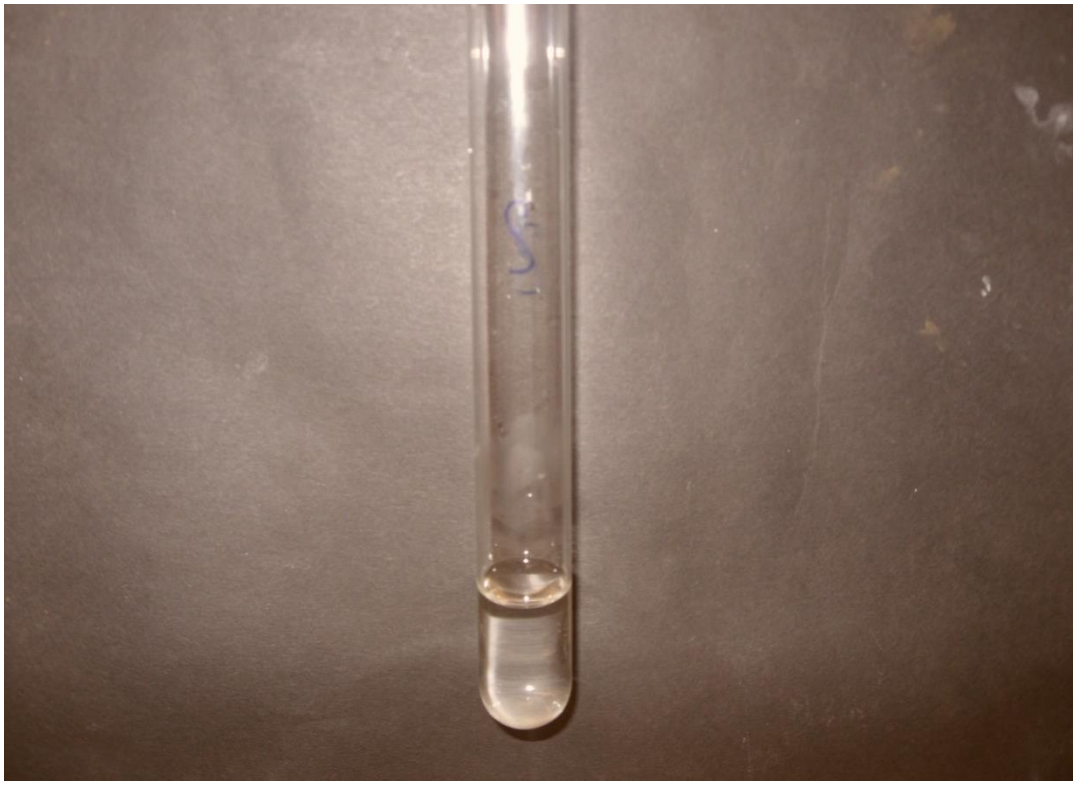
Obrázek 69. *Příklad koroze okenních příček (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 70. *Detail koroze okenních výplní (foto David Witoš 2019)***.**

Obrázek 71. *Koroze kování dveřní výplně (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 72. *Zkorodovaná část odtokového kolena svodu (foto David Witoš 2019).*

Obrázek 73. *Zkumavka se vzorkem potvrzující přítomnost chloridů v odebraném vzorku z pískovce (foto David Witoš 2019).*



Obrázek 74. *Zkumavka se vzorkem nepotvrzující přítomnost síranů v odebraném vzorku z pískovce (foto David Witoš 2019).*