

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**BAKALÁŘSKÁ
PRÁCE**

2023

**JOZEF
JAKUBJÁK**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

**Využitie dronov pre špecifikáciu
protikorózneho ochrany ocelových
konštrukcií**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

AUTOR: Jozef Jakubják

VEDÚCI PRACE: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

ŠTUDIJNÝ PROGRAM: B 2342 Teoretický základ strojního inženýrství

ŠTUDIJNÝ ODBOR: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Praha 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Jakubják** Jméno: **Jozef** Osobní číslo: **501291**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojírenského inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Využití dronů pro inspekci protikorozi ochrany ocelových konstrukcí

Název bakalářské práce anglicky:

Use of drones for corrosion protection inspection of steel structures

Pokyny pro vypracování:

- 1) Koroze a protikorozi ochrana ocelových konstrukcí
- 2) Kontrola nátěrových systémů
- 3) Možnosti využití dronů pro inspekci protikorozi ochrany
- 4) Technicko - ekonomické zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Jan Kudláček, Ph.D. ústav strojírenské technologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **26.04.2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **11.08.2023**

Platnost zadání bakalářské práce: **31.12.2023**

Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prehlásenie

Týmto prehlasujem, že som svoju diplomovú prácu vypracoval samostatne pod vedením Ing. Jana Kudláčka, Ph.D., a to iba pomocou podkladov uvedených v zozname použitej literatúry v súlade s Metodickým pokynom o dodržiavaní etických princípov pri príprave vysokoškolských záverečných prác, vydaným ČVUT v Prahe 1. 7. 2009.

Nemám závažný dôvod proti použitiu tohto školského diela v zmysle § 60 Zákona č.121/2000 Zb., o práve autorskom, o právach súvisiacich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon).

V Prahe dňa:

.....

Podpis autora

Pod'akovanie

Týmto by som chcel poďakovať vedúcemu bakalárskej práce pánovi Ing. Janu Kudláčkovi, Ph.D za odborné vedenie, poskytnutie literatúry, pomoc, rady a informácie dôležité k vypracovaniu tejto bakalárskej práce. Ďalej by som chcel poďakovať firme Proficolor ,ktorá mi poskytla prostriedky a údaje o konkrétnych projektoch opísaných v tejto práci.

Anotácia

Cieľom tejto práce je priblížiť problém korózneho napadnutia na ocelových konštrukciách. Zaoberá sa príčinami vzniku vad na konštrukciách a možnými opatreniami pre ich zamedzenie. Ďalej sa zaoberá platnými technologickými predpismi ,na základe ktorých je protikorózna ochrana v rôznych korózných prostrediach vykonávaná. Rieši problematiku dostupnosti vizuálnej kontroly k miestam poškodenia na OK. Výsledkom experimentálnej časti je realizácia inšpekcie pomocou dronu na troch mostných konštrukciách. Predstavenie tejto novej novej alternatívy vykonávania kontroly a jej porovnanie s doposiaľ využívanými metódami.

Názov diplomovej práce:Využitie dronov pre špecifikáciu protikorózneho ochrany ocelových konštrukcií

Autor práce: Jozef Jakubják

Vedúci práce: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.

Akademický rok: 2022/23

Vysoká škola: ČVUT v Praze, Fakulta strojní

Ústav: 12133 – Ústav strojírenské technologie

Vedúci ústavu: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.,IWE

Rozsah práce: 74 stránok, 2 tabulky, 63 obrázkov

Kľúčové slová: korózia, protikorózna ochrana, ocelové konštrukcie, vady ochranných systémov, kontrola náterových systémov, drony

Annotation

The aim of this thesis is to present the problem of corrosion attack on steel structures. It deals with the causes of defects on structures and possible measures that need to be taken to prevent them. It also deals with valid technological regulations thanks to which corrosion protection is carried out in many corrosive environments. The thesis addresses the issue of accessibility of visual inspection to defected places on steel structure. The experimental part results in the implementation of drone inspection on three bridge structures. It presents a new possible alternative of inspection implementation and compares methods used so far.

Title of the final thesis: Use of drones for corrosion protection inspection of steel structures

Author: Jozef Jakubják
Supervisor: Ing. Jan Kudláček, Ph.D.
Academic year: 2022/23
University: CTU in Prague, Faculty of Mechanical Engineering
Department: 12133 – Department of Manufacturing Technology
Head of department: doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.,IWE
Extent: 74 pages, 2 tables, 63 pictures
Keywords: corrosion, corrosion protection, steel constructions, coating defects, control of coating systems ,drones

Obsah

Zoznam skratiek	12
1. Úvod a cieľ práce	14
2. Definícia korózie	14
2.1 Rozdelenie korózie	15
2.1.1 Elektrochemická korózia	15
Galvanická korózia	16
2.1.2 Chemická korózia	16
Pasivita pri kovoch	17
2.2 Formy Korózie	18
2.2.1 Rovnomerná korózia	18
2.2.2 Nerovnomerná korózia	18
Bodová korózia	19
Štrbinová korózia	20
Škvrnitá a Jamková korózia	20
Medzikryštalická korózia	21
Ostatné typy nerovnomernej korózie	21
2.2.3 Iné typy korózie	21
2.3 Činitele ovplyvňujúce koróziu	22
3. Typy korózneho prostredia	23
3.1 Korózia na vnútorných konštrukciách	23
3.2 Korózia na vonkajších konštrukciách	23
4. Korózna agresivita atmosféry	24
4.1 Pásma korózneho agresivity na území ČR	26
5. Protikorózna ochrana ocelových konštrukcií	27
5.1 Predpisy pre realizáciu PKO na OK	28

5.2 Používané systémy PKO na OK súčasnosti.....	30
5.2.1 Mechanické predúpravy povrchov.....	30
5.2.3 Chemické predúpravy povrchov.....	31
5.2.4 Kovové povlaky.....	31
5.2.5 Organické povlaky.....	32
6. Špecifické vady PKO na OK.....	33
7. Kontrola náterových systémov.....	39
7.1 Pri realizácii PKO	39
7.2 V rámci údržby.....	39
7.3 Vizúálna kontrola	40
8. Drony.....	42
8.1 Rozdelenie dronov	42
8.2 Výhody dronov	43
8.3 Nevýhody dronov	43
8.4 Nutné požiadavky k povoleniu lietania s dronmi	44
8.5 Pásma možného lietania s dronmi.....	44
8.6 Vhodný variant dronu určeného pre špecifikáciu PKO na OK Elios 3.....	46
8.7 Nami používaný dron Dji Mavic Air 2.....	47
EXPERIMENTÁLNA ČASŤ.....	49
9. Analýza novej dostupnosti na zvolených príkladoch OK.....	49
9.1 Most Vysočina.....	49
9.2 Most pod Vyšehradom	53
9.3 Most Lovosice.....	58
10. Technicko-ekonomické zhodnotenie.....	63
11. ZÁVER.....	65
Bibliografia.....	66
Zoznam tabuliek.....	66

Zoznam obrázkov.....	72
Prílohy	75

Zoznam skratiek

PKO	protikorózna ochrana
OK	ocelová konštrukcia
NS	náterový systém
NH	náterová hmota
TKP	technicko-kvalitatívne podmienky
TePr.	technologický predpis
ZDS	zadávacía dokumentácia stavby
ČEPS	Český energetický a průmyslový standard
SŽ	Správa železnic
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
OPS	ochranný povlakový systém
ČSN	Česká technická norma
EN	Európska technická norma
ISO -International Organization for Standardization	medzinárodná organizácia pre štandardizáciu
ONS	ochranný náterový systém
TP	technický predpis
TN	technická norma
STN	Slovenská technická norma
PK	priama kontrola
NK	nepriama kontrola
ÚCL	Úrad Civilného letectva
ATZ - Aerodrome Traffic Zone	letisková prevádzková zóna

FPV -First person view	pohľad z prvej osoby
EASA -European Union Aviation Safety Agency	Európska agentúra pre bezpečnosť letectva
FL -Flight level	výšková úroveň letu
ATC - Air Traffic Control	riadenie letovej prevádzky
GPS -Global positioning system	globálny systém určovania polohy
CAD -Computer Aided Design	počítačom podporovaný návrh

1. Úvod a cieľ práce

Protikorózna ochrana ocelových konštrukcii je veľmi dôležitá z hľadiska správneho fungovania technologických zariadení. Ide o snahu dosiahnuť čo najlepšiu životnosť v boji s koróziou, no predovšetkým nutnosť zabezpečenia správneho a bezpečného chodu konštrukcie využívanej človekom. Táto práca sa primárne venuje problematike korózie a jej možným podobám na mostných konštrukciách v ČR. V úvode je zhrnutý popis korózie a jej rozdelenie. Ďalej sa zaoberá druhmi korózneho prostredia, ich lokáciou na území ČR, predpismi protikorózneho ochrany, používanými systémami PKO, najčastejšie používanými metódami predúprav povrchov aplikovaných na mostných konštrukciách. Tiež sa venuje kontrolám náterových systémov, ich spôsobom a možnostiam. Následne je predstavená pomerne nová alternatíva vizuálnej kontroly pomocou využitia dronov pre špecifikáciu PKO.

2. Definícia korózie

Korózia, tzv. pomalá oxidácia, je znehodnocovanie a samovolná zmena materiálu, ku ktorej dochádza pri chemickom alebo fyzikálne chemickom vzájomnom pôsobení okolitého prostredia a pozorovaného materiálu. Predstavuje tiež premenu kovu na zlúčeninu železa, kyslíka a uhlíka vzniknutú vplyvom aniónov z prostredia, ktorému je kov



Obrázok 1: Korózia konštrukcie [38]

neustále vystavovaný. Tento deštruktívny proces kryštalickej mriežky sa prejavuje najmä na povrchovej vrstve materiálu a to na rozhraní povrchu a prostredia. Proces je pozorovaný na základe zmien štruktúry, vzhľadu, pevnosti a rozmerovo-hmotnostných úbytkov materiálu. Dôsledkom korózie dochádza k porušovaniu integrity materiálu, čo výrazne ovplyvňuje spoľahlivosť v prevádzke, bezpečnosť, funkčnosť a ekonomiku prevádzky technologických

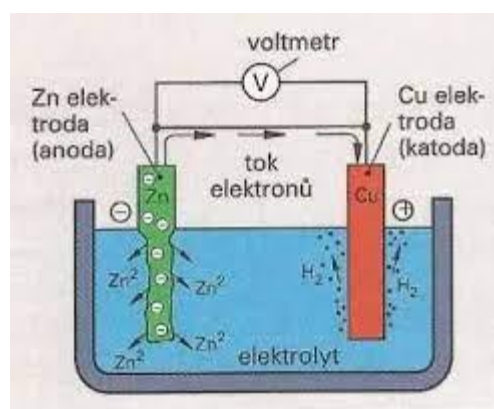
zariadení. Korózia preto patrí medzi závažné problémy pri realizácii ocelových konštrukcií a je nutné sa ňou zaoberať. [1] [2] [3] [4]

2.1 Rozdelenie korózie

Korózia má pomerne veľké množstvo druhov a kritérií, podľa ktorých ju možno hodnotiť. V rôznych literatúrach sa však najčastejšie vyskytuje rozdelenie z hľadiska typu korózneho napadnutia (rovnomerná, nerovnomerná), z hľadiska charakteru korózných dejov (chemická, elektrochemická) a podľa reakčného prostredia. V tejto práci sú predstavené najmä tie, ktoré sa vyskytujú na ocelových konštrukciách mostov najčastejšie. [2] [3]

2.1.1 Elektrochemická korózia

Celý proces reakcie prebieha v elektrolytoch (elektricky vodivé prostredie), akým je napríklad voda, pôda a atmosféra. Dej je zapríčinený vznikom galvanických alebo koncentračných článkov. Pri tomto procese dochádza k prenosu elektrickej energie na väčšiu vzdialenosť aká je medzi atómami. Jedným z najdôležitejších vnútorných faktorov ovplyvňujúcich reakciu je postavenie daného kovu v periodickej sústave prvkov. Ďalej stav povrchu kovu a jeho štruktúra. Za vonkajšie faktory možno považovať hodnotu pH prostredia, obsah inhibítorov, teplotu a tlak. Korózna reakcia sa delí na oxidáciu kovu (anodická reakcia) a redukciu (katodická reakcia). Anodická reakcia vzniká, keď prechádza záporný náboj na náboj kladný alebo z roztoku do elektródy a kation z elektródy do roztoku. Naopak pri reakcii katodickej prebieha redukcia záporným nábojom, ktorý prechádza na ión z kovu elektródy. [5] [6] [7]



Obrázok 2: Korózia v elektrolyte [39]

Galvanická korózia

Tento typ korózie môže byť označovaný aj ako bimetalická či elektrolytická korózia. Najčastejšie sa vyskytuje pri vonkajších konštrukciách. Ide o elektrochemický jav tvorby hrdze z dôvodu vzájomného pôsobenia rôznych kovov. Vzniká za predpokladu, že 2 alebo viac rôznych kovov je prepojených elektricky vodivým roztokom. V mnohých prípadoch je dostačujúca samotná vlhkosť či voda. V takto neizolovaných kovoch sa v



Obrázok 3: Šróbový spoj
[autor]

dôsledku odlišného korózneho potenciálu vytvorí galvanický článok. Z viac ušľachtilejšieho kovu sa stáva katóda a z druhého anóda. Elektricky vodivý roztok prenáša elektróny od anódy smerom ku katóde a výrazne tak urýchľuje tvorbu korózie na anóde. Rýchlosť korózie na katóde sa priamoúmerne spomalí so zrýchľovaním korózie anódy. Typickým príkladom je šróbový spoj s podložkou a maticou, čo je v dnešných dňoch čoraz väčší problém. Pôsobením kyslých dažďov a viac znečisteným (agresívnejším) prostredím rastú negatívne vlastnosti roztoku. Zamedziť danému problému je možné umiestnením izolantu medzi kovy, aplikáciou ochranného náteru a eliminácií prístupu roztoku do spoja alebo zvolením správneho typu materiálu tak, aby sa potenciály kovov nelíšili. [1] [6] [8]

2.1.2 Chemická korózia

Deštruktívny jav prebieha bez účasti elektrolytu, elektrický prúd nevzniká ani nepôsobí, môže sa vyskytovať v neelektrolytových kvapalinách alebo plynoch. Interagujúcim prvkom je vonkajšie prostredie. Pri tomto type korózie dochádza k oxidačnej reakcii, kedy sa deštruovaný materiál stáva redukčným činidlom prvkov prostredia. Najbežnejším typom je plynová, ktorá sa vyskytuje v plynoch so zvýšenou teplotou a tlakom. Povrchové atómy kovu reagujú s kyslíkom tak, že kyslík odoberá elektróny z kovu, následne vznikne iónová väzba a tá odoberá valenčné elektróny z povrchu kovu. [1] [2]

Pasivita pri kovoch

Pasivácia je samovoľný alebo riadený proces vzniku ochrannej vrstvy na povrchu kovu pred okolitým prostredím. Pri tomto procese je snahou spomaliť alebo úplne zamedziť šírenie korózie. Proces prebieha tak, že katióny kovu v kyslom a oxidačnom prostredí s nízkou hodnotou pH strácajú schopnosť rozpúšťať sa.



Obrázok 4: Patinujúca oceľ -Ostrava [40]

Vznikajú nerozpustné korózne časti, ktoré bránia rozkladu a kontaktu kovu s kyslíkom. Dochádza k posunutiu ionizačného potenciálu k úrovni ušľachtilejších kovov. Tento samovoľný dej je účinnejší než umelo vytvorený, kde sa pri poškodení samé obnovujú. Konečný stav sa nazýva pasivita, ktorej príkladom sú nerezové ocele s vyšším obsahom chrómu. [2] [3] [8] [9]

2.2 Formy Korózie

2.2.1 Rovnomerná korózia

Úbytok materiálu pri pôsobení korózneho prostredia prebieha po celom povrchu



rovnomerne. Umožňuje relatívne ľahko a presne stanoviť rýchlosť úbytku materiálu podľa straty, hmotnosti či úbytku hrúbky a brať ju do úvahy. Vďaka tomu je možné predikovať stratu materiálu do budúcnosti, vziať do úvahy hroziace riziká a znalosť životnosti súčasti. Z hľadiska spoľahlivosti ide o najpriaznivejší typ korózie, pri ktorej návrhár alebo konštruktér počíta s prídavkom materiálu na koróziu. [3] [5]

Obrázok 5: Rovnomerná korózia [autor]

2.2.2 Nerovnomerná korózia

Napadá materiál len v určitých miestach, preniká do rôznej šírky a hĺbky. Poškodené miesta sú buď viditeľné voľným okom (makroskopické) alebo pozorovateľné mikroskopom (mikroskopické). Často sa vyskytuje ako kombinácia viacerých jednotlivých druhov korózie. V horších prípadoch sa vyskytuje vo vnútri materiálu, kde ju nevidieť. Predstavuje veľké riziko po stránke funkčnosti súčasti, ktorá sa na prvý pohľad javí ako nepoškodená, no vnútri môže byť korózia podstatne rozšírená. V tejto práci sú spracované najčastejšie typy vyskytujúce sa na mostných konštrukciách. [2] [3]

Bodová korózia

Materiál napadá lokálne. Sklon k nej majú najmä materiály odolné voči rovnomernej korózii používané v pasívnom stave. Ku korózii dochádza na miestach so slabšími ochrannými vlastnosťami, kde dôjde k tvorbe makročlánkov medzi aktivovaným a pasívnym povrchom. Vzniká predovšetkým v roztokoch obsahujúcich bróm, chlór a rôzne



Obrázok 6: Bodová korózia [autor]

halogenidy ťažkých kovov. Ionty prenikajú ochrannou vrstvou oxidu. Na aktivovaných miestach vznikne rýchla korózia smerujúca do hĺbky materiálu, čo vytvorí jamku resp. bod, v ktorom rastie koncentrácia agresívnych iontov a hydrolýzou postupne klesá pH, čím sa vytvárajú agresívnejšie podmienky a jamka sa rozširuje. V podstate ide o rovnaký princíp ako pri korózii štrbinovej, kde zárodok vzniká na voľnom povrchu pasívneho kovu. V určitých prípadoch dokáže preniknúť skrz celú hrúbku materiálu. Podstatnou charakteristikou je tzv. činiteľ bodovej korózie definovaný ako pomer hĺbky najhlbšieho bodu ku priemernému koróznemu zoslabeniu vypočítaného z hmotnostného úbytku vzorku. [10]

Štrbinová korózia

Pracuje na obdobnom systéme ako bodová korózia. Často sa vyskytuje v miestach so zlým obehom prostredia alebo v tenkých kapilárach. Zvyčajne vzniká v tesných polouzatvorených priestoroch pri spojení dvoch plechov a nespojitých zvarov. Proces začína vznikom koncentračného článku, ktorý urýchľuje koróziu v aktívnom stave. Rôzna koncentrácia iónov v elektrolyte a v medzere medzi dvoma časťami kovu a na jej začiatku vytvára koncentračný článok anódovou oblasťou rozpustenou na okraji štrbiny. Rozdiel v obsahu kyslíka v ústi štrbiny a v nej vyvolajú koncentračný článok, v ktorom je anódová oblasť rozpustenia vnútri štrbiny. V mieste s dobrým prístupom ku kyslíku vzniká katóda. Postupom času elektrolyt znižuje hodnotu pH, čím zvyšuje svoju agresivitu. Tým sa aktivuje korózný dej a povrchové poškodenie kovu. V praxi sa takýmto problémom predchádza vhodným konštrukčným prevedením s čo najmenším počtom štrbín. [3] [10]



Obrázok 7: Štrbinová korózia
[autor]

Škvritá a Jamková korózia

Ak je materiál napadnutý tak, že deštrukcia sa prejavuje pomerne malým pomerom hĺbky k šírke a táto tendencia je zachovaná v priebehu času, ide o škvritú koróziu. Diery sú veľké a priemer je niekoľkonásobne väčší. Najčastejšie sa vyskytuje na povrchu pasivovaných materiálov s väčším porušením vrstvy. [10]

Medzikryštalická korózia

Vyskytuje sa prevažne pri strojných súčiastiach, kde bol aplikovaný tepelný vplyv, napríklad pri zváraní a došlo u nich k zmenám štruktúry na hraniciach zŕn, kde sa vytvorili tzv. precipitáty. Objavuje sa pri nerezových oceliach, zliatin hliníku a niklu. Medzikryštalická korózia môže prenikať do väčších hĺbok. Pohybuje sa na hraniciach zŕn a na ich rozhraní. Po preniknutí korózie do hraníc zŕn naruší spojenie a spôsobí vážne poškodenie a oslabenie pevnosti materiálu. Môžu nastať dva prípady. V prvom je vzniknutý precipitát odolnejší voči korózii a v okolí hraníc zŕn sa bude rozpúšťať matrica. V druhom prípade je precipitát menej odolný, čo spôsobí rozpúšťanie samotného precipitátu. [5] [10]

Ostatné typy nerovnomernej korózie

Ďalšie druhy korózie sú známe ako selektívna korózia, nitková korózia, vodíková korózia alebo oduhličenie oceli. Týmito druhmi korózie sa práca nebude zaoberať, pretože sa na ocelových konštrukciách nachádzajú len zriedkavo.

2.2.3 Iné typy korózie

Zahrňujú koróziu, ktorá nie je spôsobená chemickými ani elektrochemickými činiteľmi. Patria tu napríklad korózie účinkom biologických činiteľov (plastické hmoty), korózia oterom a ďalšie. Väčšinou je ale korózia spôsobená vzájomne sa podmieňujúcimi chemickými a elektrochemickými činiteľmi, ktoré sa vyskytujú v bežných atmosférických podmienkach, ako voda a pôda. [3]

2.3 Činitele ovplyvňujúce koróziu

Od jeho zárodku až po celkový priebeh pôsobí na proces korózneho deja množstvo rôznych činiteľov. Zostaviť stručný zoznam a prehľad v určitom prípade tak, aby bol kompletný a jednoznačne poukázal, ktorý činiteľ bol v procese tým rozhodujúcim, je veľmi ťažké, pretože len vo výnimočných korózných procesoch sa môžeme stretnúť s prípadom, kedy by proces ovplyvňoval len jeden výrazný vplyv. Jeden pôsobiaci činiteľ dokáže ovplyvniť súčasne niekoľko pochodov súvisiacich priamo alebo nepriamo s priebehom reakcie kovu s prostredím. Rozdeľujú sa do troch základných skupín:

- Vplyvy spôsobené stavom materiálu
- Vplyvy spôsobené návrhom konštrukcie
- Vplyvy spôsobené koróznym prostredím [9] [10]

3. Typy korózneho prostredia

Rozdelením a popisom korózných prostredí sa riadi norma ČSN EN ISO 9223. V určitých prípadoch je možná aj úprava prostredia, pokiaľ to situácia dovoľuje, ale týka sa to predovšetkým vnútorných prostredí. Príkladom môže byť obmedzenie prístupu agresívnej látky alebo jej úprava na menej agresívnu. Korózne prostredie sa podľa výskytu konštrukcie delí na dve základné skupiny:

3.1 Korózia na vnútorných konštrukciách

Konštrukcie umiestnené vo vnútorných priestoroch sú zväčša ochránené pred agresívnym vonkajším prostredím. Sú chránené pred dažďom, mrazom a inými vonkajšími vplyvmi spojenými s prírodou. Vnútorné konštrukcie majú výhodu, že sa nachádzajú v teplých a suchých priestoroch, tým pádom sú menej náchylné ku korózií. Keď sú konštrukcie vystavené naopak vysokým vlhkostiam v potravinárskom alebo chemicko-technologickom priemysle (kúpaliská, kuchyne alebo uzatvorené priestory so zvýšeným počtom ľudí), sú ohrozené kondenzáciou vody. Táto práca sa však venuje predovšetkým konštrukciám vo vonkajšom prostredí.

3.2 Korózia na vonkajších konštrukciách

Z hľadiska podpory korózie pôsobí na vonkajšie konštrukcie väčšinou viac činiteľov. Jedným z hlavných je atmosférická korózia, ktorá spôsobuje rovnomerný úbytok materiálu. Náhle zmeny počasia, slnečné žiarenie a kyslé dažde dokážu agresívne reagovať s povrchom konštrukcie. Výskyt občasných tzv. krúpových búrok dokáže spustiť takmer okamžitú koróziu vďaka vzniknutému oteru. Rôzne iné mechanické alebo chemické procesy spôsobené prírodou predstavujú závažný problém, a preto pri návrhu konštrukcie je nutné na ne myslieť, keď sa ponúkajú možné riešenia v podobe odtokov vody, otvorov určených na správne prúdenie vzduchu a celkového riešenia tak, aby bola možná kontrola a dôkladná údržba. [11]

4. Korózna agresivita atmosféry

Znalosť podmienok pôsobenia daného prostredia je veľmi dôležitá na odhad a posúdenie vzniknutého znehodnotenia a takisto pre voľbu účinného ochranného opatrenia. Keďže na vonkajšie konštrukcie pôsobí už spomínaná atmosférická korózia, je možné vypočítať pomerne ľahko koróznou rýchlosť podľa normy ČSN EN ISO 9223:2012. Korózna agresivita sa klasifikuje do 6 stupňov, ktoré vychádzajú z nameraných hodnôt úbytkov na štandardných kovoch umiestnených v daných lokalitách po území ČR v priebehu roka. Ďalšou možnosťou klasifikácie je pomocou hodnôt podnebných činiteľov ako je priemerná ročná teplota, relatívna vlhkosť a doba ovlhčenia. Pre správne určenie koróznej agresivity je nutné dôkladne posúdiť lokálne vplyvy. V našom prípade majú mosty špecifické požiadavky. Je to spôsobené najmä mikroklimou, ktorá je priamo spätá s prevádzkovými vplyvmi. Na diaľničných mostoch sa výrazne prejaví dôsledky prevádzky zo zimného obdobia, kedy sú cestné komunikácie upravované prípravkami ako posypová soľ, či drobnými kamienkami a zmesami štrku. V lete paradoxne veľkým vplyvom tepla z nahriateho asfaltu cesty spôsobuje takmer neustály ohrev povrchu, tzv. mostovky, dosahujúcej teploty aj 55 °C. Znečistenie ovzdušia a ďalšie vplyvy prispievajú k zmene agresivity prostredia. Pri mostných konštrukciách nachádzajúcich sa v priemyselnom prostredí by sme mali počítať s agresivitou vyššou o 1 stupeň. [11] [12]

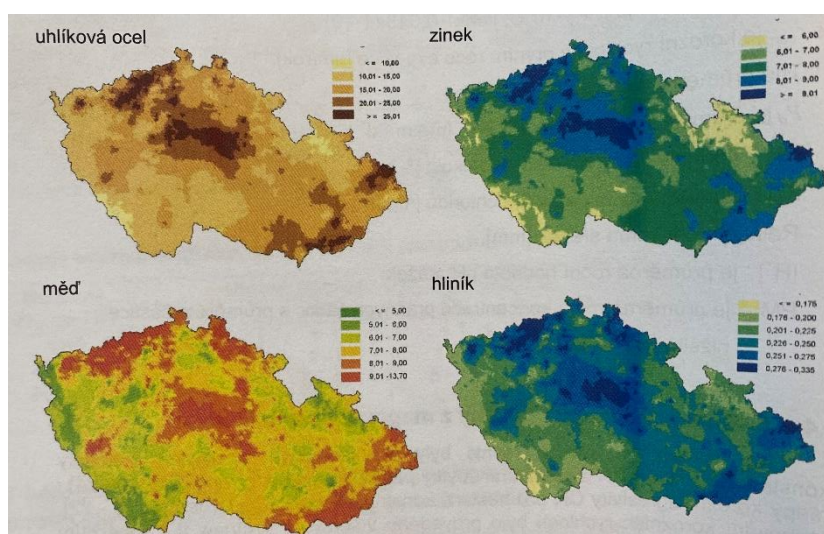
Klasifikácia koróznej agresivity do nasledujúcich stupňov:

Tabuľka 1: Stupne koróznej agresivity [11]

Stupne koróznej agresivity	Príklad exteriérového prostredia	Príklad interiérového prostredia
C1 veľmi nízka	Chladné a suché miesta s minimálnym znečistením, takmer žiadna vlhkosť.	Vykurované budovy škôl, kancelárií a hotelov.
C2 nízka	Atmosféra s nízkou úrovňou znečistenia, menej rušné oblasti.	Sklady, športové haly, nevykurované budovy, kde môže dochádzať ku kondenzácií.
C3 stredná	Mestské priemyselné prostredie so stredným znečistením SO ₂ , prímorské prostredie s nízkou salinitou.	Výrobné priestory s vysokou vlhkosťou a stredným znečistením, potravinársky priemysel.
C4 vysoká	Priemyselné prostredie a prímorské prostredie s nižšou salinitou, vplyv chloridov.	Plavecké bazény, lodenice, chemický priemysel.
C5 veľmi vysoká	Priemyselné prostredie s veľmi vysokou vlhkosťou a agresívnym prostredím.	Budovy s trvalou kondenzáciou a vysokým znečistením.
CX extrémne vysoká	Morské prostredie s extrémne vysokou salinitou, silno znečistené priemyselné prostredie, ropné plošiny, morské veterné elektrárne.	Budovy s trvalou kondenzáciou, vysokou salinitou a agresívnou atmosférou.

4.1 Pásma koróznej agresivity na území ČR

Dôkladné oboznámenie sa s podmienkami pôsobiacimi v daných atmosférických prostrediach v mnohých prípadoch vedie k presnejšiemu odhadu a predpokladu možného znehodnocovania náterových hmôt a povlakov konštrukcií, vďaka čomu pri návrhu umožňuje účinnejšiu a ekonomickejšiu voľbu varianta ochranného opatrenia. Konštruktér môže predísť problému nadbytočnej hrúbky náterovej vrstvy, čo prípadne vedie k zdraženiu technologických prác v miestach, kde by na základe nízkej agresivity prostredia bolo zbytočné. Ďalej vie zvýšiť bezpečnosť a predísť problémom vo vysoko agresívnych prostrediach, kde by prípadná tenká vrstva alebo zvolený nesprávny postup protikoróznej ochrany mohol spôsobiť v nečakane krátkom časovom úseku väčšie než predpokladané škody. Vznik a tvorba máp takýchto pasiem sa datuje a prebieha už od začiatku minulého storočia. Funguje na princípe výpočtu rovníc korózneho úbytku rôznych konštrukčných kovov z údajov o environmentálnom prostredí, vlhkosti, obsahu SO_2 a chloridu získaných z celosvetových skúšobných programov. Súčasné mapy sú aktualizované údajmi o klimatických podmienkach daných oblastí. Na území ČR sa v posledných rokoch zhoršilo hlavne znečistenie ovzdušia, nárast priemernej dennej teploty a počet slnečných dní. Napriek tomu, že má ČR väčšiu časť územia v pásme nízkej koróznej agresivity, radí sa medzi štáty s najväčšou agresivitou prostredia, preto je dôležité sa nimi zaoberať. [13]



Obrázok 8: Mapy koróznych rýchlostí vybraných kovov po prvom roku expozície ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) r. 2001 [13]

5. Protikorózna ochrana ocelových konštrukcií

Protikorózna ochrana ocelových konštrukcií je kľúčová z hľadiska ich životnosti a spoľahlivosti. Vzhľadom na to, že ocel je náchylná k oxidácii a korózii, ak nie je správne chránená, môže sa koróziou znehodnotiť a oslabiť jej štruktúra, čo môže viesť k narušeniu pevnosti konštrukcie a dokonca k celkovej deštrukcii. Preto je zásadné chrániť ocelové konštrukcie pred koróziou a to práve pomocou PKO. Pri návrhu PKO je potrebné definovať požiadavky a základné zásady riešenia ochrany. Prvou z nich je stanovenie koróznej agresivity v mieste vykonávania PKO podľa normy ČSN EN ISO 9223. Medzi ďalšie patrí predpísanie požadovanej životnosti tzv. záručnej doby podľa normy ČSN EN ISO 12944-1, ktorý reprezentuje technický predpoklad a časový údaj od vykonania PKO do najbližšej plánovanej obnovy. PKO sa z hľadiska životnosti delí na:

- **životnosť strednú (7-15 rokov) „S„**
- **životnosť vysokú (15-25 rokov) „V„**
- **životnosť veľmi vysokú (25 rokov a viac). „VV„**

Ďalšie delenie PKO odlišené z hľadiska rozsahu ich vykonávania:

- **údržba**
- **oprava systému**
- **čiasočná obnova systému PKO**
- **celková oprava**
- **úplná obnova systému PKO**

Pri návrhu vykonávania PKO je dôležitým východiskom korózny prieskum v súlade s požiadavkami na realizovanie a vyhodnotenie podľa TP 42 vydaným ministerstvom dopravy ČR. V prípadoch PKO typu údržba a oprava nie je nevyhnutne požadovaný, dostačujúcim dokumentom sú závery z bežných mostných prehliadok. Pri ostatných typoch sa korózny prieskum vyžaduje. Následne prebehne voľba spomedzi rôznych variant PKO tak, aby bolo možné potrebné zásady doceliť. Pasívna protikorózna ochrana je jednou z možností, ktorá plní základné požiadavky na kvalitu a to funkčné, ochranné a estetické. Ide o druh, kde sa ochrana ocelej konštrukcie vytvára pomocou nanosenia rôznych materiálov ako sú napríklad farby, náterové hmoty a náterové systémy.

Rozdelenie používaných povlakových systémov pri vykonávaní protikoróznej ochrany:

- **Organické povlaky**
- **Kovové povlaky**
- **Kombinované systémy (duplexné)**

Tieto formy ochrany zabraňujú prístupu kyslíka a vlhkosti k povrchu ocele, čím sa minimalizuje riziko oxidácie a korózie. Výhodou protikoróznej ochrany ocelových konštrukcií je, že predlžuje životnosť konštrukcií a zvyšuje ich spoľahlivosť. Tým sa minimalizuje nutnosť častých opráv, čo znižuje náklady na údržbu a predlžuje intervaly medzi inšpekčnými a revíznymi kontrolami. Navyše, protikorózna ochrana prispieva k zlepšeniu celkového vzhľadu ocelových konštrukcií a ich odolnosti voči poškodeniu a vplyvom vonkajšieho prostredia. [14] [15]

5.1 Predpisy pre realizáciu PKO na OK

Ide o technický predpis protikoróznej ochrany (PKO), súbor pravidiel a noriem, ktoré stanovujú požiadavky na ochranu ocelových konštrukcií a mostov pred koróziou. Definuje požiadavky objednávateľa stavby na voľbu systému, návrh, kvalitu, akosť, vykonávanie opravy a údržbu PKO, ktoré je zhotoviteľ PKO povinný dodržať. Taktiež určuje pravidlá a normy ako postupovať od návrhu až po realizáciu. Sú záväzne dodržiavané inšpektorom stavby, ktorý je zodpovedný za potvrdenie zhody medzi špecifikáciou a aplikáciou PKO. Používané predpisy upravujú postupy, technológie, materiály a parametre, ktoré sú nevyhnutné pre úspešnú ochranu stavieb pozemných komunikácií. Každý predpis sa zameriava na konkrétny druh ocelovej konštrukcie alebo prostredie, v ktorom bude konštrukcia prevádzkovaná. Predpisy protikoróznej ochrany určujú požiadavky na výber systému, návrh, kvalitu, vykonávanie opravy a údržbu protikoróznej ochrany konštrukcií a mostov spadajúcich pod ministerstvo dopravy ČR. Ministerstvo dopravy ČR stanovuje pravidlá a normy pre používanie protikoróznej ochrany, aby sa zabezpečilo, že sa dodržiavajú vysoké štandardy kvality a bezpečnosti. Dodržovanie týchto technických predpisov môže viesť k zníženiu nákladov a zefektívnenie PKO. Medzi najvýznamnejšie a najpoužívanejšie predpisy PKO registrované v ČR patria nasledujúce: [14] [15]

ČEPS (Český energetický a průmyslový standard) TN 33 platný od roku 2015. Predpis upravuje protikoróznú ochranu ocelových konštrukcií a potrubí v energetickom priemysle. Týka sa ocelových konštrukcií a potrubí používaných v elektrárnach, kotolniach, tepelných sieťach a pod. Predpis ČEPS stanovuje požiadavky na materiály používané pri výrobe. Požiadavky sú založené na skúsenostiach s používaním ocelových konštrukcií a potrubí v prostredí s vysokými teplotami a tlakmi, kde korózia predstavuje vysoké riziko. [16]

Dokument ŘSD TKP 19B vydaný v 2018. Ředitelství silnic a dálnic (ŘSD) je orgánom, ktorý má na starosti správu a údržbu ciest a diaľnic v Českej republike. Predpis spoločnosti spadá pod kapitolu 19 a nadväzuje na časť A kapitoly ocelových mostov a konštrukcií. Klasifikuje požiadavky objednávateľa na opravy a údržbu PKO konštrukcií na diaľniciach, rýchlostných cestách a ostatných cestách v sieti cestného dopravného systému. Predpis obsahuje požiadavky z hľadiska funkcie, prípravu povrchu pred zahájením PKO, požiadavky na spôsob aplikácie, výber materiálov, odoberanie vzoriek, kontrolné skúšky a dovoľené odchýlky. [14]

ŘSD TKP 19C platný od roku 2021. Tento nadväzujúci predpis k TKP 19B obsahuje požiadavky objednávateľa pri opravách, rekonštrukciách a to na kvalitu, životnosť, projektovú špecifikáciu-ZDS, OPS, TePr., rozsah vykonávania prác, prípravu povrchu a aplikáciu náterov. Dôkladne popisuje nanášanie NH do vrstiev. Predstavené predpisy spracované inštitúciou ŘSD sa týkajú konštrukcií vystavených agresívnemu prostrediu ako sú mosty v blízkosti vody, mora a iných korózných prostredí. Zabezpečujú vysokú kvalitu PKO aj pre špecifické ocelové konštrukcie. [15]

SŽ S 5/4 platný od 1.7 2019. Predpis skladajúci sa z 13 častí od základného ustanovenia požiadaviek na výrobky pre PKO spolu s hygienou a ekológiou, klasifikáciou udržiavania PKO do stupňov, kontrolami a skúškami, až po povinnosti správcu vo vzťahu k PKO, evidencie, prehliadky a požiadavky na zhotoviteľa PKO. [17]

Ďalej využívané dokumenty sú TKP 25, ČSN EN ISO 12944 a iné.

5.2 Používané systémy PKO na OK súčasnosti

V súčasnosti sa používa široká škála už spomínaných ochranných systémov a ich rôznych variantov s veľmi pozitívnymi ochrannými vlastnosťami. Účinnosť každého aplikovaného systému však do značnej miery ovplyvňuje predúprava povrchu. Účelom je odstránenie nedokonalosti povrchu, ktorý má vplyv na akosť povlaku. Rozlišujú sa:

5.2.1 Mechanické predúpravy povrchov

Najpoužívanejšie „tryskanie“. Ide o mechanickú úpravu povrchu pomocou abrazíva, ocelevej drti alebo iných zmesí. Prúdom malých častíc pod vysokou rýchlosťou na povrch sa zbavuje OK nečistôt. V nebezpečných prostrediach pri riziku vzniku požiarov sa tryskanie realizuje spojením abrazíva s vodou, aby pri náraze čiastočiek abrazíva o povrch OK voda zabráňovala šíreniu ohnivých iskier vzniknutých nárazom o povrch OK vo vysokej rýchlosti. Častokrát sa pri realizácii projektov využíva tzv. sweeping (ľahké tryskanie). Ďalšími mechanickými úpravami sú: mechanické vysokotlakové čistenie vodou, brúsenie, ručné mechanické čistenie. Úmyslom je docieľiť čo najčistejší a najdrsnejší povrch. Povrch nemôže obsahovať žiadne nečistoty, korózne produkty, mastnoty a pod. Na mostných konštrukciách sa častokrát vyskytujú operácie aplikované najmä na horizontálnu časť konštrukcie mostovky nazývané „brokovanie“. Vo svojej podstate ide o formu tryskania. Čistiacim materiálom sú oceleové guľičky poháňané metacím kolesom pod vysokou rýchlosťou. Guľičky narážajú na povrch a odstraňujú nežiadúce prvky povrchu. Následne po odraze sú takmer okamžite vsaté späť do obehu, kde sa cyklus opakuje. Veľkou výhodou po vykonaní operácie je takmer okamžitá čistota povrchu, nie je potrebné čistenie vzduchom a pod.

5.2.3 Chemické predúpravy povrchov

Chemicky sa odstraňujú dva typy nečistôt. Prvým typom sú nečistoty prilepené resp. chemicky nespojené so základným materiálom napr. oleje, vazelíny, zvyšky leštiacich pást alebo prachové častice. Druhým typom sú nečistoty vzniknuté premenou materiálu ako napríklad hrdza a okuje na OK, ktorým sa venuje táto práca. Mnohokrát je nutné vykonávať predúpravy na stavebnom mieste, preto sa najčastejšie možno stretnúť s odmasťovaním. Pomocou vhodného odmasťovacieho prostriedku (aceton/ethanol) naneseného na čistený povrch a jeho následným strením sa odstráni nežiadúca mastnota. Pri väčších plochách sa využíva realizáciou horkej natlakovanej vody s čistiacim prostriedkom. [18]

5.2.4 Kovové povlaky

Forma povlaku na báze roztaveného kovu nanášaného na už predupravený povrch. Výrazne predlžuje odolnosť voči korózii vo vysoko agresívnych prostrediach. Dôležitým aspektom pri vyhodnocovaní životnosti systému je hrúbka a pórovitosť. Kov má buď katodický alebo anodický charakter, ktorý závisí od jeho ušľachtlosti vzhľadom k základnému kovu. Bežne nanášané kovy sú zinok, hliník, meď alebo nikel. Používané spôsoby nanášania povlakov sú žiarové zinkovanie ponorom a žiarové nástreky.

Žiarové zinkovanie ponorom prebieha vo viacerých krokoch. Prvou úlohou je odmasťovanie dielu vo vodnom roztoku odmasťovadla s prímiesami tenzidov a jeho následný oplach. Ďalším krokom je morenie kedy sa odstránia oxidické vrstvy a splodiny vzniknuté pri korózii a opäť následný oplach. Po tejto operácii sa diel ponorí do tavidla (roztok chloridu amonného a chloridu zinočnatého), po ktorom sa diel vysuší a ponorí sa do lázne taveniny zinku. Takto sa na povrchu dielu vytvorí vrstva zinku, ktorý potom funguje na princípe obetovanej anódy. Smerom k rozhraniu materiálov ocel'-zinok postupne obsah zinku klesá.

Druhý prípad funguje na princípe stlačeného vzduchu a roztaveného materiálu. Častice materiálu pod vysokou rýchlosťou dopadajú na povrch, kde narazia a deformujú sa. Následne tuhnú a pri zmršťovaní sa zachytávajú o výčnelky predom upraveného povrchu. Povlak je teda na predmet viazaný adhéznou silou. V súčasnosti je najviac rozšírená aplikácia pomocou zliatiny Zinacor. Zinacor je

zliatina hliníku a zinku, kde hliník predstavuje 15% a zinok 85 %. Efektivita zmesi spočíva v úspore množstva povlakovaného materiálu s vysokou koróznou odolnosťou. Medzi najpoužívanejšie aplikačné zariadenia kovových povlakov na OK patria: [6] [19] [20] [21]

- **Nástrek plameňom (FS-Powder)**
- **Nástrek elektrickým oblúkom (AS)**

5.2.5 Organické povlaky

Ide o náterové hmoty, ktorých hlavné zložky sú filmotvorné látky, pigmenty a plnivá, tekuté rozpúšťadlá (rozpúšťajú filmotvorné zložky). Do náterových zmesí sa pred operáciou pridáva ešte tzv. riedidlo, slúžiace na úpravu viskozity. Podľa účelu sa delia nátery na: vnútorné, vonkajšie, protipožiarne, práškové a iné. Nátery majú ochrannú-estetickú, fungicidnú (proti plesniam) a elektrovodivú funkciu. Organické povlaky majú relatívne nízku odolnosť voči extrémnym podmienkam ako sú veľmi nízke a vysoké teploty. Ovplyvnené sú taktiež aj spôsobom nanášania, za akých podmienok bol náter nanášaný, stavom náteru po vyschnutí, druhom pigmentu, úpravou povrchu pred vykonaním náteru, hrúbkou náteru a pórovitosťou. Adhézia náteru výrazne klesá s vlhkosťou. Nátery sa nanášajú podľa postupov stanovených výrobcami a je nutné ich dodržiavať. Aplikácia sa skladá z niekoľkých vrstiev, ktoré v konečnom dôsledku tvoria náterový systém. Ochrannými náterovými systémami PKO sa zaoberá zberka noriem ČSN EN ISO 12 944. [8] [22]

Podľa použitia a poradia v náterovom systéme sa NH delia na: vyrovnávacie – zakrytie nerovností, medzivrstvové – dosiahnutie požadovanej hrúbky náteru, maskovacie, vrchné – prichádzajú do kontaktu s koróziou ako prvé a vytvárajú estetický dojem. Pri väčších hrúbkach náteru (nad 500 µm) je PKO účinnejšia, nie je to ale správne riešenie, pretože dochádza k rôznym vnútorným pnutiam odlišných vrstiev a náter má tendenciu sa odlupovať. Medzi spôsoby nanášania NH patrí ručné nanášanie, nanášanie pneumatickým a vysokotlakovým striekaním. Účinnosť náteru je možné zlepšiť jeho ohriatím, kedy dochádza k zníženiu viskozity, tým pádom NH má lepšie tekuté vlastnosti, spotrebuje sa menšie množstvo rozpúšťadiel a náter rýchlejšie zasychá. Sušenie náterov má 4

fázy: vyparovanie, schnutie do stavu schopného k manipulácií, schnutie do stavu tvrdosti, starnutie náteru. [8] [22]




6. Špecifické vady PKO na OK




Pri mostných konštrukciách a všeobecne pri OK vznikajú vady z dôvodu zlej predúpravy povrchu, nesprávnej aplikácie NH. Častá je korózia tvoriaca sa v spojovacích článkoch ako sú šróby, nity a zvary. V tejto kapitole sú priblížené a predstavené príklady len niektorých vybraných problémov často sa vyskytovaných na OK formou jednoduchej tabuľky.



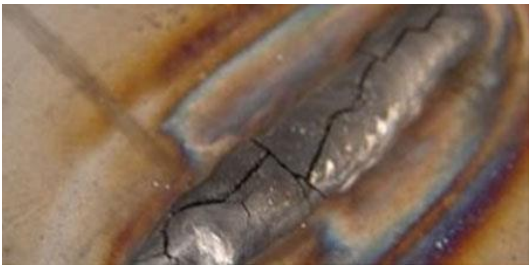
Tabuľka 2: Vady PKO na OK

Názov	Popis	Fotografická dokumentácia
Korózia zabetónovanej oceli	Pôsobením korózie v mieste styku ocel' - betón časom vzniknú medzery, do ktorých sa dostáva voda a iné korózne aktívne prvky. [23]	 <p>Obrázok 9: Zábradlie v betóne [24]</p>
Korózia pod náterom	Korózia vnikne pod náter, kde sa ďalej šíri, nakoniec spôsobí úplne oddelenie zvyšku náteru od základného materiálu. [23]	 <p>Obrázok 10: Korózia pod náterom [25]</p>

<p>Korózia kotevných šróbov</p>	<p>Vznik korózneho napadnutia na nechránených plochách spojovacích materiálov. Značne silovo namáhané. Dôležitá ochrana kvôli náročnej náhrade. [26]</p>	 <p>Obrázok 11: Kotevné šróby [27]</p>
<p>Korózia nitov</p>	<p>Pôsobením korózie dochádza k porušeniu nitov v spojoch ocelových častí, hrozí ich prasknutie a vypadnutie, strata pnutia spoja. [26]</p>	 <p>Obrázok 12: Korózia nitov [autor]</p>
<p>Korózia ložiska</p>	<p>V dôsledku zatekania vody, pôsobenia agresívnej atmosféry a nedostatočnou údržbou dochádza k znehodnoteniu materiálu ložiska. [26]</p>	 <p>Obrázok 13: Korózia ložiska [23]</p>

<p>Korózia mostného záveru</p>	<p>Znehodnotenie povrchu mostného záveru účinkom vody, posypových solí, vysokými teplotami vozovky v letných obdobiach a pôsobením rázu pri premávke. [26]</p>	 <p>Obrázok 14: Mostný záver [23]</p>
<p>Odlupovanie náteru</p>	<p>Vznik pri nedostatočnom očistení a predúpravy povrchu, nesprávna technológia nanášania alebo použitie nesprávneho NS, odlišné schnutie a zmršťovanie vrstiev. [26]</p>	 <p>Obrázok 15: Odlupovanie náteru [autor]</p>
<p>Stečené kvapky</p>	<p>Spôsobené nadmerným nanášaním NH, použitím nesprávneho pomeru riedidla a NH. Vznik takmer ihneď po aplikácii. Z estetického hľadiska nevhodné. [26]</p>	 <p>Obrázok 16: Stekaniny [autor]</p>

<p>Bubliny</p>	<p>Ide o lokálnu stratu adhézie náteru pričom vznikajú drobné bubliny, ktoré môžu obsahovať vodu. Príčinou je obsah mastnoty, olejov či soli v miestach vzniku. [26]</p>	 <p>Obrázok 17: Bubliny pod náterom [26]</p>
<p>Nečistoty v nátere</p>	<p>Ide o čiastočky prachu a štrku zapustené v NH. Častokrát sú to neodstránené produkty z predchádzajúcich operácií ako brúsenie, tryskanie a zváranie. [26]</p>	 <p>Obrázok 18: Nečistoty v nátere [autor]</p>
<p>Praskanie</p>	<p>Tvorenie môže byť spôsobené miernymi posuvmi povrchu. Náhlou absorpciou vlhkosti a následne jej vyschnutím. Čím hrubší náter, tým väčšia náklonnosť k prasknutiu. [26]</p>	 <p>Obrázok 19: Praskanie [autor]</p>

<p>Pomarančová kôra</p>	<p>Mierne pod'obkaný vzhľad pripomínajúci pomarančovú kôru. Obvykle spôsobená nesprávnou aplikáciou so zmesami rozpúšťadiel. [26]</p>	 <p>Obrázok 20: Pomarančová kôra [autor]</p>
<p>Rozstrek</p>	<p>Zlá realizácia zvarania. Vzniknuté kvapky zvaraného spoja sa zachytia na jeho okolí. Nutnosť obrúsenia a odstránenia kvapiek pred nanesením náteru. [26]</p>	 <p>Obrázok 21: Rozstrek [autor]</p>
<p>Trhliny</p>	<p>Výskyt v oblasti zvarov pri jeho utrnutí. Dôvodom je nevhodný typ elektródy, zlá geometria zvaru. Po následnom aplikovaní náterovej hmoty hrozí preniknutie vody a nečistôt do trhliny. [26]</p>	 <p>Obrázok 22 :Trhlina zvaru</p>

<p>Póry</p>	<p>Drobné jamky v oblasti zvaru. Riziko zachytávania nečistôt a vody. Príčinou môže byť príliš rýchly postup zvárania alebo zlá vlhkosť elektród. [26]</p>	 <p>Obrázok 23: Póry [autor]</p>
<p>Nevhodné konštrukčné riešenie</p>	<p>Zlý návrh konštrukcie. Zadržiavanie vody a iných nečistôt, kde náter čelí agresívnemu prostrediu. Pri návrhu treba myslieť na odtok vody a opatriť konštrukciu odtokovými dierami. [26]</p>	 <p>Obrázok 24: Miesto zadržiavania vody [26]</p>
<p>Korózne napadnutie úzkych štrbín priehradových OK</p>	<p>Rast a rozpínanie korózných zárodkov v štrbine má za následok ohýbanie ocelových profilov a zaťažovanie v miestach nitových spojov.</p>	 <p>Obrázok 25: Korózia v štrbine priehradovej OK [autor]</p>

7. Kontrola náterových systémov

Pre nespornosť v oblasti akosti upravených povrchov a zhotovených PKO je nutné, aby jednotlivé operácie prešli pravidelnou kontrolou za účelom dosiahnutia požadovanej kvality. Dozor pri vykonávaní PKO je potrebný vo všetkých štádiách realizácie prác. Kontrola musí byť vykonaná len kvalifikovanými a poverenými osobami. Inšpektor ako pracovník objednávateľa dohliada na korektný postup prác. Existuje veľa rôznych kontrolných skúšok, podľa ktorých môže inšpektor daný povrch hodnotiť, táto práca je predovšetkým zameraná na spôsoby kontroly:

7.1 Pri realizácií PKO

Pri realizácií PKO sa používa široká škála kontrol povrchov, akými sú kontrola pred aplikáciou PKO, kontrola základných náterov, konečnej medzivrstvy, spojovacieho náteru pred aplikovaním vrchného náteru a kontroly po vykonaní vrchného náteru. Tie sa ďalej skladajú z kontrol príprav povrchov, kontroly opráv jednotlivých vrstiev náterov, kontroly podkladov pred výskytom prachu a iných nečistôt, kontroly časových úsekov medzi aplikáciami, meranie hrúbky mokrého a suchého náteru. Stanovenie hrúbky náterov kontrolných plôch pomocou hrúbkomeru patrí medzi veľmi často používané možnosti rýchlej a presnej kontroly na stavenisku. Vo väčšine vyššie spomínaných prípadoch sa v praxi jedná o vizuálny posudok a zhodnotenie inšpektora. [15]

7.2 V rámci údržby

Údržbou sa rozumie práca a činnosti, ktorými sa zaisťuje bezpečná prevádzka OK. Odstraňujú sa vzniknuté drobné vady a poruchy na stavbách. Ide o snahu predísť väčším a závažnejším porušeniam. Zanedbaním údržby vzniká nárast a rozvoj porúch, čo následne vedie k rozsiahlejším opravám a v neposlednom rade až k ekonomicky náročnejším rekonštrukciám. Zanedbaním údržby môžu ostať nepovšimnuté miesta a vady, ktorým by sa dalo predísť pri včasnom zistení a opravení. V rámci údržby je vizuálna kontrola dôležitým ukazovateľom. Častokrát však predstavuje problém prístupnosť a jej možnosti. S rýchlym vývojom digitalizácie a nových technológií sa dostávajú do popredia drony a ich

využitie. Preto vznikol návrh jedného z možných spôsobov realizovania vizuálnej kontroly pomocou dronov. [15]

7.3 Vizuálna kontrola

Pri kontrole náterov sa vykonáva vždy, ide o jednoduchý, rýchly a najlacnejší spôsob kontroly. Jednou zo stanovujúcich noriem pre vizuálne kontroly je norma ČSN 03 8510. Kontrola zisťuje či je daný náter čistý, aplikovaný rovnomerne a po celej žiadanej ploche, neobsahuje žiadne poškodenia a nečistoty, bubliny, stekajúce kvapky, pomarančový povrch, praskanie zvrásnenie a pod. Vizuálna kontrola patrí medzi subjektívne kontroly, a to z dôvodu odlišných zrakových schopností poverenej osoby. Výstupom môže byť formát:

Priamy – očné zhodnotenie, vzorky meraní

Nepriamy – pomocou fotografických a iných elektronických zariadení, vzorky meraní pomocou dronu obsahujúceho meraciu sondu

Výhodou kontrol pri realizácii PKO, čo sa týka dôležitých a náchylných miest z pohľadu korózie, je vo veľa prípadoch zlepšený prístup, vďaka samotnej realizácii PKO, a teda už zhotoveného lešenia, plošiny, lávky či iných pomocných konštrukcií. Príkladom môže byť odhalenie záverov mostov alebo dosky mostovky pri ich rekonštrukcií. Najkritickejšími miestami pre kontrolu PKO sú miesta: [15]

- **s obmedzeným alebo len minimálnym prístupom**
- **miesta s častým výskytom a zadržiavaním vody**
- **dynamicky namáhané spoje**
- **zvary**
- **závery**
- **ložiská**
- **opery**
- **nity**
- **kontaktné a spojovacie plochy**
- **články nosných reťazí**
- **koncové priečniky**
- **tvarovo zložené miesta s náhlymi zmenami integrity povrchu**

Vo veľa prípadoch je prístup k daným miestam podstatne sťažený, preto je častokrát zhotoviteľ PKO nútený navrhnuť čo možno najlepší variant z hľadiska efektivity a ekonomiky vykonávania PKO ako aj postupu jednotlivých operácií s prihliadaním na obmedzenú prístupnosť miest. Z hľadiska prístupu pracovníka na OK mostov k jednotlivým oblastiam sa rozdeľujú oblasti na:

- **oblasť pešia** – lacná, obmedzený prístup
- **oblasť horolezecká** – náročnejšia, pomalá
- **oblasť prístupu pomocou lešenia** – drahá, zdĺhavá, dobrý prístup
- **oblasť prístupu z lávky** – prístup len pre spodnú časť mostu a OK
- **oblasť prístupu pomocou manipulátoru** – pomerne lacná, obmedzený prístup

8. Drony

Pôvod slova pochádza z anglického názvu „Drone“ (bezpilotný letecký prostriedok). História a prvá zmienka o bezpilotných prostriedkoch siaha už do čias Nikoly Tesly, ktorý ako prvý vlastnil patent teleautomatizácie, kde išlo o diaľkové ovládanie motorovej loďky. V jeho poznámkach však boli objavené úvahy o bezpilotných lietadlách. Prvé bezpilotné lietadlo bolo zostrojené v roku 1916, ktoré priviedol na svet Archibald Montgomery Low pod názvom Aerial Target (vzdušný cieľ). Nasledovali ďalšie mnohé projekty slúžiace za účelom diaľkovo riadených torpéd, postupom času išlo najmä o sledovacie drony vykonávajúce monitoring území. V dnešných dňoch prichádzajú ľudia s dronmi do styku hlavne v hračkárskom alebo mediálnom priemysle. Neustále prebiehajúci rozvoj komponentov, batérií, senzorov, funkcií, lepšieho softwaru, miniaturizácia elektroniky mnohých angažovaných konkurenčných firiem vedie k zlepšovaniu schopnosti a rozšíreniu možnosti využitia dronov vo všetkých odvetviach priemyslu či bežného života. Drony majú preto aj z tohto hľadiska svetlú budúcnosť. [28]

8.1 Rozdelenie dronov

Možností ako rozlišovať drony je veľa. V tejto práci sú však predstavené tie najzákladnejšie. Podľa zamerania sa rozlišujú drony:

- **pre bežných užívateľov**
- **pre pokročilých užívateľov**
- **pre profesionálov na špecifické operácie**

Podľa pohonu:

- **elektrické** (batérie)
- **spaľovacie** (motorčeky)

Podľa typu a počtu vrtulí:

- **multikoptéry** (4-kvadrakoptéra, 6-hexakoptéra apod.)
- **lietadlá** (krídla)

Podľa spôsobu ovládania:

- **manuálne**
- **automatické**
- **kombinované**
- **autonómne**

Ďalej ich možno rozdeliť podľa veľkosti na malé (nanodrony) a veľké (vojenské, logistické). Podľa hmotnosti do kategórií A1 -do 0,91 kg, A2- nad 0,91kg do 4 kg ,A3-nad 4 kg do 25 kg, taktiež na drony s kamerami, bez kamier alebo drony s tzv. FPV (first person view) kamerami. Ide o kamery umožňujúce lepšiu orientáciu v priestore z pohľadu ovládajúcej osoby, čo značne uľahčuje a spresňuje dráhu letu. Využitie možno nájsť v operáciách, pri ktorých dochádza buďto k vysokým rýchlostiam alebo veľkým presnostiam. [28]

8.2 Výhody dronov

V prvom rade hrá rolu cena. Podstatne lacnejšia prevádzka oproti pilotovaným strojom. Jednoduchá a rýchla manipulácia čo sa týka prípravy, prepravy, ovládania a servisu. Možnosť rýchleho nasadenia, vzletu a pristátia z ťažko dostupných miest. Prenos vizuálnych a zvukových dát na veľkú vzdialenosť. Vplyvom inovácií čoraz lepšie rozlíšenie fotiek a videí. Možnosť využitia v uzatvorených ťažko dostupných priestoroch a interiéroch. Priebeh letu sprevádzaný pomerne tichým chodom. [28]

8.3 Nevýhody dronov

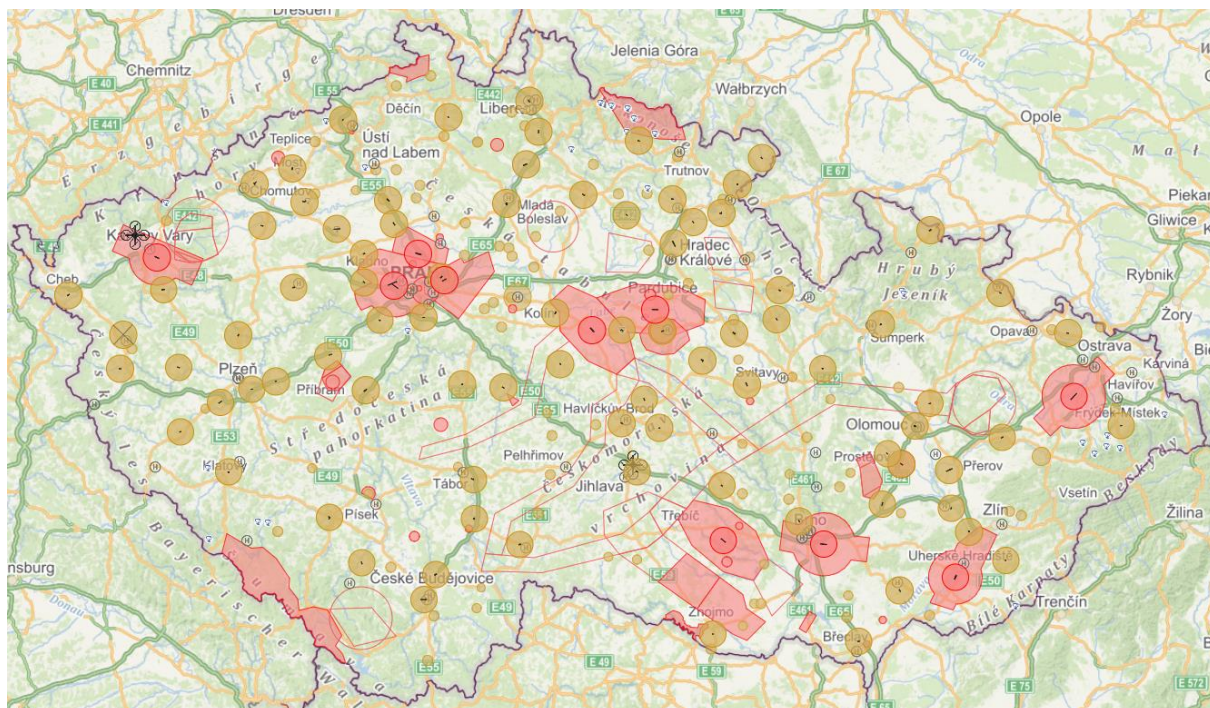
Medzi hlavné nevýhody patrí veľká závislosť na počasí a podnebných podmienkach, tým že sú drony ľahké, stávajú sa pri zvýšenom vetre alebo daždi horšie ovládateľné. Ďalšími nevýhodami je pomerne malý dolet dosahujúci len desiatky km v porovnaní s pilotnými zariadeniami. Krátky letový čas z dôvodu malých batérií. Pri logistickom využití nízka nosnosť. Drony predstavujú veľké riziko pre pilotné prostriedky pretože neobsahujú systém na identifikáciu svojej polohy v letovom priestore a nie sú tak viditeľné pre radary pilotných zariadení pričom hrozí kolízia s týmito prostriedkami. [28]

8.4 Nutné požiadavky k povoleniu lietania s dronmi

Návrh pravidiel pre lietanie s dronmi v EÚ vypracováva EASA (European Union Aviation Safety Agency), ktorými sa riadi Úrad Civilného letectva v ČR. Momentálne je v platnosti legislatíva z 31.12. 2021 vychádzajúca z predpisov EASA. Pre bežných užívateľov je povinná registrácia prevádzkovateľa bezpilotného systému na stránkach ÚCL a následné absolvovanie školenia a online testu, ktorého úspešné zakončenie vedie k získaniu preukazu oprávneného prevádzkovať dron po dobu 5 rokov. [29]

8.5 Pásma možného lietania s dronmi

Vysoké riziko kolízie lietadiel s bezpilotnými systémami prinútilo stanoviť vyhradené miesta pohybu pre tieto zariadenia. Preto je pred každým letom potrebné oboznámiť sa s miestnymi podmienkami. Prehľadnú a presnú mapu povolených, obmedzených či popríklad úplne zakázaných území v ČR pre prevádzkovateľa možno získať z dostupnej internetovej adresy: <https://dronview.rlp.cz/> vid' obrázok č. 39.



Obrázok 26: Letecké zóny v ČR [30]

Základné rozdelenie vzdušného priestoru sa delí na triedu G (ground) siahajúcu do 300 m výšky od hladiny zeme. Vyššie nad triedou G sú ďalej vzdušné priestory s označením E, D a C ohraničenými letovými hladinami FL (Flight Level). Na obrázku č. 39 možno rozoznať tri typy obmedzenia území tzv. geozón. Prvým typom je oblasť ATZ (Aerodrome Traffic Zone) letisková prevádzková zóna vyznačená svetlozelenou farbou kruhového tvaru s malou čiarkou značiacou smer pristávajúcej dráhy. Druhým typom sú zóny ATC (Air Traffic Control) vyznačené rovnakým tvarom červenej farby s pridaným ohraničeným tvarom rozsiahlejšej oblasti pristávacej dráhy. Ide o väčšie letiská kontrolované radiaciami vežami. Posledným typom sú ochranné pásma, ktoré môžu byť spravidla: okolie nadzemných dopravných stavieb, okolie nadzemných telekomunikačných sietí, okolie nadzemných inžinierskych sietí, okolie vodných zdrojov, zvláštne chránené krajinné územia a okolia objektov dôležitých pre ochranu štátu. Pre každú z vyššie spomínaných oblastí platia odlišné pravidlá a podmienky v závislosti od typu dronu tried A1, A2 a A3. Pre dôkladnejšie zoznámenie sa s podmienkami konkrétnych zón je vhodné navštíviť stránky ÚCL. [29] [31]

8.6 Vhodný variant dronu určeného pre špecifikáciu PKO na OK Elios 3

Patrí medzi najšpičkovejšie komerčne dostupné bezpilotné zariadenia. Za jeho vznikom stojí švajčiarska firma Flyability, ktorá sa venuje špeciálnym dronom od roku 2014. Medzi hlavné priority firmy patria produkty schopné odolávať najnáročnejším podmienkam, čo Elios 3 dozaista splňuje. Ide o bezkonkurenčný bezpilotný produkt v oblasti



Obrázok 27: ELIOS 3 [33]

protikoróznej inšpekcie. Kombinácia inteligencie, všestrannosti a spoľahlivosti, vďaka ktorej možno rýchlo a presne zaznamenávať údaje z reálneho sveta a prenášať ich do virtuálneho. Na prvý pohľad je dron špecifický svojou pružnou ochrannou kliečkou, skladajúcou sa z kevlarovo kompozitových tyčí a elastomernej suspenzie, umožňujúcou mu pohybovať sa aj v stiesnených priestoroch bez poškodenia akéhokoľvek komponentu. Veľkou výhodou následne je, že prevádzkovateľ je vďaka nej schopný zaznamenať údaj a dostať sa k miestu vady z čo najbližšej vzdialenosti. Ako jediný svojho druhu je pri náraze a prípadnom pretočení o 360° schopný ustáť náraz bez najmenšieho porušenia. Poháňaný je pomocou štyroch reverzných motorov, čo z neho robí kvadrakoptéru. Dron je vybavený najmodernejšími prvkami ako 4K Ultra HD kamera, termovizuálna kamera, lidar, grafickým 2D a 3D snímačom a vzdialenostným senzorom umiestnenými na otočnej hlavici s rozpätím otočenia o 180°. Tvoria ho 4 predné šikmé osvetlenia s výkonom 100W, zároveň odolné voči prachu, umožňujúce prácu aj vo veľmi tmavých a prašných prostrediach s nízkou viditeľnosťou. Vhodne a vodeodolne navrhnutý dizajn zabraňuje aj prípadnému prístupu tekutiny. Dron tvorí aj sofistikované GPS zariadenie zobrazujúce dráhu letu s tvarom okolitého prostredia. Vďaka lidarovému systému je takmer okamžite po absolvovaní inšpekcie schopný

poskytnúť mapu alebo 3D dokumentáciu modelu skúmaného objektu, s ktorým ďalej možno pracovať v CAD programoch a pod. Miernou nevýhodou sú batérie s kapacitou 4350 mAh, vďaka ktorým je schopný nepretržitej inšpekcie po dobu 12 min. [32] [33]

8.7 Nami používaný dron Dji Mavic Air 2

Dron druhej generácie modelov Mavic Air od spoločnosti Dji. Spočiatku sa firma venovala prototypom menších helikoptér, no od roku 2013 sa venuje aj výrobe a vývoju dronov. Firma investuje veľké finančné prostriedky do inovácií, a preto jej produkty na trhu patria už dlhodobo medzi najžiadanejšie.



Obrázok 28: Dji Mavic Air 2 [autor]

V tomto prípade ide taktiež o kvadrakoptéru so 4 motorčekmi schopnými dosiahnuť rýchlosť v horizontálnom smere až 70 km/h. Medzi najväčšie výhody tohto dronu patrí dĺžka letu, ktorá je na úrovni 34 min na jedno vybitie a to vďaka batérií s kapacitou 3500 mAh. Stabilitu obrazu a snímok zabezpečuje tzv. gimball – kĺbové zariadenie zabezpečujúce stabilitu v 3 osách, v ktorom je uložený objektív. Kamera disponuje 4K videami, prípadne 8K videami v špeciálnom móde. Pokrokový 48 MP fotoaparát sprostredkováva prepracované fotografie, ktoré majú dobrú kvalitu aj pri detailnom priblížení. Pri zhotovovaní fotografie tzv. smart foto systém vyberie ten najlepší snímok z časového úseku po stlačení spúšte. Pomocou tzv. focus track funkcie je možné označenie požadovaného sledovaného objektu. Dron sa následne sústreďí na požadovaný objekt alebo jeho časť a sníma ho z viacerých uhlov a automaticky sa pri tom vyhýba prekážkam. Detekciu prekážok zabezpečujú 3 typy senzorov na prednej, zadnej a spodnej časti dronu. S váhou iba 570 g je ľahko prenosný a vhodný pre menej obmedzujúce priestory. Výhodou je jednoduché a prehľadné ovládanie pomocou mobilného displeja na vzdialenosť až 10 km. Nami používané

zariadenie je ďalej vylepšené o Gopro Hero 8 kameru pripevnenú na vrchnej časti drona pomocou stahovacích pásov a umožňuje tak vizuálny záber priamo nad dronom. Ďalej je dron opatrený dvoma penovými slamkami kvôli ochrane pred potopením pri prípadnom zlyhaní funkcií nad vodnou hladinou. [29] [34]

EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

9. Analýza možnej dostupnosti na zvolených príkladoch OK

9.1 Most Vysočina



Obrázok 29: Most Vysočina [autor]

Popis: Prvé úvahy o nutnosti postavenia mostu, ktorý by spojoval dve najväčšie mestá v ČR, sa objavili už pred druhou svetovou vojnou. Výsledný koncept tvoril spojený trámový most komorového prierezu s ortotropnou mostovkou. Výroba OK bola zahájená v roku 1974 a do prevádzky bol most uvedený už v roku 1978. Geometriu mostu tvoria

dve samostatné konštrukcie podopreté tromi dvojicami nosných betónových pilierov tvaru H. Hlavnú vodorovnú nosnú konštrukciu tvoria dva spojené nosníky so štyrmi poľami a rozpätím $80 + 110 + 135 + 100$ m, a teda celkovej dĺžke mostnej konštrukcie 425 m. Ide o komorové nosníky s rozmermi výšky 4100 mm a šírky 6000 mm. Ortotropná mostovka tvorí horný pás skladajúci sa z plechu 10 až 18 mm, z pozdĺžnych uzatvorených výstuh lichobežníkového prierezu a priečných zváraných výstuh tvaru T. Steny komorových nosníkov sú z vnútornej strany taktiež vystužené zvislými výstuhami tvaru T a pozdĺžnymi výstuhami z uholníkov. V 60 % výšky steny nosníkov je konštrukcia opatrená preplátavaním s použitím predpätých šrobov. [35]

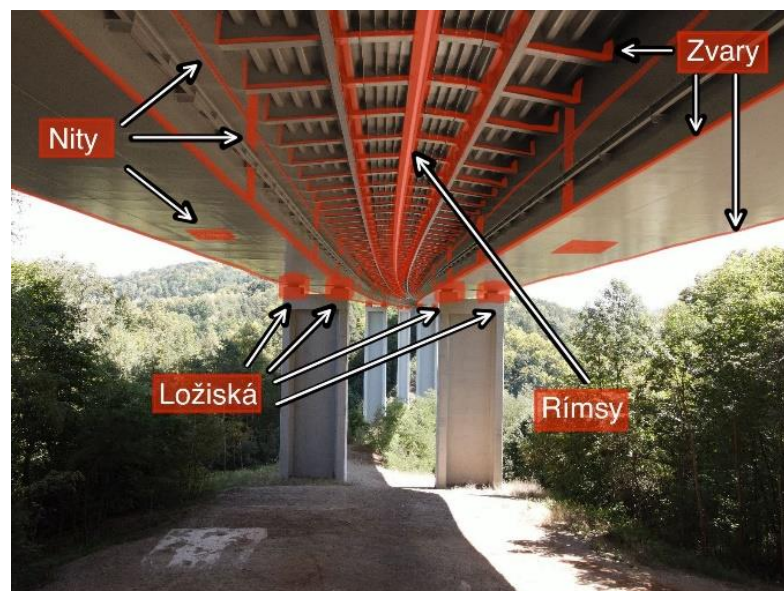
Stav: Po 42 rokoch prevádzky prešiel most v rokoch 2019-2021 kompletnou obnovou. Boli kompletne vymenené mostné závery a rozšírená nosná konštrukcia. Použitý bol duplexný ochranný systém na celej ploche OK s výnimkou horizontálnej mostovky, kde bol po vysokotlakom čistení vodou a následným otryskaním nanosený hydroizolačný povlak. [35]

Poloha: Nachádza sa na 144,5. km v smere z Brna do Prahy kde spája Fajtov kopec a Rakúvky. [35]

Korózna oblasť : Z vypočítaných hodnôt ide o oblasť so stupňom koróznej agresivity C3, my však budeme na základe platného predpisu ŘSD TKP 19B uvažovať stupeň C4.

Významné kontrolné miesta

Medzi dôležité miesta patria najmä zvary, nity, rímasy a ložiská. Patria tu taktiež aj vnútorné zvary v konštrukcii. Je preto nutné mať umožnený prístup do vnútorných komôr OK. Táto analýza sa zaoberá najmä exteriérovou časťou OK, ktorú možno realizovať za prevádzky.



Obrázok 30: Most Vysočina-dolná časť- kontrolné miesta
[autor]

Dostupnosť priamych kontrol

Pri priamych kontrolách vidieť pomerne obmedzenú možnosť kontroly z pešej oblasti. O niečo väčšiu oblasť možno kontrolovať z horolezeckého hľadiska, avšak nie je možné skontrolovať dno a vnútorné ložiská OK. Z hľadiska plošiny alebo lešenia možno kontrolovať celú plochu OK, ale len do určitej vzdialenosti, približne 30 m.



Obrázok 32: Most Vysočina-sever PK [autor]



Obrázok 31: Most Vysočina-dolná časť PK [autor]

Dostupnosť nepriamych kontrol – dron

Pomocou dronu možno skontrolovať takmer celú plochu OK s výnimkou ložísk a medzery medzi oboma OK. Dôvodom neprístupnosti je veľmi malý zúžený priestor, kde by hrozila kolízia lopatiek dronu s OK.



Obrázok 34: Most Vysočina – dolná časť NK [autor]



Obrázok 33: Most Vysočina – sever NK [autor]

Zaznamenané vady OK fotoaparátom pomocou dronu

Keďže je most po rekonštrukcii z roku 2021 vo veľmi dobrom stave neboli zaznamenané žiadne väčšie poškodenia alebo porušenia PKO. Taktiež nevýhodou v tomto prípade je svetlý biely odtieň náterového systému ,od ktorého sa odráža svetlo a zo snímkov je náročnejšie spozorovať poškodenia. Aj napriek tomu sa jednalo len zväčša o povrchové nečistoty na vodorovných plochách z dôvodu hniezdenia vtáctva.



*Obrázok 35: Most Vysočina -Dji kamera
[autor]*



*Obrázok 36: Most Vysočina,
šróbové spoje- Dji kamera
[autor]*

9.2 Most pod Vyšehradom



Obrázok 37: Most pod Vyšehradom – juh
[autor]

Popis: Výstavba sa datuje v roku 1901. Ide o železničný dvojkoľajový trámový priehradový most ponad rieku Vltavu. Most sa skladá v hornej časti z polo parabolických pásov a dolnej mostovky. Má dva hlavné nitované nosníky. Priehradový nosník sa skladá z horného a dolného pasu, zo zvislíc a tiahnutých diagonál. [36]

Stav: Na moste od jeho existencie neboli vykonané žiadne väčšie opravy nosnej konštrukcie a aj po 120 rokoch je most stále schopný prevádzky. V blízkej budúcnosti by však mal byť odstránený a nahradený novým. [36]

Poloha: Most je situovaný v časti Praha 2 kde spája nábrežia Rašínovo a Horejší.

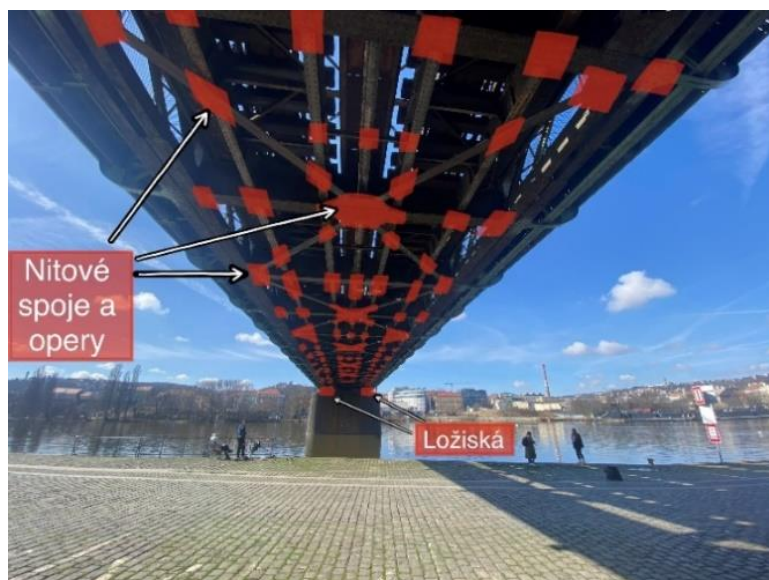
Korózna oblasť: Z vypočítaných hodnôt ide o oblasť so stupňom koróznej agresivity C3, my však budeme na základe platného TKP S 5/4 uvažovať stupeň C4 z dôvodu výskytu vodnej hladiny pod OK.

Významné kontrolné miesta

Dôležité miesta tvoria najmä nitové spoje, opery, spoje nosníkov, ložiska, dolné pásnice, kúty a priečinky. Taktiež miesta malých káps, kde sa môže zdržiavať voda a vnikáť vodná korózne napadnutie. Podstatné sú tiež plochy stykových prvkov konštrukcie, kde môže dochádzať k koróznemu zväčšovaniu.



Obrázok 38: Most pod Vyšehradom – vnútorná časť [autor]



Obrázok 39: Most pod Vyšehradom – dolná časť významné kontrolné miesta [autor]

Dostupnosť priamych kontrol

Z fotografických dokumentácií možno vidieť, že najlepší prístup k všetkým miestam má horolezecký variant. Ten je obmedzený len vo vnútornej strane kabelami. Pešiu oblasť tvorí len oblasť chodníku po výšku 2 m, kde je ešte možné dočiahnuť rukou a zaznamenať údaje. Spodnú časť mostu možno celú skontrolovať pomocou horolezectva a časť mostu by bolo možné skontrolovať pomocou rýchleho lešenia alebo plošiny len po šírku Náplavky, čo predstavuje zhruba 15 m.



Obrázok 40: Most pod Vyšehradom –
dolná časť PK [autor]



Obrázok 41: Most pod Vyšehradom – juh
PK [autor]

Dostupnosť nepriamych kontrol – dron

Pri zložitosti OK tohto typu s veľkým množstvom nitových spojov, priečok a nosníkov má dron výrazne zhoršené podmienky lietania. To zužuje možné oblasti kontroly. V hornej časti mostu sú nedostupné miesta spojenia dvoch polí, kde je veľmi úzka medzera, oblasti v blízkosti kabeľou minimálne do 1 m, čo značne znemožní prístup ku kontrole najvyšších častí mostu. V spodnej časti sú neprístupné vzduchové kapsy obmedzené nosníkmi.



Obrázok 42: Most pod Vyšehradom – juh NK [autor]



Obrázok 43: Most pod Vyšehradom – vnútorná časť NK [autor]



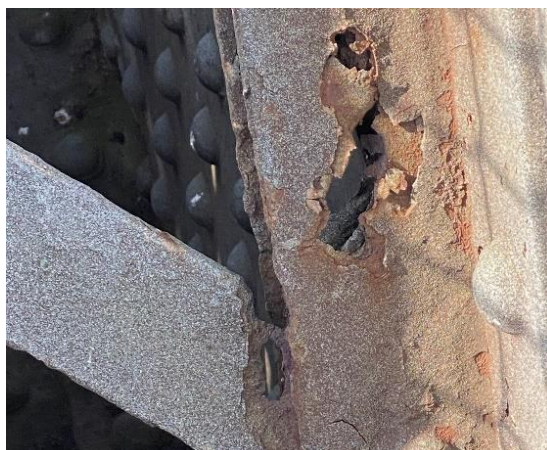
Obrázok 44: Most pod Vyšehradom – dolná časť NK [autor]

Zaznamenané vady OK fotoaparátom pomocou dronu

Z fotografickej snímky obrázku č. 45 možno vidieť viacero druhov poškodenia ,ktoré sa veľmi často na OK vyskytovali. Na snímke vidieť koróziu nitov, štrbinovú koróziu a bodovú koróziu. Na obrázku č. 46 zase vidíme drobné náznaky odlupovania a vznik dier skrz celý profil konštrukcie z dôvodu silného pôsobenia korózie.



Obrázok 45: Most pod Vyšehradom- Dji kamera [autor]



Obrázok 46: Most pod Vyšehradom- Gopro kamera pohľad zdola [autor]

9.3 Most Lovosice

Popis: Ide o jednokoľajový most so siedmimi otvormi a s dolnou mostovkou



a priebežným koľajovým lôžkom cez rieku Labe. Nosnú konštrukciu tvoria tri trámy vystužené oblúkom s dolnou ortotropnou mostovkou s rozpätím $3 \times 74,37\text{m} + 2 \times$ trámový spojitý nosník s dolnou ortotropnou mostovkou o rozpätí $2 \times (24,5 + 24,4)$. [37]

Obrázok 47: Most Lovosice-východ [autor]

Stav: Most je po rekonštrukcii v roku 2015. Z konštrukčného hľadiska je vo veľmi dobrom stave avšak z hľadiska protikoróznej ochrany boli nájdené viaceré vady náterov ako odlupovanie, nečistoty v nátere a zlé prevedenie niektorých zvarových spojov.

Poloha: Most je situovaný medzi stanicami Lovosice a Žalhostice cez rieku Labe. Nachádza sa v tesnej blízkosti priemyselného podniku Lovochemie.

Korózna oblasť: Z vypočítaných hodnôt ide o oblasť so stupňom koróznej agresivity C3, my však budeme na základe platného TKP S 5/4 uvažovať stupeň C4 z dôvodu výskytu vodnej hladiny pod OK.

Významné kontrolné miesta

Dôležité kontrolné miesta tvoria miesta votknutia nosných prutov, zvary a ložiská. Miesta v oblasti nosných U-profilov pre potrubie kde sa náhle menia tvary konštrukcie a tá je potom náchylnejšia k povrchovým vadám. Ďalej sú to zákutia oblúkov a miesta spojenia dvoch polí kde vietor nahrnie rôzne nečistoty a vodu.



Obrázok 49: Most Lovosice – dolná časť významné kontrolné miesta [autor]



Obrázok 48: Most Lovosice – západná časť významné kontrolné miesta [autor]

Dostupnosť priamych kontrol

Na základe fotografických snímok možno vidieť obsah dostupnej plochy jednotlivých prístupov. Peší prístup umožňuje skontrolovať všetky plochy do približne 2 m výšky na vnútorných stranách mostu. Na vonkajšej strane umožňuje skontrolovať len asi 30 cm výšky trámu. Začiatok a koniec polí je opatrený rebríkom čo umožňuje pomerne pohodlne skontrolovať ložiská. V spodnej časti sú možnosti kontroly úplne rovnaké ako v predchádzajúcom prípade z obrázku č. 40.



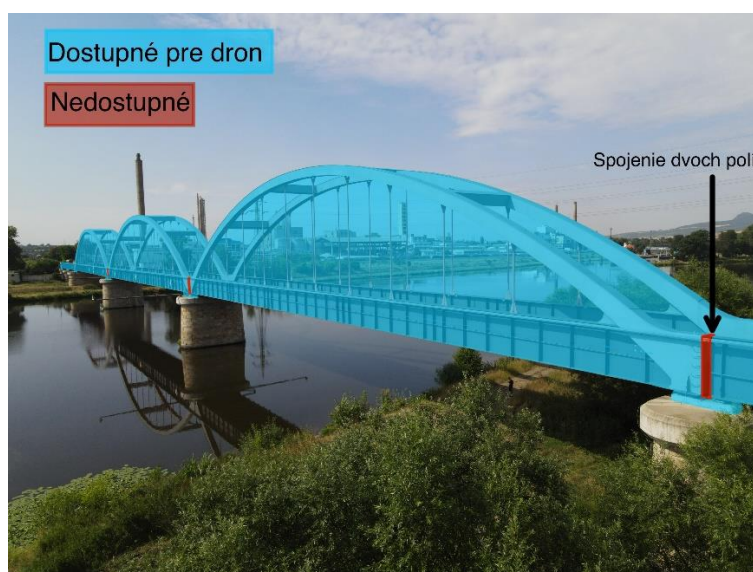
Obrázok 50: Most Lovosice-východ PK [autor]



Obrázok 51: Most Lovosice-dolná časť PK [autor]

Dostupnosť nepriamych kontrol – dron

Z fotografických snímok možno vidieť, že dostupnosť dronu na tomto type mostu je veľmi vysoká. Most neobsahuje žiaden chodník pre chodcov a tým pádom dronu nič nebráni v snímaní ložísk z vonkajšej strany. Dron je tu schopný vizuálne skontrolovať takmer všetky miesta okrem ložísk z vnútornej strany, káps nachádzajúcich sa nad kamennými stojkami, tenké priestory medzi potrubím a trámami a v poslednom rade spojenie polí, všetko z dôvodu veľmi úzkeho priestoru kam by sa dron nedostal. Pre dron v tomto prípade inak nepredstavujú prekážku žiadne kably ani iné obmedzenia.



Obrázok 52: Most Lovosice – východ NK [autor]



Obrázok 53: Most Lovosice - dolná časť NK [autor]

Zaznamenané vady OK fotoaparátom pomocou dronu

Napriek tomu , že konštrukcia prešla rekonštrukciou v roku 2015 boli zaznamenané viaceré poškodenia. Najviac však odlupovanie náterových systémov a následná korózia plôch a zvarov kde náterový systém následkom odlupovania odstránil.



Obrázok 55: Most Lovosice- Gopro kamera pohľad zdola



Obrázok 54: Most Lovosice- Dji kamera pohľad zhora

10. Technicko-ekonomické zhodnotenie

Voľba inšpekcie pomocou dronu so sebou prináša celý rad výhod. Zrýchlenie a uľahčenie práce. Pohodlné preskúmanie konštrukcií bez potreby dlhých a nákladných metód ako je použitie lešenia, plošín, pojazdných lávok a pontónov v riečnych oblastiach. Vďaka jednoduchému ovládaniu môžu byť drony nasadené pohotovo do akcie. Identifikácia existujúceho alebo potencionálneho problému je následne takmer okamžitá. Ide teda o včasnú detekciu vady, ktorá by v prípade neskoršieho zistenia mohla spôsobiť závažnejšie poškodenie. Najväčšou výhodou inšpekcie pomocou dronu je snímanie a pohľad na konštrukciu z miest, kde by bolo obťažné, v mnoho prípadoch nemožné a nebezpečné sa pre človeka dostať a pozorovať problém ľudským okom. Na druhej strane vykonávanie inšpekcie pomocou dronu so sebou prináša aj určité nevýhody. Pre obsluhu zariadenia je nutný certifikovaný pracovník po absolvovaní školenia. Priestor v oblasti monitorovaného objektu je vo veľa prípadoch dosť obmedzený. Hrozí riziko kolízie, a preto je nutné brať veľký dôraz na bezpečnosť pomerne ľahko poškoditeľného dronu, pracovníkov a iných osôb v priestore monitorovaného objektu. Pri vysokých konštrukciách je potrebné vopred oznámiť vykonávanie inšpekcie a koordinovať lety s riadiacimi centrami. Veľká náročnosť z hľadiska počasia. Nepriaznivé poveternostné podmienky ako silný vietor alebo privalový dážď môžu zásadne sťažiť podmienky pre let. V dôsledku obmedzenej výdrže batérie môžu inšpekcie prebiehať len v intervaloch, vždy je nutné po určitej dobe vymeniť batériu za nabitú a ďalej pokračovať v inšpekcií, tým sa postup mierne spomalí.

Z ekonomického hľadiska ide o pomerne vysokú obstarávaciu cenu dronov. Cena bežných komerčných dronov sa pohybuje v desiatkach tisíc Kč. Na rozdiel od špeciálne vybavených dronov s komponentami priamo pre inšpekčné účely, kde sa cena môže vyšplhať až na pol milióna Kč. Vysoká cena týchto zariadení má za následok taktiež vysokú cenu servisov a náhradných dielov pri poruche. Celkové výdavky na údržbu zariadení pri pravidelnom vykonávaní inšpekcií je takmer nulová. V porovnaní s ostatnými metódami inšpekcií nie sú potrebné žiadne výdaje na zlepšenie prístupu ku konštrukcií ako je tomu napríklad pri potrebe

horolezeckého zásahu, ktorý musia vykonávať poverené a preškolené osoby, pričom je zásah zdĺhavý a zároveň drahší. V prípade potreby manipulačnej plošiny alebo lešenia je nutné rátať s výdavkami pre logistiku, montáž a demontáž a cena tak za prenájom prudko rastie. Vplyv na cenu prenájmu má samotný typ konštrukcie, podľa ktorej sa cena kalkuluje a častokrát sa pohybuje v desiatkach tisíc Kč. Avšak vykonávania inšpekcie dronom sa tieto výdavky netykajú. Pre realizovanie inšpekcie pomocou dronu stačia prevažne len dvaja špecialisti (pilot a korozný inšpektor). Cena práce pre personál je tak výrazne nižšia.

11. ZÁVER

Úlohou tejto bakalárskej práce bolo v prvej časti oboznámenie sa s fyzikálno-chemickými javmi korózie prebiehajúcimi a najčastejšie sa vyskytujúcimi na ocelových konštrukciách. Rozbor konkrétnych druhov, ich rozdelením, príčinami vzniku a fungovaním mikro procesov. Predstavené druhy korózie sú vyfotografované a opísané formou jednoduchej tabuľky. Práca sa ďalej venuje opisu PKO používaných v súčasnosti proti týmto nežiadúcim javom, realizovaným kontrolám a klasifikáciou korózných prostredí. Spomenuté sú taktiež aj legislatívne predpisy, na základe ktorých sú PKO vykonávané. Rešeršnú časť práce zakončuje predstavenie novej alternatívy pre problematiku inšpekcie PKO, a tým sú drony. Predstavené sú dva varianty dronov z hľadiska doposiaľ najlepšieho variantu pre monitoring a kontrolu OK a nami použíwanej komerčnej varianty.

V praktickej časti práce sa zhotovili snímky z troch odlišne situovaných mostných konštrukcií. V prvom prípade mostu Vysočina ide o pomerne jednoduchú a priaznivú konštrukciu z hľadiska inšpekcie dronom. Bolo sa ním možné dostať takmer kamkoľvek v exteriéri mostu. Inšpekcia interiéru konštrukcie nami používaným dronom je nemožná. V druhom prípade mostu pod Vyšehradom ide o zjavne zložitejšiu stavbu, čo predstavuje pre dron obmedzenejšie podmienky lietania. Konštrukcia železničného mostu Lovosice obsahuje podobné prvky ako u predošlých dvoch konštrukcií, a preto vo väčšine časti mostu bol prístup pomocou dronu priaznivý. Záverom možno konštatovať, že na základe porovnaní snímok iných metód prístupu má dron najrozsiahlejšiu oblasť vizuálneho prístupu na všetkých troch konštrukciách. Je potrebné zdôrazniť, že výsledky snímok prístupnosti dronu by vychádzali podstatne priaznivejšie v prípade používania sofistikovanejšieho zariadenia. Analýza a poznatky tejto práce môžu slúžiť ako utvrdenie sa čitateľa pri uvažovaní o možnosti použitia tejto alternatívy vo svojom prípade.

Bibliografia

- [1] KOLÁŘOVÁ, Helena, Vít ŠEDIVÝ a Radek ŠULC. *Základy fyzikální chemie*. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03903-8.
- [2] KOLÁŘOVÁ, Helena. *Chemie*. Vydavatelství ČVUT. Zikova 4,16635 Praha 6: Ediční středisko ČVUT, 1995, 119 s. ISBN 80-01-01309-X.
- [3] DUFEK, Milan a Helena KOLÁŘOVÁ. *Základy obecné a fyzikální chemie*. Vyd. 1. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1997. ISBN 80-01-01681-1.
- [4] RIGGS JR., Olen a Carl LOCKE. *Anodic Protection: Theory and Practice in the prevention of Corrosion*. United States, 1981. ISBN 9780306405976.
- [5] DUFEK, Milan a Karel HOCH. *Průmyslová chemie*. 1.vyd. Praha: ČVUT, 1992. ISBN 80-01-00839-8.
- [6] BARTONÍČEK, Robert. *Navrhování protikorozi ochrany*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1980. Koroze a ochrana materiálů.
- [7] POLÁK, Josef a Pavel VELETA. *Rukověť katodické protikorozi ochrany*. 1. vyd. Praha: Český plynárenský svaz, 2002. ISBN 3-527-29586-0.
- [8] KREIBRICH, Csc, a Karel HOCH. *Koroze a technologie povrchových úprav*. České vysoké učení technické v Praze. Praha 1, Husova 5: Ediční středisko ČVUT, 1984.
- [9] DONOVAN, P.D. *Protection of metals from corrosion in storage and transit*. 1986. ISBN 978-0853126904.
- [10] ČERNÝ, Miroslav. *Korozi vlastnosti kovových konstrukčních materiálů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1984.
- [11] ČSN EN ISO 12 944-2. *Koroze kovů a slitin – Korozi agresivita atmosféry*. Český normalizační institut. Praha, 2017.
- [12] SLOVENSKÁ REPUBLIKA. *Technické kvalitaivné podmienky: Ochrana oceľových konštrukcií proti korózií*. In: . 2013, ročník 2013, číslo 21. Dostupné také z: https://www.ssc.sk/files/documents/technicke-predpisy/tkp/tkp__21__2013.pdf

- [13] KNOTKOVÁ, Dagmar a Kateřina KREISLOVÁ. *Korozní agresivita atmosféry a metody predikce atmosférické koroze*. 3. Praha: SVÚOM, 2010. Metody sledování životnosti. ISBN 978-80-87444-03-0.
- [14] *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací: Kapitola 19 Protikorozní ochrana ocelových mostů a konstrukcí při opravách a rekonstrukcích část B*. In: . nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12: MD-5267, 2013, ročník 2013, číslo 120. Dostupné také z: https://pjk.rsd.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP_19_B.pdf
- [15] *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací: Kapitola 19 Protikorozní ochrana ocelových mostů a konstrukcí při opravách a rekonstrukcích část C*. In: . nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12: MD-5267, 2021, ročník 2020, číslo 120. Dostupné také z: https://pjk.rsd.cz/data/USR_001_2_6_TKP/TKP19C_2021_final.pdf
- [16] TN 33. *TECHNICKÁ NORMA: Nátěry a sanace ocelových konstrukcí vedení a elektrických stanic*. ČEPS. 2015.
- [17] ČESKÁ REPUBLIKA. *SŽDC S5/4: Protikorozní ochrana ocelových konstrukcí*. In: . Praha: Správa železniční dopravní cesty, 2019, ročník 2019, číslo 1. Dostupné také z: https://www.spravazeleznice.cz/documents/50004227/139626480/SZDC_S5L4_20190701.pdf/965864fa-d7a9-47d2-964e-65c3fa1001ec?version=2.0
- [18] ZRŮNEK, Miroslav. *Úprava povrchu kovových konstrukcí*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN 602.197:624.014.
- [19] PAWLOWSKI, Lech. *The science and Engineering of Thermal Spray Coatings* [online]. 2. West Sussex PO19 8SQ, England: John Wiley and Sons Ltd, 2008 [cit. 2023-04-03]. ISBN 978-0-471-49049-4. Dostupné z: https://books.google.cz/books?hl=sk&lr=&id=firlir6iX_AC&oi=fnd&pg=PR7&dq=thermal+sprayed+coatings&ots=GUDw6vaVPc&sig=VBooZEqLt8oAbPGH_qhKZtognGo&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- [20] BARTONEK, Daniel. *Korozní ochrana konstrukcí metodami žárových nástřiků*. 2018. Bakalařská práce. VUT Brno. Vedoucí práce Doc. Ing. Vít Jan, Ph.D.
- [21] HAVRÁNKOVÁ, Ing. Zdenka. Žárové zinkování ponorem: - základní informace pro uživatele. In: *Asociace českých a slovenských zinkoven* [online]. 2006 [cit. 2023-08-07]. Dostupné z: <http://www.acsz.cz/clanek/zarove-zinkovani-ponorem-zakladni-informace-pro-uzivatele/>
- [22] BARTONÍČEK, Robert. *Koroze a protikoroze ochrana kovů*. 1. vyd. Praha: Akademie, 1966.
- [23] SLOVENSKÁ REPUBLIKA. *Technické podmienky: Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy*. In: . Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR, 2012, ročník 2012, číslo 1. Dostupné také z: <https://docplayer.cz/108242426-Katalog-poruch-mostnych-objektov-na-dialniciach-rychlostnych-cestach-a-cestach-i-ii-a-iii-triedy.html>
- [24] SIGMUND, Ing. Jaroslav. Praktické ukázky vlivu konstrukčních detailů ocelových konstrukcí na chování nátěrových povlaků: 4. část. In: *IMateriály* [online]. 2013 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/stavebni-chemie/prakticke-ukazky-vlivu-konstrukcni-detailu-ocelovych-konstrukci-na-chovani-naterovych-povlaku-4-cast_105008.html
- [25] Ocelové a stavební konstrukce. In: *Tediko* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://www.tediko.cz/ocelove-a-stavebni-konstrukce/>
- [26] WEATHERHEAD, Roger a Peter MORGAN. *Fitz' s Atlas of coating defects* [online]. Hartley Wintney hampshire RG21 6UH ,UK: MPI Group [cit. 2023-03-30]. ISBN 0 9513940 2 9. Dostupné z: <https://www.daryatamin.com/wp-content/uploads/2019/11/Fitzs-Atlas-of-coating-defects.pdf>

- [27] GATTERMAYEROVÁ, CSC, doc. Ing. Hana. Kotvení ocelových konstrukcí. In: ASB [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/kotveni-ocelovych-konstrukci>
- [28] KARAS, Jakub a Tomáš TICHÝ. *Drony*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4680-4.
- [29] NOVÁK, Jan A. *Drony: kompletní průvodce včetně přehledu nové legislativy*. První vydání. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-0775-9.
- [30] Dronview. In: *Rlp.cz* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://dronview.rlp.cz/>
- [31] Pravidla pro létání s drony, aneb co vše s dronem (ne)smíte. In: *DronPro* [online]. 2017 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://dronpro.cz/pravidla-pro-letani-aneb-co-vse-s-dronem-ne-smite>
- [32] ELIOS 3. In: *Flyability.com* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.flyability.com/elios-3>
- [33] Drony: Flyability elios 3. In: *DronySIT* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.dronysit.cz/drony/flyability-elios-3/>
- [34] Mavic Air 2. In: *Dji.com* [online]. [cit. 2023-03-30]. Dostupné z: <https://www.dji.com/cz/mavic-air-2>
- [35] PECHAL, CSc., Ing. MARVÁN a CSc., ROTTER. *Most Vysočina*. 1. Brno: EXPO DATA, spol. s.r.o., 2021. ISBN 978-80-7293-287-0.
- [36] RYJÁČEK, Ph.D., Ph.D, KUDLÁČEK a doc. SÝKORA PH.D. *Metódy pro zajištění udržitelnosti ocelových mostních konstrukcí industriálního kulturního dědictví*. 1. Thákurova 7,166 29 Praha 6: České vysoké učení technické v Praze, 2022. ISBN 978-80-01-06990-5.
- [37] Rekonstrukce mostu v km38,816 trati Lovosice – Česká Lípa. In: *Topcon.cz* [online]. [cit. 2023-07-31]. Dostupné z: <https://topcon.cz/rekonstrukce-mostu-v-km-80083-trati-lovosice-ceska-lipa/>
- [38] Corrosion. In: *American Galvanizers Association* [online]. [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://galvanizeit.org/corrosion>

- [39] NOVÁKOVÁ, Bc. Michaela. *Vliv deformace na korozní vlastnosti materiálu*. Plzeň, 2016. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Doc. Dr. Ing. Antonín Kříž.
- [40] DRONSKÁ, Jana. Ocel, která zraje do krásy: Patinující ocel ze společnosti VÍTKOVICE STEEL je atraktivní vzhledově, ekonomicky i ekologicky. In: *Silnice Železnice* [online]. 2021 [cit. 2023-04-03]. Dostupné z: <https://silnice-zeleznice.cz/zajimavosti/ocel-ktera-zraje-do-krasy-patinujici-ocel-ze-spolecnosti-vitkovice-steel-je-atraktivni-vzhledove-ekonomicky-i-ekologicky-527>

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Stupne koróznej agresivity.....	25
Tabuľka 2: Vady PKO na OK.....	33

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Korózia konštrukcie [38]	14
Obrázok 2: Korózia v elektrolyte [39].....	15
Obrázok 3: Šróbový spoj [autor]	16
Obrázok 4: Patinujúca oceľ -Ostrava [40]	17
Obrázok 5: Rovnomerná korózia [autor].....	18
Obrázok 6: Bodová korózia [autor].....	19
Obrázok 7: Štrbinová korózia [autor].....	20
Obrázok 8: Mapy korózných rýchlostí vybraných kovov po prvom roku expozície (g.m – 2) r. 2001 [13]	26
Obrázok 9: Zábradlie v betóne [24].....	33
Obrázok 10: Korózia pod náterom [25]	33
Obrázok 11: Kotevné šróby [27].....	34
Obrázok 12: Korózia nitov [autor].....	34
Obrázok 13: Korózia ložiska [23].....	34
Obrázok 14: Mostný záver [23]	35
Obrázok 15: Odlupovanie náteru [autor]	35
Obrázok 16: Stekaniny [autor].....	35
Obrázok 17: Bubliny pod náterom [26]	36
Obrázok 18: Nečistoty v nátere [autor]	36
Obrázok 19: Praskanie [autor]	36
Obrázok 20: Pomarančová kôra [autor]	37
Obrázok 21: Rozstrek [autor].....	37
Obrázok 22 :Trhlina zvaru.....	37
Obrázok 23: Póry [autor].....	38
Obrázok 24: Miesto zadržiavania vody [26].....	38
Obrázok 25: Korózia v štrbine priehradovej OK [autor].....	38
Obrázok 26: Letecké zóny v ČR [30].....	44
Obrázok 27: ELIOS 3 [33]	46
Obrázok 28:Dji Mavic Air 2 [autor]	47
Obrázok 29: Most Vysočina [autor].....	49
Obrázok 30: Most Vysočina-dolná časť- kontrolné miesta [autor].....	50

Obrázok 31: Most Vysočina-dolná časť PK [autor].....	51
Obrázok 32: Most Vysočina-sever PK [autor].....	51
Obrázok 33: Most Vysočina – sever NK [autor].....	51
Obrázok 34: Most Vysočina – dolná časť NK [autor]	51
Obrázok 35: Most Vysočina -Dji kamera [autor].....	52
Obrázok 36: Most Vysočina, šróbové spoje- Dji kamera [autor]	52
Obrázok 37: Most pod Vyšehradom – juh [autor].....	53
Obrázok 38: Most pod Vyšehradom – vnútorná časť [autor].....	54
Obrázok 39: Most pod Vyšehradom – dolná časť významné kontrolné miesta [autor].....	54
Obrázok 40: Most pod Vyšehradom – dolná časť PK [autor].....	55
Obrázok 41: Most pod Vyšehradom – juh PK [autor].....	55
Obrázok 42: Most pod Vyšehradom – juh NK [autor]	56
Obrázok 43: Most pod Vyšehradom– vnútorná časť NK [autor].....	56
Obrázok 44: Most pod Vyšehradom– dolná časť NK [autor].....	56
Obrázok 45: Most pod Vyšehradom- Dji kamera [autor]	57
Obrázok 46: Most pod Vyšehradom- Gopro kamera pohľad zdola [autor]	57
Obrázok 47: Most Lovosice-východ [autor].....	58
Obrázok 48: Most Lovosice-západná časť významné kontrolné miesta [autor] ..	59
Obrázok 49: Most Lovosice– dolná časť významné kontrolné miesta [autor].....	59
Obrázok 50: Most Lovosice-východ PK [autor]	60
Obrázok 51: Most Lovosice-dolná časť PK [autor].....	60
Obrázok 52: Most Lovosice– východ NK [autor].....	61
Obrázok 53: Most Lovosice -dolná časť NK [autor].....	61
Obrázok 54: Most Lovosice- Dji kamera pohľad zhora.....	62
Obrázok 55: Most Lovosice- Gopro kamera pohľad zdola.....	62
Obrázok 56: Most pod Vyšehradom – Dji kamera, severný pohľad [autor].....	75
Obrázok 57: Most Vysočina -Dji kamera , vnútorný pohľad na mostovku.....	75
Obrázok 58: Most pod Vyšehradom- Dji kamera, korózne napadnutie zvislice [autor].....	75
Obrázok 59: Most pod Vyšehradom - Gopro kamera ,pohľad zdola nitové spoje [autor].....	75
Obrázok 60: Most Lovosice -Dji kamera, pohľad na trám [autor].....	76

Obrázok 61: Most Lovosice -Dji kamera, pohľad na ložiská [autor].....	76
Obrázok 62: Most Lovosice -Dji kamera, pohľad na zvary zvnútra kapsy [autor].	76
Obrázok 63: Most Lovosice- Gopro kamera, pohľad na okraj kapsy zdola [autor]	76

Prílohy



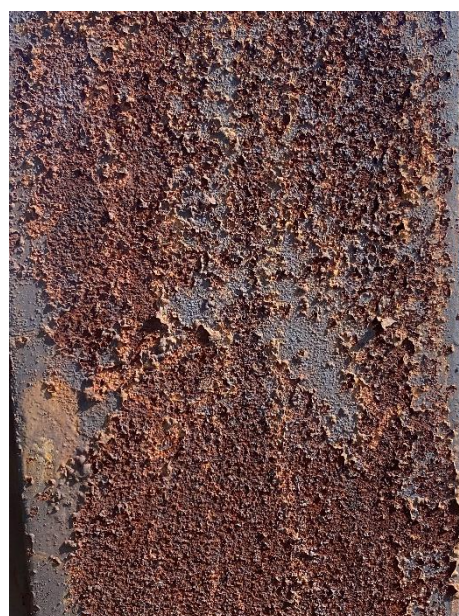
Obrázok 57: Most Vysočina - Dji kamera, vnútorný pohľad na mostovku



Obrázok 56: Most pod Vyšehradom – Dji kamera, severný pohľad [autor]



Obrázok 59: Most pod Vyšehradom - Gopro kamera, pohľad zdola nitové spoje [autor]



Obrázok 58: Most pod Vyšehradom- Dji kamera, korózne napadnutie zvislice [autor]



Obrázok 61: Most Lovosice -Dji kamera, pohľad na ložiská [autor]



Obrázok 60: Most Lovosice -Dji kamera, pohľad na trám [autor]



Obrázok 62: Most Lovosice -Dji kamera, pohľad na zvary zvnútra kapsy [autor]



Obrázok 63: Most Lovosice- Gopro kamera, pohľad na okraj kapsy zdola [autor]