

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



HODNOCENÍ VLIVU ODMRAZOVÁNÍ NA JAKOST
PODZEMNÍCH VOD NA LETIŠTI KARLOVY VARY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Bakalant: Pavel Šípek

©2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pavel Šípek

Územní technická a správní služba v životním prostředí

Název práce

Hodnocení vlivu odmrazování na jakost podzemních vod na letišti Karlovy Vary

Název anglicky

Evaluation of the impact of de-icing on groundwater quality at Karlovy Vary Airport

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce bude seznámit s problematikou celého procesu odmrazování a vyhodnotit dle dostupných měření dopad na podzemní vody. Na konkrétní lokalitě zhodnotit současné postupy a navrhnout další možné alternativní postupy, které by mohly být šetrnější k přírodě a kvalitě podzemních vod. Srovnáním výsledků odběrů a následné analýzy, bude získán základní screening výhledového stavu kvality a množství kontaminovaných vod.

Metodika

Bude zpracována rozsáhlá literární rešerše jak z domácí tak i zahraniční literatury. V bakalářské práci budou popsány metody odmrazování v zimním období na letištních. Dále bude detailně popsáno užívání odmrazovacích kapalin, její třídy užití a příslušné způsoby odmrazování včetně možných ekologicky šetrnějších variant.

V druhé části práce bude popsána metoda odmrazování v zimním období na konkrétní lokalitě – letišti Karlovy Vary. Budou zpracovány data ze stávajících vodoměrných šachet pro odběry podzemní vody, která budou posouzena z pohledu možného znečištění látkami z odmrazování. Bude posouzena budoucí zátěž recipientu Činový potok.

Součástí práce budou i možné návrhy opáření s ohledem na ochranu životního prostředí.

Doporučený rozsah práce

40

Klíčová slova

podzemní voda, námraza, odmrazování, znečištění vod

Doporučené zdroje informací

- AEA, ©2015: Recommendations for De-icing / Anti-icing Aeroplanes on the ground, (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z < <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2869.pdf> >
- AIRWAYS.CZ, ©2009: Odmrazování letadel u českých aerolinií, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < <https://www.airways.cz/zprava/odmrazovani-letadel-u-ceskych-aerolini/> >
- AMES RESEARCH CENTER, ©1997: NASA AMES 'Food Grade' Anti-Icing fluid also reduces auto rust, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < <https://www.nasa.gov/home/hqnews/1997/97-133.txt> >
- AMIL, ©2015: Qualified Fluids Lists, (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z < <https://lima.uqac.ca/aircraft-deanti-icing-fluids/qualified-fluids-lists/> >
- AQUA-CONTACT Praha, ©2007: Letiště Karlovy Vary – Studie koncepce nakládání s kontaminovanými srážkovými vodami na letišti Karlovy Vary a odvození množství kontaminovaných srážkových vod po plánovaném rozšíření letiště Karlovy Vary, Praha, [cit. 2022.03.20]
- AVIATION OIL OUTLET, ©2018: Types of De-icing Fluid Used on Aircraft, (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z < <https://aviationoiloutlet.com/blog/de-icing-fluid/> >
- DEKONTA, ©2021: Modernizace letiště Karlovy Vary – IV. etapa, rozšíření a prodloužení RWY 11/29, (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z < <https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WMzA2N19kb2t1bWVudGFJZURPQ18xNzA3ODcwNzcyMzcwVw> >
- DOHÁNYOS, M. – STRNADOVÁ, N. – KOLLER, J. *Čištění odpadních vod*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1998. ISBN 80-7080-316-9.
- EPA, ©2000: Preliminary Data Summary Airport Deicing Operations (Revised), (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z < <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/airport-deicing-pds-2000.pdf> >
- EPA, ©2012: Users Guide to the Docket for the Effluent Limitation Guidelines and Standards for the Airport Deicing Category; Final Rule, (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z < https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/airport-deicing_docket-users-guide_final-2012.pdf >

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Pavličková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Lenky Pavlíčkové, Ph.D., a že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma hodnocení vlivu chemických látek použitých k odmrazování provozních ploch na jakost podzemních vod vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souladu se zákonem č. 110/2019 Sb. o zpracování osobních údajů (GDPR).

Poděkování

Chtěl bych na tomto místě poděkovat Petrovi Doležalovi, Ph.D., za věcné rady a připomínky, trpělivost a motivující přístup.

Dále patří poděkování mé manželce a dceři, které mě během práce podporovaly.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá monitoringem a hodnocením jakosti podzemních vod v důsledku procesu odmrazování na mezinárodním letišti Karlovy Vary. Na letišti se provádí na několika místech několikrát ročně odběry v měřících hydrogeologických vrtech, aby se zjistily informace, kolik škodlivých látek se dostává z procesu odmrazování do podzemních vod. Odběrná místa byla vybrána dle lokalit možného znečištění zdroje. Většina vrtů se řadí do systému monitoringu kvality podzemních vod. V literární rešerši je zpracovaná problematika procesu odmrazování, který je nedílnou součástí zimního provozu letiště. Součástí práce jsou reálně naměřené hodnoty na těchto místech a proces likvidace odmrazovacích přípravků použitých k odmrazování.

Klíčová slova

Podzemní voda, námraza, odmrazování, znečištění vody

Abstract

The bachelor thesis deals with the monitoring and evaluation of groundwater quality as a result of the de-icing process at Karlovy Vary International Airport. At the airport, sampling in measuring hydrogeological boreholes is carried out at several locations several times a year in order to obtain information on how much harmful substances are entering the groundwater from the de-icing process. The sampling sites were selected based on the locations of potential source contamination. Most of the wells are part of the groundwater quality monitoring system. The literature review discusses the de-icing process, which is an integral part of the airport's winter operations. The work includes actual measurements at these sites and the process of disposal of deicing agents used for deicing.

Keywords

Groundwater, frost, de-icing, water pollution

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíle práce	2
3. Legislativní požadavky na kvalitu vod vypouštěných do vod povrchových	3
3.1 Přehled platné legislativy v EU a v ČR	3
3.1.1 Legislativa EU vzhledem k emisím nutrientů.....	3
3.1.2 Přehled současné legislativy platné v ČR v oblasti vodního hospodářství	4
3.1.3 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a zákon 254/2001 Sb. (vodní zákon)	6
4. Proces odmrazování letadel a letištních komunikací	7
4.1 Odmrazování letadel	7
4.1.1 Úvod k problematice odmrazování letadel	7
4.1.2 Obecné charakteristiky používaných odmrazovacích kapalin.....	8
4.1.3 Aplikace odmrazovacích kapalin	9
4.1.4 Nechemické metody odmrazování letadel	10
4.2 Odmrazování letištních drah a pozemních komunikací.....	11
4.2.1 Mechanické metody čištění pohybových ploch	11
4.2.2 Chemické metody.....	12
5. Prevence negativního vlivu odmrazovacích kapalin na životní prostředí	12
5.1 Alternativní prostředky pro odmrazování letadel a prevenci tvorby námraz 14	
5.2 Metody minimalizace objemu použitých odmrazovacích prostředků na bázi glykolu 15	
5.2.1 Kapaliny Typu II a IV používané k prevenci tvorby námraz na letadlech	15
5.2.2 Prevence vzniku námrazy	16
5.2.3 Odmrazování pomocí tlakového vzduchu	16
5.2.4 Metody minimalizace použití odmrazovacích kapalin ve fázi výzkumu.....	16
6. Toxicita odmrazovacích prostředků	17
5.1 Toxicita odmrazovacích kapalin použitých na letadla	17
6.2 Toxicita prostředků na odmrazování ploch	17
7. Složení kontaminovaných srážkových vod	18
8. Shromažďování kontaminovaných srážkových vod a obvyklé způsoby nakládání s nimi	19
8.1 Koncepce zachytu a předčištění srážkových vod v zimním období.....	20
8.2 Popis technického řešení záměru na vybudování centrální technologické linky a technologické linky	20
9. Nakládání se srážkovými vodami kontaminovaných odmrazovacími prostředky	22
9.1 Biologické čištění zachycených kontaminovaných srážkových vod	22
10. Princip eliminace forem znečištění	23
10.1 Odstraňování organického znečištění	23
10.2 Odstraňování dusíkatého znečištění	25

10.3	Odstraňování sloučenin fosforu	27
11.	Letiště Karlovy Vary.....	27
11.1	Seznámení se zájmovým územím	27
11.2	Současná praxe odmrazování a údržby ploch na LKKV	29
11.2	Odvedení srážkových vod z komunikací	32
12.	Monitoring kontaminace vody v prostoru letiště	33
12.1	Situace a přírodní poměry zájmového území.....	33
12.2	Provedená měření	35
12.3	Výsledky prací	37
12.4	Posouzení vlivu na recipient	39
13.	Diskuze	41
14.	Závěr a doporučení	43
15.	Literatura	44
16.	Seznam obrázků.....	48

1. Úvod

V našich klimatických podmínkách se v zimních měsících nejčastěji setkáváme s námrazou na letadlech a provozních plochách. Jedná se o období od října do dubna, kdy venkovní teplota klesá k nule. K mrazu dochází při teplotách pod cca +3 °C. Vznik závisí na teplotě, vlhkosti nebo hustotě vzduchu a rychlosti, kterou letadla letí. Námrazu může způsobit i přechlazené palivo, a to i v létě. Mnoho odmrazovacích opatření je spojeno s opatřeními proti námraze.

V následujících částech jsou podrobněji popsány různé způsoby odmrazování letadel a pohybových ploch letišť s využitím schválených mezinárodně standardizovaných postupů, včetně možných variant šetrných k životnímu prostředí. Budou také definovány typy chemických rozmrazovacích prostředků obsahujících toxický etylenglykol, proto je nutné s těmito látkami zacházet velmi opatrně.

Dále bude představen koncept zachycování a předčištění dešťových vod a bude zhodnocen jejich vliv na zimní kvalitu podzemních vod na konkrétní lokalitě (letišť Karlovy Vary). Data ze stávajících vzorkovacích šachet podzemních vod budou zpracována a vyhodnocena z hlediska možné kontaminace odmrazovacími látkami. Bude posouzena budoucí zátěž recipientu Cínový potok (ŠVOMA, 1981).

2. Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je seznámit se s problematikou celého procesu rozmrazování a na základě dostupných měření posoudit, jaký vliv má na námi sledované podzemní vody. Díky této literární rešerši jsme mohli zhodnotit současné postupy a navrhnout ekologičtější alternativy.

Porovnáním výsledků odběru vzorků a následným rozbohem byl získán základní screening stavu kvality jakosti a množství znečištěné vody.

3. Legislativní požadavky na kvalitu vod vypouštěných do vod povrchových

3.1 Přehled platné legislativy v EU a v ČR

3.1.1 Legislativa EU vzhledem k emisím nutrientů

Znečištění a zhoršování životního prostředí evropských vod, stejně jako zvýšené povědomí mezi občany a zákonodárci, vedly k druhé vlně legislativních opatření EU na ochranu vod. V roce 1991 byly poprvé přijaty dvě směrnice: The Urban Wastewater Directive – Směrnice Rady 91/271/EHS ze dne 21. května 1991 o čištění městských odpadních vod a The Nitrate Directive – Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů.

Směrnice o čištění městských odpadních vod

Požaduje vybudování čistíren odpadních vod pro všechna místa s EO větším než 2000, zavedení biologického stupně na čistírně odpadních vod k odstranění dusíkatých a fosforových živin a směřování odtoku do vod se zvýšeným nebo náchylným k produkci dusičnanů. Eutrofizace (tzv. citlivé oblasti). Členské státy si mohou vybrat, zda použijí hodnotu koncentrace odpadních vod nebo minimální procento snížení emisí jako indikátory pro kontrolu, zda jsou normy vypouštění dodržovány podle místních podmínek. Tyto emisní normy jsou uvedeny v *Tabulka 1*.

Ukazatel	Koncentrace	Minimální procento úbytku	Referenční stanovení metoda
Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅)	25 mg.l ⁻¹	70–90 % 40 % podle čl. 4 odst. 2 (2 000 – 10 000 EO)	Homogenizovaný, nefiltrovaný a nevyhnilý vzorek. Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku před pětidenní inkubací a po ní inkubace probíhá při 20 °C ± 1 °C v naprosté tmě. Přídavek inhibitoru nitrifikace.
Chemická spotřeba kyslíku (CHSK _{Cr})	125 mg.l ⁻¹	75 %	Homogenizovaný, nefiltrovaný, nevyhnilý vzorek. Dichroman draselný.
Nerozpuštěné látky (NL)	35 mg.l ⁻¹	90 %	Filtrace reprezentativního vzorku membránovým filtrem 0,45 μm. Sušení při 105 C zvážení. Odstředění reprezentativního vzorku (po dobu nejméně pěti minut při průměrném zrychlení 2800 až 3200 rpm).
	35 mg.l ⁻¹ podle čl. 4 odst. 2 (nad 10 000 EO)	90 % podle čl. 4 odst. 2 (nad 10 000 EO)	
	65 mg.l ⁻¹ podle čl. 4 odst. 2	70 % podle čl. 4 odst. 2 (2 000 – 10 000 EO)	

	(2 000 – 10 000 EO)		Sušení při 105 °C a zvážení.
Celkový fosfor (P_{celk})	2 mg.l ⁻¹ (10 000 – 100 000 EO) 1 mg.l ⁻¹ (více než 100 000 EO)	80 %	Molekulární absorpční spektrofotometrie
Celkový dusík (N_{celk})⁵	15 mg.l ⁻¹ (10 000 – 100 000 EO) ⁵ 10 mg.l ⁻¹ (více než 100 000 EO) ⁵	70 - 80 %	Molekulární absorpční spektrofotometrie

Tabulka 1: Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod dle směrnice 91/271/EHS, u ukazatelů dusíku a fosforu se jedná o citlivé oblasti (AQUA-CONTACT PRAHA, 2007)

Směrnice o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů

Hlavním cílem směrnice je snížit znečištění vod zemědělskými dusičnany a zabránit dalšímu znečištění. Členské státy musí definovat citlivé oblasti, které jsou zranitelné vůči eutrofizaci. Mimo citlivé oblasti jsou povinni uzákonit zákony, které záměrně vedou zemědělce k používání více agroekologických postupů (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).

3.1.2 Přehled současné legislativy platné v ČR v oblasti vodního hospodářství

Současná legislativa v oblasti hospodaření s vodními zdroji v České republice viz *Tabulka 2* obsahuje tato ustanovení:

Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)	254/2001 Sb.
Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)	274/2001 Sb.
Nářízení vlády České socialistické republiky o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Beskydy, Jeseníky, Jizerské hory, Krkonoše, Orlické hory, Šumava a Žďárské vrchy	40/1978 Sb.
Nářízení vlády ČSR o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Brdy, Jablůnkovsko, Krušné hory, Novohradské hory, Vsetínské vrchy a Žamberk-Králiky	10/1979 Sb.
Nářízení vlády České socialistické republiky o chráněných oblastech přirozené akumulace vod Chebská pánev a Slavkovský les, Severočeská křída, Východočeská křída, Polická pánev, Třeboňská pánev a Kvartér řeky Moravy	85/1981 Sb.
Nářízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení	401/2015 Sb.

k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech	
Nařízení vlády o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod	71/2003 Sb.
Nařízení vlády o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu	262/2012 Sb.
Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví seznam vodárenských nádrží a zásady pro stanovení a změny ochranných pásem vodních zdrojů	137/1999 Sb.
Vyhláška Ministerstva zemědělství, kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)	428/2001 Sb.
Vyhláška Ministerstva zemědělství o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci	431/2001 Sb.
Vyhláška o náležitostech rozhodnutí a dalších opatření vodoprávního úřadu a o dokladech předkládaných vodoprávnímu úřadu	183/2018 Sb.
Vyhláška, kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků	178/2012 Sb.
Vyhláška Ministerstva zemědělství o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly	471/2001 Sb.
Vyhláška Ministerstva zemědělství o způsobu a četnosti měření množství a jakosti vody	20/2002 Sb.
Vyhláška o náležitostech manipulačních řádů a provozních řádů vodních děl	216/2011 Sb.
Vyhláška Ministerstva zemědělství o podrobném vymezení staveb k vodohospodářským melioracím pozemků a jejich částí a způsobu a rozsahu péče o ně	225/2002 Sb.
Vyhláška o způsobu a rozsahu zpracovávání návrhu a stanovování záplavových území a jejich dokumentace	79/2018 Sb.
Vyhláška o stanovení vodních nádrží a vodních toků, na kterých je zakázána plavba plavidel se spalovacími motory, a o rozsahu a podmínkách užívání povrchových vod k plavbě	46/2015 Sb.
Vyhláška o oblastech povodí	393/2010 Sb.
Vyhláška o poplatcích za vypouštění odpadních vod do vod povrchových	123/2012 Sb.
Vyhláška o rozsahu a způsobu vedení evidence rozhodnutí, opatření obecné povahy, závazných stanovisek, souhlasů a	414/2013 Sb.

ohlášení k nimž byl dán souhlas podle vodního zákona, a částí rozhodnutí podle zákona o integrované prevenci (o vodoprávní evidenci)	
Vyhláška, kterou se zrušuje vyhláška č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody využívané ke koupání osob, ve znění pozdějších předpisů	157/2011 Sb.
Vyhláška o postupu pro určování znečištění odpadních vod, provádění odečtů množství znečištění a měření objemu vypouštěných odpadních vod do vod povrchových	328/2018 Sb.
Vyhláška o rozsahu údajů v evidencích stavu povrchových a podzemních vod a o způsobu zpracování, ukládání a předávání těchto údajů do informačních systémů veřejné správy	252/2013 Sb.
Vyhláška o plánech povodí a plánech pro zvládnutí povodňových rizik	24/2011 Sb.
Vyhláška o náležitostech nakládání se závadnými látkami a náležitostech havarijního plánu, způsobu a rozsahu hlášení havárií, jejich zneškodňování a odstraňování jejich škodlivých následků	450/2005 Sb.

Tabulka 2: Stávající legislativa

(<https://vodnihospodarstvi.cz/legislativa-ve-vodnim-hospodarstvi/> upravil Šípek, 2022)

Z hlediska nakládání s kontaminovanými srážkovými vodami se pro účely formulování koncepce jejich zpracování a vypouštění jako stěžejní jeví nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a zákon č. 254/2001 (vodní zákon).

3.1.3 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. a zákon 254/2001 Sb. (vodní zákon)

Podle zákona č. 254/2001 Sb. (Vodní zákon), článek 38, odstavec 4, neumožňuje vypouštění odpadních vod do vod podzemních. Dle posouzení vlivu na kvalitu podzemních vod je vsakování do půdní vrstvy povoleno pouze jen výjimečně z jednotlivých rodinných domů a staveb k individuální rekreaci. Srážkové vody vypouštěné do veřejné kanalizace jsou považovány za odpadní vody a s vlastníkem kanalizace musí být uzavřena smluvní dohoda. Výpočet množství srážkové vody musí být uveden ve smlouvě o vypouštění odpadních vod veřejnou kanalizací (VODÁRNA PLZEŇ ©2019). V současné době jsou od placení podle zákona č. 274/2001 Sb., o veřejných vodovodech a kanalizacích, ve znění pozdějších předpisů (§20, odst. 6), osvobozeny tyto položky:

- vlastníci dálnic, silnic a komunikací veřejně přístupných,
- zoologické zahrady,
- nemovitosti určené k trvalému bydlení a domácnosti,

- vlastníci drah (na základě novely zákona o vodách č. 20/2004 Sb. část III, článek IV).

Srážkové vody jsou v souladu se zněním zákona 254/2001 Sb. § 38, odstavce 1 nutno po styku s odmrazovacími prostředky považovat za vody odpadní, neboť dojde ke změně jejich jakosti (složení nebo teplota). Požadavky na kvalitu vyčištěných odpadních vod vypouštěných do vod povrchových jsou uvedeny v nařízení vlády č. 401/2015 Sb., kterým se stanoví ukazatele a hodnoty přípustného stupně znečištění vod.

Dešťová voda, která je odváděna veřejnou kanalizací do čistíren odpadních vod, kde prochází procesem čištění, může být vypuštěna zpět do povodí.

4. Proces odmrazování letadel a letištních komunikací

Odmrazování se v zásadě dělí na dvě základní činnosti, odmrazování letadel a odmrazování pohybových ploch letišť a komunikací. Nejběžnějším způsobem odmrazování letadel, pohybových ploch a komunikací je použití chemických odmrazovacích prostředků. Při odmrazování pohybových ploch na letištích se sníh odstraňuje nejprve mechanicky a poté chemicky. S používáním sypkých či kapalných chemikálií vyvstává nová otázka, zda je použití dostatečně šetrné k životnímu prostředí a zda následná likvidace těchto toxických látek neovlivní kvalitu podzemních vod (LKKV ©2012b).

4.1 Odmrazování letadel

4.1.1 Úvod k problematice odmrazování letadel

Letové a aerodynamické vlastnosti letadla předpokládají, že proudění vzduchu je po čistých plochách letadla (křídla, směrovka, trup). Hromadění sněhu, jínovatky a ledu na povrchu letadla mění podmínky proudění vzduchu, a tím výrazně snižuje jeho aerodynamické vlastnosti, jako je zvýšení unášecí síly, ztrátu vztlaku, zvýšení mezních otáček, a může být i příčinou abnormálního klonění letadla (předklánění při brždění, zaklánění při akceleraci apod.). I velmi tenká vrstva námrazy může způsobit spíše turbulentní než laminární proudění kolem křídla. Výsledkem je snížení nebo ztráta vztlaku (Novinky.cz ©2018). Každé letadlo má svou charakteristickou rychlost, při které vzlétne ze země. Pokud se vlivem námrazy zhorší aerodynamický výkon křídla, zvýší se i tzv. pádová rychlost. Spolu se snížením vztlaku se při zachování stejné rychlosti letoun neodpoutá od země (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).

Při delším pobytu letadla na letištní ploše při sněžení a mrznoucím dešti, může mrznoucí led a sníh přidat stovky kilogramů na váze letadla a zcela změnit jeho aerodynamické vlastnosti. Během letu ve velmi vysokých výškách může dojít k silnému podchlazení paliva. Pokud je teplota vzduchu mezi -2 °C a $+15\text{ °C}$, vytvoří se po přistání na křídlech letadla vrstva ledu, jejíž síla závisí na převládající vlhkosti vzduchu. Pokud je okolní vzduch chladnější, tvoří se hustý led. Tento jev se nazývá efekt ledového povlaku. Některé letecké společnosti se pokusily tento problém vyřešit přidáním speciálně konstruovanou termální vrstvou letadla, ale to vedlo ke korozi elektrického systému (ŽERAVÍK, 2010).

V současné době se pro odmrazování a ochraně proti námraze používají dvě kapaliny – odmrazovací a protinámrazová. V první fázi odmrazování se nejčastěji používá směs kapaliny typu I a horké vody o teplotě kolem 75 °C , tomu se říká tzv. de-icing a má za úkol rozpouštět led a odstraňovat případné nahromadění sněhu. Druhou fází je preventivní chemický postřik letadla, známý jako tzv. anti-icing, který trvá až 45 minut. Postřik by měl zabránit namrznání jeho povrchu a hromadění sněhu, ledu a námrazy. K tomu se používají kapaliny typu II nebo IV s vysokou viskozitou, které budou vysvětleny níže (AEA @2015).

4.1.2 Obecné charakteristiky používaných odmrazovacích kapalin

Při odmrazování letadel se používají čtyři typy kapalin, které mají tyto charakteristiky:

- Typ I - Kapaliny pro primární odstraňování sněhu, námrazy a ledu. Obsahuje až 85 % etylenglykolu, takže má velmi nízkou viskozitu a snadno se smývá z povrchů letadel (i s námrazou). Nevýhodou kapaliny typu I je její krátkodobý účinek, asi 5-15 minut, během této doby ochrání letadlo před další námrazou na dráze. Letadlo není obvykle schopno vzlétnout během této krátké doby a musí být dále ošetřeno jedním z níže uvedených přípravků. Některé letecké společnosti přidávají do tohoto typu kapaliny oranžové barvivo, aby jej identifikovaly a odlišily od jiných odmrazovacích kapalin.
- Typ II – Pseudoplastické kapaliny se strukturou skládající se z dlouhých molekul. Ochranný film, který se vytvoří po aplikaci a přilne k povrchu letadla, dokud letadlo nedosáhne rychlosti přibližně 158 km/h. Při této rychlosti se vlivem smykového napětí tato ochranná fólie strhne a zároveň se odtrhne i to, co je nalepeno na povrchu letadla. Tím pádem je letadlo při startu zcela

čisté. Použití kapalin typu II je často nahrazeno kapalinami typu IV, které jsou více přilnavé, ale k použití vyžadují speciální vybavení.

- Typ III – kapalina považovaná za kompromis mezi kapalinami typu I a typu II. Používají se hlavně u pomalejších letadel. Odmrazovací kapaliny typu III se používají zřídka.
- Typ IV – kapalina s vysokou viskozitou s podobnými specifikacemi jako výše uvedená kapalina typu II, ale s delší dobou účinnosti v rozmezí od 30 do 80 minut v závislosti na klimatických podmínkách (AVIATION OIL OUTLET ©2018).

4.1.3 Aplikace odmrazovacích kapalin

Odmrazování letadel obvykle zajišťují dva vozy, jeden na levé a druhý na pravé straně letadla. Oba vozy aplikují kapalinu v horkém stavu nebo smíchanou s horkou vodou o teplotě 60-94 °C, jak je znázorněno na *Obrázku 1*. Na povrch je pod tlakem rozstříkována odmrazovací kapalina tak, že část ledu a sněhu je v první fázi aplikace mechanicky odstraněna, zatímco zbytek roztaje vlivem vysoké teploty a chemických vlastností odmrazovací kapaliny. Většinou se používají kapaliny typu I, ale na některých letištích se preferuje pouze jeden typ kapaliny, obvykle typ II, který se používá jak k odmrazování, tak k zabránění další námrazy letadla. Ke každému odmrazování je k dispozici podrobný záznam o čase, poměru směsi a celkovém množství spotřebované kapaliny (AIRWAYS.CZ ©2009).



Obrázek 1: Proces odmrazování letadla

(https://acr.army.cz/assets/informacni-servis/zpravodajstvi/img_4924-_2_.jpg).

Vozidla a zařízení pro odmrazování a ochranu proti námraze (De/anti-icing facility) musí být k dispozici na všech letištích, kde se očekává, výskyt námrazových jevů. Tyto zařízení umožňují očistit plochy letounu od námrazy, ledu nebo sněhu a/nebo provést ošetření očištěných ploch letounu proti tvorbě námrazy nebo ledu a hromadění sněhu nebo rozbředlého sněhu a to vždy pouze na omezenou dobu (ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ ©2009).

4.1.4 Nechemické metody odmrazování letadel

Nejčastěji letiště používají v první fázi odmrazování letadel nechemické metody. Čerstvý sníh lze mechanicky odstranit brzy ráno pomocí košťat, kartáčů a stěrek, aniž by to příliš narušilo letecký provoz. Další metodou je odfoukávání čerstvě napadaného sněhu stlačeným vzduchem. Nechemické metody jsou velmi náročné na čas a práci a používají se v období vysokého sněžení (NASA OFFICIAL ©2016).

Alternativou k odfoukávání jsou infračervené systémy pro odmrazování letadel, které se dodávají ve dvou variantách – pevné, nebo mobilní. Princip spočívá v nasměrování IR zářičů na námrazy na letadle, aby se minimalizovalo teplo do zbytku letadla, viz *Obrázek 2*. Tento systém však neposkytuje dlouhodobou ochranu proti námraze, takže je nutné letadlo dále ochránit kapalinou proti námraze typu II nebo IV (IASA ©2002).



Obrázek 2: Proces odmrazování letadla Systém InfraTek™

(http://www.iasa.com.au/folders/Safety_Issues/RiskManagement/infra-red-deicing_files/index_03.jpg).

4.2 Odmrazování letištních drah a pozemních komunikací

Zimní údržbu a úklid pozemních ploch a komunikací lze rozdělit do čtyř základních kategorií podle typu použitých prostředků a zařízení:

- a. Mechanické uklízení a čištění
- b. s využitím výtokového proudu plynů nástavbové jednotky
- c. chemické metody
- d. kombinované

Odmrazování letištních drah a jiných komunikací se často provádí kombinací mechanických a chemických metod. Náledí a námraza na plochách se odstraňují postřikem nebo postřikem speciálními odmrzovacími látkami, většinou na bázi octanů nebo mravenčanů. Tyto odmrzovací látky se také používají k ochraně proti námraze – preventivnímu postřiku povrchů, zejména přistávacích drah. Údržba letištních ploch a komunikací probíhá zhruba současně s odmrzováním letadel, ale sezóna bývá kratší (LETUŠKA.CZ ©2016).

4.2.1 Mechanické metody čištění pohybových ploch

Odklizení sněhu z ranvejí a dalších pohybových ploch letiště je prováděno mechanicky – tzv. zametačem s ofukovacím zařízením, což je kompaktní stroj vybavený sněhovým pluhem, rotačním smetákem a odfukem. *Obrázek 3* ukazuje kompletní uklízecí sadu. Obvykle se jedná o celou řadu mobilních strojů, včetně sněhových fréz a pluhů. Za sněhových podmínek se používají především zametače s ofukovacím zařízením a sněhové frézy (LETUŠKA.CZ ©2016).



Obrázek 3: Stroj k čištění letištní plochy

(https://mocr.army.cz/assets/informacni-servis/zpravodajstvi/1_2436.jpg).

4.2.2 Chemické metody

Mezi prostředky používané k odmrazování a prevenci námrazy na letištních komunikacích patří ethylenglykol, propylenglykol, diamin kyseliny uhličité (dále jen močovina), kapalina na bázi ethylenglykolu zvaná UCAR (obsahující 50 % ethylenglykolu, 25 % močoviny, 25 % vázaná voda), octan draselný, octan sodný, mravenčan sodný a octan vápenato-hořečnatý. Octan draselný je testován na jeho podezřelý korozní účinek na elektrické systémy, jako je osvětlení vzletové a přistávací dráhy (EPA ©2012). Používání inertních posypových materiálů (křemičitý písek) je povoleno na neleteckých komunikacích, parkovištích, chodnicích apod. Použití inertních materiálů na pohybové ploše ranveje je zakázáno. Sůl se pro její korozivní účinek využívá na ostatní komunikace, jako jsou chodníky, parkoviště, silnice apod. (LKKV @2012c).

5. Prevence negativního vlivu odmrazovacích kapalin na životní prostředí

Letiště a mnohé letecké společnosti byly nuceny se zaměřit na minimalizaci škodlivých vlivů na životní prostředí a tím i lidské zdraví. Omezit nebo zcela zastavit neřízenou likvidaci kontaminovaných srážkových vod s obsahem chemikálií,

zejména chemikálie na bázi glykolu, za účelem odmrazování. V reakci na to musely aerolinky na věc zareagovat a začaly spolupracovat na optimalizaci celého procesu rozmrazování, shromažďování a nakládání s tekutými odpady tak, aby byly splněny nejpřísnější požadavky na ochranu životního prostředí a hygienické záruky kvality podzemních a povrchových vod. Při splnění těchto předpokladů lze dosáhnout optimalizace a úpravy celého procesu s minimálním škodlivým dopadem na životní prostředí:

- Zlepšení aplikace odmrazovacích prostředků využitím moderního technického vybavení tak, aby byla minimalizována dávka aplikovaných rozmrazovacích prostředků s maximální snahou o dosažení cílového stavu. Snaha nahradit odmrazovací kapaliny na bázi glykolu alternativními prostředky.
- Implementace nové strategie pro sběr a hospodaření se srážkovými vodami, které jsou kontaminovány použitými chemickými odmrazovacími prostředky.
- Sběr a likvidace vody kontaminované odmrazovacími kapalinami na bázi glykolu vhodným způsobem šetrným k životnímu prostředí, který neohrožuje kvalitu povrchových a podzemních vod.
- Minimalizace používání chemikálií a zefektivněním programu údržby, zaměstnáváním vyškolených a zkušených zaměstnanců a zlepšením systému sledování a získávání včasných informací o hydrometeorologickém vývoji.
- Minimalizace doby mezi aplikací odmrazovacích kapalin a vzletem letadla (holdover time).

V praxi jsme zjistili, že mnoho postupů, které vedou k prevenci znečištění životního prostředí v důsledku úniku srážkové vody kontaminované odmrazovacími látkami používanými leteckými společnostmi během zimního období, často závisí na mnoha faktorech, jako je klima, celkové množství použitých chemikálií, počet leteckých společností provozujících letiště, druhy chemikálií, strojní vybavení, počet a typy letadel, přítomnost stávající infrastruktury, dostupnost a využitelnost okolních oblastí, vliv na odlety atd. V dalším textu práce budou popsány možné alternativní způsoby odmrazování a metody minimalizace používání odmrazovacích kapalin na bázi glykolu.

5.1 Alternativní prostředky pro odmrazování letadel a prevenci tvorby námraz

Jednou z alternativ spojených s tímto řešením je eliminovat negativní dopad glykolových odmrazovacích kapalin na životní prostředí a nahradit je ekologicky přijatelnými prostředky. Základní požadavky na alternativní prostředek, který by mohl nahradit odmrazovací kapaliny na bázi glykolu, jsou: větší biologická odbouratelnost a nižší podíl toxických přísad než běžné odmrazovací kapaliny, ale bez korozivních účinků na části letadel.

Na hledání vhodné náhrady za současné odmrazovací kapaliny se podílí také US Air Force Institute. Jejich cílem je objevit netoxickou, biologicky odbouratelnou kapalinu pro odmrazování a ochranu proti námraze letadel. Mnoho z těchto projektů se zaměřuje na studium přirozeně se vyskytujících molekul nemrznoucích směsí, které inhibují tvorbu krystalů. Například prof. John Duma z University of Notre Dame studuje strukturu molekuly nemrznoucí směsi nalezené v přezimující larvě brouka *Dendroides canadensis* viz *Obrázek 4* a mechanismus, kterým tyto molekuly inhibují tvorbu krystalů (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).



Obrázek 4: Larva *Dendroides canadensis*

(https://objects.liquidweb.services/images/201407/eric_gofreed_ZHKRDZKROZXRCZ7RN LRZELSRHHERQH4RDZIR3Z6RTLERYZMRTZQR3Z3LPLXRNL7R3ZZZ2LQR6LSRWL.jpg).

Amesova laboratoř Kalifornského státního úřadu pro letectví a vesmír ve Spojených státech amerických se snaží vyvinout účinnou neglykolovou odmrazovací kapalinu. Žádné výsledky však podle dostupných materiálů zatím nebyly oficiálně zveřejněny. Vývoj a testování nové kapaliny spolufinancovalo americké letectvo a laboratoře americké armády. Armádní výzkumná a inženýrská laboratoř v Hannoveru, NH, testuje kapalinu pro použití při stavbě dálnic, mostů, železnic, dopravy a komunikací (AMES RESEARCH CENTER ©1997).

Cílem těchto projektů je uměle syntetizovat tyto přirozeně se vyskytující nemrznoucí směsi a použít je jako účinný, netoxický prostředek proti námraze pro letecký průmysl.

5.2 Metody minimalizace objemu použitých odmrazovacích prostředků na bázi glykolu

Vzhledem k tomu, že v blízké budoucnosti nelze očekávat uvedení alternativních, ekologicky šetrných odmrazovacích prostředků na trh, byly hledány způsoby, jak dosáhnout snížení množství používaných odmrazovacích kapalin. V následujících odstavcích budou popsány různé metody spolu s jejich výhodami, nevýhodami a možnými riziky.

5.2.1 Kapaliny Typu II a IV používané k prevenci tvorby námraz na letadlech

Samy o sobě mají kapaliny typu II a IV takové vlastnosti, aby co nejlépe přilnuly k povrchu letadla. Kapaliny typu I se používají pouze pro odmrazování letadel, protože mohou chránit letadlo pouze na krátkou dobu před tvorbou nového ledu. Pokud jde o kapaliny typu II a typu IV, jsou chemicky podobné kapalinám typu I, kromě toho, že obsahují zahušťovadla, obvykle polymery, které mění viskozitu kapalin. Tyto kapaliny snižují viskozitu se smykovým napětím, které se zvyšuje se zvyšující se rychlostí letadla během vzletu, což strhne kapalinu proti námraze spolu se všemi srážkami, které mezitím zasáhly letadlo, a povrch letadla je před vzletem zcela čistý. Rozdíl mezi kapalinou typu II a typu IV je ve viskozitě, a tedy v době jejího působení (holdover time).

Efektivní doba závisí vždy na klimatických podmínkách. Běžně uváděná provozní doba pro kapalinu typu II je přibližně 45 minut a pro kapalinu typu IV 70 minut za stejných klimatických podmínek. Použití kapaliny typu IV jako odmrazovacího prostředku má eliminovat opakované rozmrazování. Toto nastává,

pokud je velmi mnoho srážek a dochází ke zdržení dopravy a odletu letadel. Oproti kapalině typu II má však kapalina typu IV tu nevýhodu, že při jejím použití je možné díky lepší přilnavosti k letadlu, zvýšit kontaminaci větší plochy letiště a to včetně přilehlých travních porostů (AMIL ©2015).

5.2.2 Prevence vzniku námrazy

Nejúčinnějším způsobem, jak zabránit tvorbě námrazy při dlouhodobém stání letadel (i v noci) na letišti, by bylo dobré, aby letadla mohla být uschována v hangárech. V prostorách hangáru jim nehrozí nebezpečí pokrytí povrchu žádnou námrazou ani sněhem a není tudíž zapotřebí ani letadla odmrazovat. V praxi to tak jednoduché není. Letiště nemají dostatek hangárů, aby pokryla poptávku, a je třeba vzít v úvahu dobu potřebnou k přesunu letadel do hangárů a související přepravní náklady.

Menší letadla a ultralehká letadla je možné zakrýt plachtou jakožto prvotní ochranou proti ledu, čímž odpadá zbytečné a velmi nákladné odmrazování letadel. Množství odmrazovací kapaliny potřebné k pozdějšímu odmrazování letadla závisí na množství ledu, sněhu. Obvykle se pohybuje od stovek litrů (200 až 700) u menšího letadla (SMEKAL, 2014).

5.2.3 Odmrazování pomocí tlakového vzduchu

Některá letiště odmrazují letadla pomocí stlačeného vzduchu, který je vhodnou alternativou k odmrazování. Tato metoda je levnější a zároveň šetrná k životnímu prostředí. Metoda je založena na principu vysoce stlačeného vzduchu nebo kombinaci vzduchu a tekutiny. Aby byla metoda co nejučinnější, závisí na několika faktorech, například na rychlosti proudu větru, teplotě proudu větru, zkušenostech a školení operátora, okolní teplotě a dalších meteorologických faktorech. (JEČMEN, 2018).

5.2.4 Metody minimalizace použití odmrazovacích kapalin ve fázi výzkumu

Prof. Victor Petrenko z Dartmouth's Thayer School of Engineering vyvinul alternativní techniky odmrazování, které využívají elektřinu k odstranění ledu z povrchů letadel. Jde o vývoj speciálních aktivních povlaků, které se nanášejí na křídla či listy vrtulníků a tvoří povlak tvořený tenkou sítí kovových mikroelektrod vytvořených fotolitografií. Elektrody jsou vyrobeny z velmi tenké mědi na tenkém a flexibilním kaptonovém substrátu.

Po vyleptání byly elektrody galvanicky pokoveny Au, aby se zvýšila jejich elektrická odolnost proti korozi. Účinek povlaku proti námraze je založen na jevu elektrolyzy ledu. Zejména, když se na elektrodách tvoří led, je na elektrody aplikováno malé stejnosměrné předpětí 5 V až 30 V, aby se vytvořil stejnosměrný proud skrz led. Led ulpívající na elektrodách se pak rozkládá na plynný vodík (na katodě) a plynný kyslík (na anodě), čímž se eliminuje vazba mezi ledem a kovem. Další výzkum se zaměřuje na možné negativní účinky elektrického proudu na pokročilé navigační systémy a elektrické systémy letadel (PETRENKO ET AL. 1999).

6. Toxicita odmrazovacích prostředků

6.1 Toxicita odmrazovacích kapalin použitých na letadla

Toxicita je v dnešním věku životního prostředí velkým problémem. U odmrazovacích kapalin (OK) je ovlivněna jak obsahem propandiolu (jednotlivé OK Typy I, II, III a IV se liší obsahem propandiolu, obvykle 45-80%, na letištích v současnosti pouze Typy I a II) s přísadami, které jsou obsaženy v kapalinách proti námraze. Přestože je obsah přísad (inhibitory koroze, zpomalovače hoření, smáčedla) velmi nízký a obvykle pod 2 %, jejich vliv na toxicitu je větší. Přesné složení OK je obchodním tajemstvím. Ethylenglykol není schválen pro použití v Evropě, protože je klasifikován jako nebezpečný pro ovzduší. Propylenglykol (1,2-propandiol) se běžně používá jako přísada v potravinářském, kosmetickém a lékařském průmyslu jako zvlhčovač. Ve styku s vodou je snadno biologicky odbouratelný a díky vysoké rozpustnosti ve vodním prostředí nedochází k výrazné hydrolyze, oxidaci, těkání, bio akumulaci a adsorpci na sedimentech.

Studie ukazují, že propylenglykol je netoxický pro vodní prostředí. Při koncentracích nad 10 000 mg.l⁻¹ je akutně toxický. Studované vodní druhy: (*Oncorhynchus mykiss*) – pstruh duhový, (*Pimephales promelas*) – střevle, (*Carassius auratus*) – závojnatka, (*Xenopus laevis*) – drápatka vodní, (*Daphnia magna*) – perloočka, *Ceriodaphnia dubia* – perloočka, (*Lemna minor*) – okřehek menší, (*Cyprinodon variegatus*) – halančík diamantový. Odmrazovací kapaliny jsou toxičtější než čistý propylenglykol díky přidaným přísadám (EPA ©2000).

6.2 Toxicita prostředků na odmrazování ploch

Dříve se močovina běžně používala pro zimní údržbu. V současné době je její používání omezeno na minimum (má vysoký obsah dusíku, za určitých podmínek může vznikat nedisociovaný amoniak) a byla nahrazena prostředky vhodnějšími pro

životní prostředí, tj. především acetáty. V současné době se na letišti používá vodný roztok octanu draselného (50 %). Octan draselný je jedním z nejběžněji používaných prostředků pro odmrazování povrchů. Začínají se používat i odmrazovací prostředky na bázi mravenčanů. Prostředky na odmrazování ploch dále obsahují inhibitory koroze (méně než 1 %). Octan draselný je běžná přísada používaná v potravinářském průmyslu. Obecně jsou odmrazovací kapaliny na bázi octanu draselného popisovány jako relativně neškodné, snadno biologicky odbouratelné při nízkých teplotách. Dle stanoviska Státního zdravotního ústavu plyne, že pro směs není nutný bezpečnostní list, neboť se nejedná o nebezpečný přípravek ve smyslu zákona č. 356/2003 Sb. o chemikáliích a chemických přípravcích.

V případě havarijního úniku většího množství dešťových vod, obsahujících vysoké koncentrace odmrazovacích látek do vodního toku je hlavním faktorem ovlivňujícím kvalitu vody to, že odmrazovací kapaliny spotřebovávají při svém biologickém rozkladu kyslík a mohou způsobit kyslíkový deficit ve vodním toku. Odtokové koncentrace znečištění jsou reprezentovány biologicky dále nerozložitelnými intermediáty jejich degradace. Neustále se pracuje na nových typech rozmrazovacích prostředků, které budou splňovat nejen vysoké požadavky bezpečnosti letového provozu, ale zároveň budou mít co nejmenší zátěž a dopad na životní prostředí (JIŘIČEK ET AL. 2007).

7. Složení kontaminovaných srážkových vod

EPA (Environmental Protection Agency) monitorovala srážkovou vodu na mnoha letištích. Hodnotila množství a druhy znečišťujících látek přítomných ve srážkové vodě kontaminované odmrazovacími prostředky používanými na letištích, zejména kapalinami na bázi glykolu. Soubor těchto údajů, který má EPA k dispozici, se skládal z údajů poskytnutých přímo leteckými společnostmi, údajů z vlastní databáze a údajů získaných prostřednictvím vlastní monitorovací kampaně.

Nejprve byl odebrán vzorek přímého odtoku z oblasti během bouře, aby získali lepší představu o charakteru těchto vod při prvotním splachu. Ve všech analyzovaných vzorcích byly zjištěny vyšší koncentrace polotěkavých organických látek (včetně tolyltriazolů), glykolů, kovů (včetně draslíku), TOC, N-NH₄, BSK₅, NEL, EL. Analýza kapalin typu I ukázala velké rozdíly mezi jednotlivými druhy. Například v kapalinách na bázi propylenglykolu byly detekovány tři těkavé organické sloučeniny (ethylbenzen, toluen a meta- a para-xylen) a kovy (antimon, mangan a thalium). Tyto

sloučeniny nebyly detekovány v odmrazovacích kapalinách na bázi etylenglykolu, ale na rozdíl od propylenglykolu byly přítomny polotěkavé organické sloučeniny.

Cílem bylo kvantifikovat a identifikovat polutanty ve vodách, které přímo souvisejí s rozmrazováním. Dále byl stanoven možný rozsah koncentrací použitých znečišťujících látek a zhodnocena účinnost jednotlivých použitých metod odmrazování a jejich vliv na množství a soubor znečišťujících látek ve znečištěné srážkové vodě (EPA ©2000).

8. Shromažďování kontaminovaných srážkových vod a obvyklé způsoby nakládání s nimi

Vzhledem k hydraulicky a chemicky velmi nerovnoměrnému množství znečištěných srážkových vod vznikajících na letištích v zimním období je při použití velmi velkého množství odmrazovacích chemikálií nepřijatelné vypouštět je přímo do recipientů nebo kanalizační sítě do městské čistírny odpadních vod. Na letištích je velmi mnoho nepropustných a chemicky ošetřených ploch, které se při srážkových jevech odvodňují, a proto je zapotřebí vzniklé množství kontaminovaných srážkových vod prvotně zadržet čili akumulovat, aby se zabránilo vzniku ekologických škod. Mnoho letišť po celém světě přistoupilo k výstavbě těchto akumulací. Jedná se buď o mobilní zásobní nádrž, nezakrytou betonovou nádrž, akumulární nádrže, rezervoár a provzdušňovanou retenční nádrž, které byly povrchové nebo byly řešeny jako podzemní nádrže. Některé nádrže jsou dovybaveny míchadly a filtry, umístěnými na odtoku do recipientu. Některá letiště disponují odvodňovacími systémy a mají speciální přelivná zařízení a odbočky, které monitorují kvalitu odvodněných srážkových vod, aby byla akumulována pouze srážková voda, která je kontaminována odmrazovacími prostředky.

Na mnoha mezinárodních letištích je kontaminovaná srážková voda (KSV), která vzniká odvodněním ploch z ranvejí a dalších velkých zpevněných ploch letiště (mimo odmrazovacích stojanů), vypouštěna bez jakékoli úpravy. Důvodem jsou především vysoké investiční náklady na celkovou koncepci sběru a likvidace těchto vod. Tyto KSV mohou obsahovat vyšší koncentrace kontaminantů, jak z chemického ošetření těchto ploch, tak z rozstříku protinámrazové kapaliny při vzletu letadla, ke kterému dochází při vyšší rychlosti, kterou letoun při vzletu dosahuje. Legislativní požadavky jsou však stále přísnější a letiště jsou pod tlakem najít ekologické řešení, jak v zimním období nakládat se znečištěnou srážkovou vodou a snížit množství znečištění vstupujícího do životního prostředí (DEKONTA ©2021).

8.1 Koncepce zachytu a předčištění srážkových vod v zimním období

V zimním provozu letiště v Karlových Varech je předpoklad znečištění srážkových vod kromě ukazatelů NL a NEL také chemikáliemi pro odmrazování ploch a letadel. Návrh technologické linky na čištění znečištěné vody tímto způsobem bude realizován s ohledem na všechna doporučení pro budoucí odmrazování letiště Karlovy Vary.

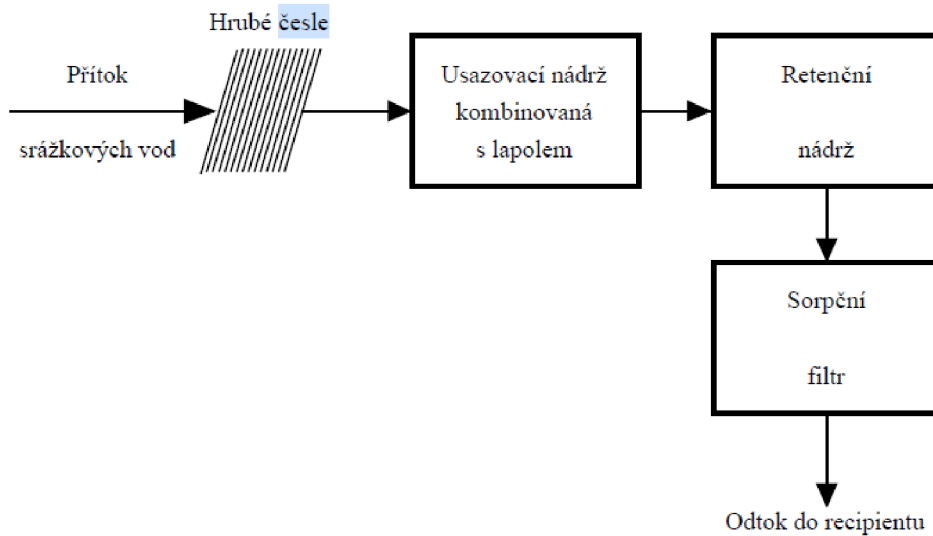
S přihlédnutím k investiční náročnosti navržené technologie biologického čištění a problematické oblasti odtoku do nádrže Stanovice je však pro oblast na konci dráhy a obratiště uvažováno pouze se zachycením kontaminovaných srážkových vod a jejich následné řízené přečerpávání do centrální technologické linky (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).

8.2 Popis technického řešení záměru na vybudování centrální technologické linky a technologické linky

Technologie je navržena do dvou částí v závislosti na odvodnění zpevněných ploch, tedy na centrální technologickou linku a technologickou linku na konci vzletové plochy včetně obratiště (DEKONTA ©2021).

Na následujícím *Obrázku 5* je navržena centrální technologická linka a její součásti:

- Hrubé, ručně čištěné česle,
- usazovací nádrž kombinovaná s lapolem
- retenční nádrž,
- řízení čerpání do recipientu přes sorpční filtr k eliminaci ropného znečištění.

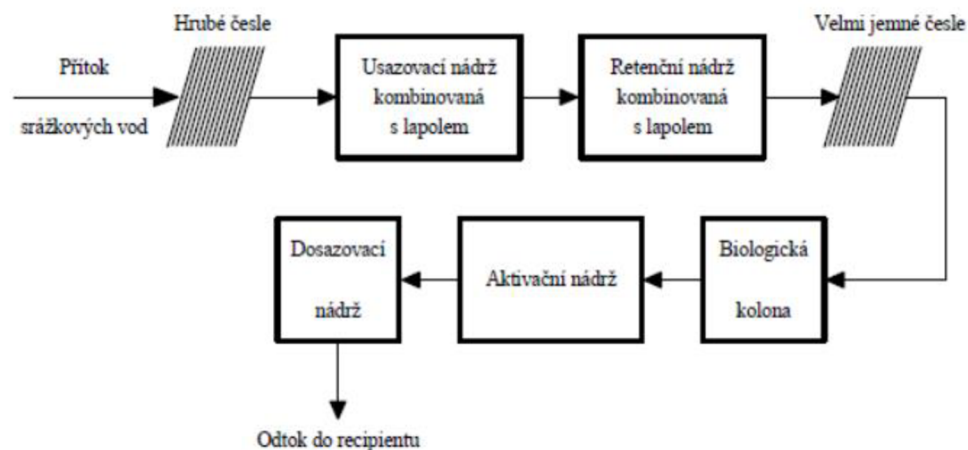


Obrázek 5: Schématické znázornění – centrální technologická linka

(https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WMzA2N19kb2t1bWVudGFjZURPQ18xNzA3ODcwNzcyMzcwMzg4MTMzLnBkZg/OV3067_dokumentace.pdf)

Technologická linka čištění srážkových vod, produkovaných v zimním období provozu letiště Karlovy Vary, bude zahrnovat následující součásti viz. Obrázek 6:

- Hrubé, ručně čištěné česle,
- usazovací nádrž kombinovaná s lapolem,
- retenční nádrž,
- velmi jemné automaticky čištěné česle,
- systém biologického čištění na principu MBR procesu a plně toxické aktivity,
- dosazovací nádrž,
- dávkování chemikálií,
- kalové hospodářství založené na uskladnění a aerobní stabilizaci produkovaných kalů.



Obrázek 6: Schématické znázornění – technologická linka

(https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WMzA2N19kb2t1bWVudGFjZURPQ18xNzA3ODcwNzcyMzcwMzg4MTMzLnBkZg/OV3067_dokumentace.pdf)

Předčištěné srážkové vody z obou linek budou dále řízeně vypouštěny do recipientu, kterým bude Cínový potok.

9. Nakládání se srážkovými vodami kontaminovaných odmrazovacími prostředky

9.1 Biologické čištění zachycených kontaminovaných srážkových vod

Kontaminovaná srážková voda má vysoké organické znečištění. V současné době je na letišti Karlovy Vary zavedeno biologické čištění těchto znečištěných srážkových vod, které je ekonomické a dosahuje dobrých výsledků při odstraňování organického znečištění. Hlavní výhody použití biologických procesů k čištění těchto znečištěných dešťových vod jsou:

- kapacita čištění ředěných i koncentrovanějších vod,
- schopnost čistit vody s obsahem ethylenglykolu a propylenglykolu nebo jejich směsí,
- zařazení biologické linky je kompatibilní s jakoukoli akumulací nádrží,
- proces, který je ekonomičtější z hlediska investičních a provozních nákladů ve srovnání se zařízeními na recyklaci glykolu. Tam, kde to místní podmínky dovolují, je preferováno řízené vypouštění těchto vod stokovou sítí do nejbližší městské čistírny odpadních vod a tyto vody jsou čištěny společně s

městskými splaškovými vodami. Městská čistírna odpadních vod však musí mít dostatečně velkou látkovou i hydraulickou kapacitu a vodu je nutné řízeně vypouštět do kanalizace (NOVÁK ET AL. 2015).

Letiště však zvolilo cestu výstavby vlastní biologické čistírny znečištěných srážkových vod z důvodu finanční náročnosti za stočné, potíže městské čistírny vyrovnat se s nevyrovnanými hydraulickými a látkovými nátoky. Dalším důvodem bylo že, městská čistírna odpadních vod, by musela projít intenzifikací. Biologickým čistírnám znečištěných srážkových vod na letištích musí předcházet vyrovnávací nádrž, aby se zabránilo kolapsu systému v důsledku hydraulického a látkového zatížení. Letiště obvykle využívají klasickou vyrovnávací nádrž – biologický reaktorový systém (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).

10. Princip eliminace forem znečištění

Složení odpadních vod

Abychom se dozvěděli jednotlivé postupy eliminace forem znečištění, tak si nejprve rozdělíme odpadní vodu na dvě základní složky:

- organickou složku (charakterizována ukazateli organického znečištění, většinou CHSKCr a BSK₅),
- složku nutrientů (charakterizována ukazateli dusíku a fosforu).

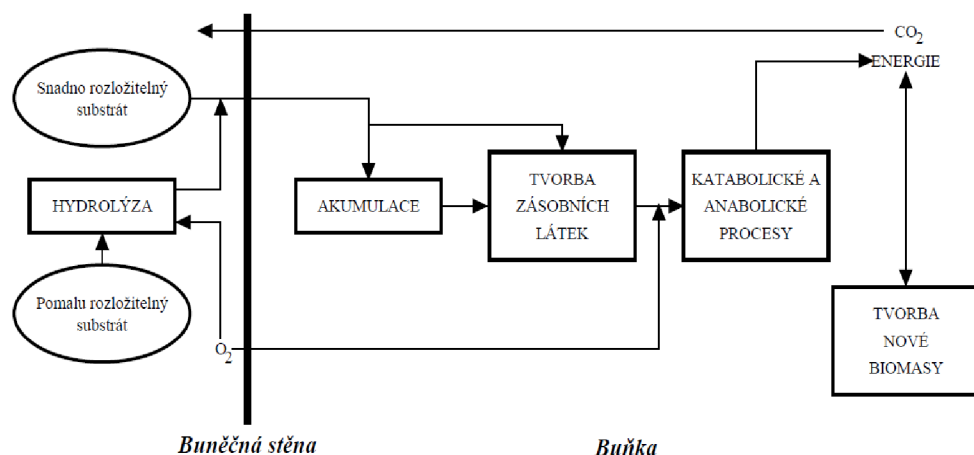
Tyto složky obsahují další frakce, které při procesu biologického čištění podléhají vzájemným konverzím. Nyní se podíváme na jednotlivé odstraňování znečištění.

10.1 Odstraňování organického znečištění

Při biologickém aerobním čištění se ze znečištěné vody odstraňují organické složky, tzv substrát, za použití smíšené kultury mikroorganismů v přítomnosti molekulárního kyslíku. Mezi nejčastější způsoby kultivace mikroorganismů patří aktivační proces, biologické filtry a biologické stabilizační nádrže, případně kombinace těchto technologií. U těchto procesů nelze jednoznačně hovořit pouze o aerobních kultivačních podmínkách, protože všude tam, kde mikroorganismy tvoří větší celky, nelze vyloučit přítomnost anoxických či anaerobních podmínek ve vnitřních vrstvách biomasy. V rozkladu organických polutantů však jednoznačně dominují aerobní procesy.

Společným znakem čištění je mechanismus odstraňování a rozkladu organických nečistot. Suspendované částice a koloidní látky jsou z odpadních vod odstraňovány fyzikálními a fyzikálně-chemickými procesy. V podstatě se jedná o koagulaci a sorpci těchto látek na shlucích mikroorganismů tvořících směsnou kulturu. Takto zachycené látky mohou být podle své povahy buď dále enzymaticky štěpeny, nebo jsou-li inertní, tak jsou součástí vloček. Při odstraňování rozpuštěných látek můžeme předpokládat, že kolem vloček či nárostů existuje kapalná vrstva, která není součástí pohybující se okolní kapaliny, ve které jsou znečišťující látky rozpuštěny. Tyto látky musí nejprve projít hraniční vrstvou (difúze), přičemž rozpuštěné molekuly podléhají přitažlivým sorpčním silám tuhých částic (vloček, nárostů), které tak umožňují přiblížení potravy na dosah mikroorganismů přítomných ve vločkách a nárostech.

Transport přes buněčnou membránu do bakteriální buňky se nazývá enzymatický proces. Nízkomolekulární látky jsou přímo transportovány do buňky stereospecifickým enzymovým transportním systémem. Předpokládá se, že složení tohoto systému zahrnuje enzymy běžně se vyskytující v buňce v kombinaci s vlastnostmi buněčné stěny. Zatímco vysokomolekulární látky jako škrob, bílkoviny atd. se nejprve hydrolytickými exoenzymy štěpí na nízkomolekulární sloučeniny (monosacharidy, aminokyseliny, mastné kyseliny atd.), které jsou unášeny zpět do buněk. V buňkách jsou sloučeniny dále odbourávány katalytickým působením řady různých enzymů, na jejichž konci jsou enzymy dýchacího řetězce. V tomto řetězci se vodík absorbovaný organickými sloučeninami spaluje na vodu. Uhlík ze sloučenin se uvolňuje jako CO_2 dekarboxylací v cyklu kyseliny citrónové (Krebsův cyklus). Část substrátu se tak oxiduje na CO_2 a H_2O a část se přemění na specifické sloučeniny, ze kterých mikroorganismy syntetizují zásobní látky (polysacharidy, lipidy atd.), stejně jako jejich specifické proteiny (protoplazma, enzymy atd.) Schéma procesu je na následujícím *Obrázku 7* (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).



Obrázek 7: Schematické znázornění procesu odstranění organického znečištění (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007)

Biologické odstraňování organického znečištění je tedy komplexem následných fyzikálně chemických a biochemických reakcí, které na sebe navazují. Žádnou z probíhajících reakcí nelze považovat za tu nejdůležitější, ale stačí vybrat tu nejpomalejší, která řídí rychlost celého reakčního procesu (VŠB ©2008).

10.2 Odstraňování dusíkatého znečištění

Odstraňování sloučenin dusíku z odpadních vod je možné několika způsoby. Vzhledem k množství produkovaných městských odpadních vod a koncentraci sloučenin dusíku, které obsahují, je biologické odstraňování jedinou aplikovatelnou metodou. Biologické odstranění dusíku vyžaduje dvoustupňový proces. V první fázi se amonný dusík přítomný v odpadní vodě v aerobním prostředí oxiduje na dusitany a dusičnany. Při následné dusičnanové respiraci (denitrifikaci) v anoxických podmínkách jsou oxidované formy využívány jako akceptor elektronů za vzniku molekulárního dusíku. Principy biologické nitrifikace a denitrifikace jsou uvedeny v následujícím textu (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007).

Biologická nitrifikace

Biologická nitrifikace probíhá ve dvou stupních. V prvním je amoniakální dusík oxidován bakteriemi rodů *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosospira* a *Nitrosocystis* na dusitany.

Biologická denitrifikace

Existují dvě biologické cesty redukce dusičnanů: asimilativní a disimilativní. Asimilativní redukce dusičnanů představuje proces redukce dusičnanů na amoniak, který se účastní buněčné syntézy. Tato cesta je nezávislá na koncentraci kyslíku a probíhá v případě, kdy není přítomen využitelný amoniakální dusík. Disimilativní redukce dusičnanů (dusičnanová respirace, denitrifikace) představuje využití dusičnanů jako konečného akceptoru elektronů na místo molekulárního kyslíku a postupnou transformaci dusičnanů na plynný dusík. Denitrifikace je anoxický proces, probíhající za nepřítomnosti kyslíku a vyžadující organický substrát. Provádět ji mohou četné organotrofní bakterie jako rody *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Denitrobacillus*, *Achromobacter*, *Chromobacterium*, aj. Specifické rychlosti denitrifikace se u aktivovaného kalu pohybují při 20 °C v širokém rozmezí od 5 do 20 mg.g-1.h-1. Vyšší rychlosti lze očekávat u aktivovaných kalů adaptovaných na střídání aerobních a anoxických podmínek. Více se o aktivovaném kalu dozvíme v následujícím textu.

Zájem se upírá na tři běžné typy systémů biologického odstraňování dusíku:

- systémy s anoxickou zónou předřazenou aerobní, kde je jako zdroj organického uhlíku využívána přitékající odpadní voda,
- post-aerační denitrifikace, ve které jsou požadavky na organický substrát pokryty endogenní respirací,
- post-aerační denitrifikace s přídavkem exogenního substrátu, nejčastěji methanolu (POLLERT, 2012).

Mikroorganismy aktivovaného kalu

Mikrobiální společenství aktivovaného kalu zahrnuje bakterie, protozoa, houby, řasy a vláknité organismy. Houby a řasy nejsou považovány za důležité, zatímco protozoa, vláknité organismy a bakterie se aktivně účastní biologických čisticích procesů. Bakterie jsou přítomny v aktivovaném kalu obvykle jako jednotlivé bakterie s mikrometrickými rozměry a častěji jako viditelné zoogleální kolonie. Protozoa se „pasou“ na zoogleální mase a jsou konzumována dalšími organismy přítomnými v systému. Tak vzniká potravní řetězec. V každé fázi potravního řetězce je část původního materiálu odstraněna ze systému ve formě oxidu uhličitého. Vláknité organismy se při nižším výskytu mohou zasloužit o růst velkých, pevných vloček aktivovaného kalu, které mají dobré sedimentační vlastnosti. Důležitým a častým problémem vláknitých organismů je bytnění aktivovaného kalu a pění. Oba způsobují problémy se separací v dosazovacích nádržích a kontaminaci odtoků

aktivovaným kalům. Tyto odtoky vykazují zvýšené hodnoty CHSK, BSK, celkového dusíku a fosforu. Z mikrobiologického hlediska lze aktivované kalové biocenózy rozdělit do dvou základních skupin:

- destruenti – zodpovědní za biochemickou degradaci organických látek (bakterie, mikromycety a bezbarvé sinice),
- konzumenti – využívající jako zdroj substrátu především bakteriální buňky (protozoa a mikroskopická metazoa).

Vyšší osídlení aktivovaného kalu je tvořeno dvěma hlavními skupinami organismů:

- protozoa (bičíkovci, kořenonožci, nálevníci),
- metazoa (vířníci, želvušky, hlístice, vyšší mikrofauna)

Bakterie a protozoa jsou hlavní složkou dobré biocenózy aktivovaného kalu, který rozkládá a odstraňuje škodliviny, organické látky z odpadních vod. Řasy, které potřebují světlo, se v aktivovaném kalu vyskytují zřídka, ale v letních měsících často zarůstají přepadové hrany dosazovací nádrže (ŘEŠETKA, 1983).

10.3 Odstraňování sloučenin fosforu

Fosfor je v rámci biologického čištění odpadních vod odstraňován inkorporací do biomasy produkovaného přebytečného kalu, a to stechiometricky vzhledem k jeho složení. Výsledná odtoková koncentrace celkového fosforu je pak závislá na vstupním poměru organického znečištění, neboť se obsah fosforu v biomase sušiny produkovaného kalu pohybuje na úrovni cca 2 %. Požadavky na zvýšenou eliminaci sloučenin fosforu je proto nutné řešit jiným způsobem. Metody zvýšeného odstraňování fosforu z odpadních vod lze rozdělit na metody založené na chemických a fyzikálně-chemických interakcích a metody využívající specifických životních projevů určitých typů mikroorganismů, které dokážou za určitých podmínek fosfor akumulovat. Mluví se pak o chemickém, resp. biologickém odstraňování fosforu. V některých případech se obě výše uvedené konfigurace úspěšně kombinují (DOHÁNYOS ET AL. 1998).

11. Letiště Karlovy Vary

11.1 Seznámení se zájmovým územím

Letiště Karlovy Vary je mezinárodní veřejné civilní letiště nacházející se 4 km jihovýchodně od centra Karlových Varů na katastru městské části Olšová Vrata.

Vlastníkem letiště je Karlovarský kraj a jeho provozovatelem společnost Letiště Karlovy Vary, s.r.o. Jde o páté největší mezinárodní letiště v České republice a v roce 2019 odbavilo 62 343 cestujících.

Historie letiště Karlovy Vary

Záměr vybudovat letiště u lázeňského města Karlovy Vary byl dán rozvojem letectví a civilní letecké dopravy v Československu na počátku 20. let 20. století. V roce 1925 městská rada správně posoudila potřebu leteckého spojení s ostatními městy v tuzemsku i zahraničí a svou inspiraci našla v nedalekých Mariánských Lázních, kde Julius Arigi od roku 1921 provozoval leteckou dopravu. V roce 1927 byla podepsána smlouva mezi Ministerstvem veřejných prací a městem Karlovy Vary o výstavbě letiště. Dobová fotografie zobrazuje celkový pohled na letiště *Obrázek 8*. Terénní úpravy začaly 28. října 1928 a trvaly do roku 1930, náklady na úpravu vykoupených pozemků pro areál letiště stály přes milion korun (LKKV @2023).



Obrázek 8: Celkový pohled na Letiště Karlovy Vary rok 1931

(<https://www.airport-k-vary.cz/cs/historie-letiste/>)

Současnost

V letech 2005 až 2006 byla dráha přestavěna, čímž se prodloužila její životnost a zvýšila se její nosnost. Zároveň byla dokončena rekonstrukce světelně bezpečnostního zařízení, která zvýšila dostupnost letiště za nepříznivých povětrnostních podmínek a snížila omezení přistání odpovídající ICAO CAT I kategorii. V letech 2008 až 2009 byla dokončena futuristická nová letištní terminálová

budova, která může přijmout 250 cestujících za hodinu a roční průchodnost je až 500 000 cestujících viz *Obrázek 9*.



Obrázek 9: Stavba nové odbavovací haly

(<https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>)

V současné době se zpracovává studie budoucího rozvoje letiště. Do roku 2025 by se měla dráha prodloužit a rozšířit tak, aby na letišti mohla za určitých podmínek startovat a přistávat i velká dopravní letadla, jako jsou Airbus A310, Airbus A330, Boeing 767-300 a dokonce i Boeing 747. Rozměry dráhy by měly být 2660x45 metrů (LKKV @2023).

11.2 Současná praxe odmrazování a údržby ploch na LKKV

Úklid letištních a pojezdových ploch

Na karlovarském letišti se v zimě na údržbu komunikací a dopravních ploch nejprve využívají mechanické metody. V brzkých ranních hodinách vyjíždějí na provozní plochy letiště nejprve stroje k úklidu napadaného sněhu. Sníh je z pojezdových ploch, jako je hlavní stojánka zvaná Apron *Obrázek 10*, hrnut ke stranám, kde je následně mechanicky frézován mimo asfaltovou plochu.



Obrázek 10: Apron

(<https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>)

Po úklidu hlavní stojánky se vydají úklidové stroje zvané Scherling na hlavní ranvej, kde hrnou sněh od středu dráhy k jejímu kraji. Následně opět frézovací stroj v letištním slangu zvaný Golem zobrazený na *Obrázku 11* odhazuje sněhovou barieru daleko od kraje dráhy.



Obrázek 11: Golem

(<https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>)

Jakmile je dráha strojově čistá, tak se vydají pracovníci letiště na ruční odklizení sněhu kolem světelného systému dráhy. Stroje dále čistí pojezdové plochy. Letiště Karlovy Vary disponuje těmito pojezdovými plochami s názvy: Alfa, Echo, Charlie, Delta.

Chemické ošetření ploch

Po mechanickém úklidu, přichází na řadu chemické ošetření ranveje. K tomuto preventivnímu procesu se používaly chemikálie s obchodními názvy Clearway a Transheat, dále pak močovina. Vzletová a přistávací dráha ve východní části, cca 500 m od jejího konce, byla ošetřena výhradně Clearway, která je na bázi acetátů a vykazuje velmi dobrou biologickou odbouratelnost.

Zbývající plochy byly ošetřeny močovinou a Transheat (vodní roztok dusičnanu amonného s močovinou a inhibitory koroze) se zvýšeným obsahem organických a anorganických dusíkatých látek. Ostatní pohybové plochy letiště ve východní části, spadající pod povodí vodní nádrže Stanovice, jsou v současnosti odmrazovány pouze přípravkem Safeway KA HOT. Upouští se od užívání přípravku

Transheat a močoviny z důvodu vysokého obsahu dusíku a tím i možné eutrofizace okolních vod a prostředí.

Mechanické čištění letadel

Na malá privátní letadla stojící na stojánkách, se používají především košťata. Letiště nemá k dispozici systémy, jako jsou tlakové čištění tryskovým vzduchem, nebo infračervené systémy.

Chemické čištění letadel

Pro odmrazování především dopravních a charterových letadel se používá kapalina na bázi glykolu – Typu I, s následnou aplikací protinámrazové kapaliny Typu II, které nesou obchodní název Safewing MP I, II (LKKV ©2012b). Na *Obrázku 12* je vidět aplikace nemrznoucí směsi na křídla letadla pomocí vysokozdvížného vozíku s odmrazovací soupravou.



Obrázek 12: Vysokozdvížný vozík se soupravou na odmrazování

(<https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>)

11.3 Odvedení srážkových vod z komunikací

Ze zpevněných ploch je část srážkových vod svedena kanalizačním drenážním sběračem přes lapol do recipientu Cínového potoka. V lapolu (odlučovači

ropných látek o objemu 188 m³) dochází k zadržení srážkových vod a naředění, a to v poměru 1:4. Kvalita a složení vod vypouštěných z odlučovače je kontrolována na základě platného vodoprávního povolení, které společnost opětovně získala v rámci vodohospodářského procesu na začátku roku 2020, viz Příloha 1 (LKKV@ 2012a). Rozhodnutí bylo vydáno s omezenou platností do 31. března 2024 (LKKV@ 2021).

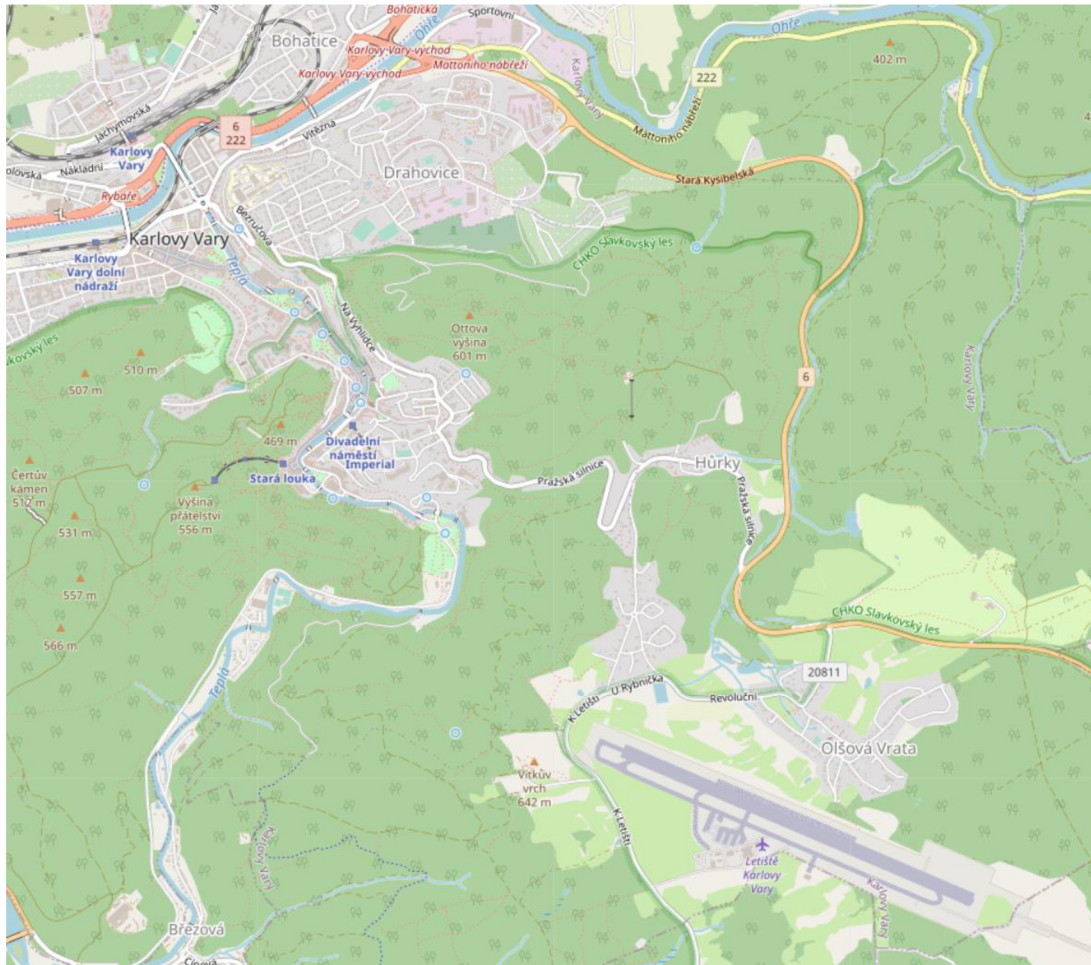
Ostatní srážkové vody ze vzletové a přistávací dráhy letiště, které jsou v povodí Vratského a Teleneckého potoka, se odvodňují obvodovými žlaby, které jsou zaústěny do kanalizačních sběračů s vyústěním do otevřených volných vodotečí, na kterých nejsou žádná čistící ani měrná zařízení (LKKV@ 2012c).

12. Monitoring kontaminace vody v prostoru letiště

Od října 2000 je na letišti v Karlových Varech pravidelně sledována kvalita podzemních a povrchových vod. Předmětem prací byl odběr vzorků podzemní vody v dynamickém stavu ze 16ti vrtů v blízkém i vzdálenějším okolí přistávací plochy, a vzorků vody ze čtyř drenáží. V srpnu 2004 nový provozovatel Letiště Karlovy Vary s.r.o., zúžil monitorovací plochu na 8 vybavených studní a 2 drenáže. Stanovení obsahu nepolárních extrahovaných látek (NEL) se provádí v akreditované laboratoři a vyhodnocení získaných výsledků je dle platné legislativy. Dle rozhodnutí ČIŽP OOV Karlovy Vary (č.j. 4-OOV-KV/472/96-Be a č.j. 4-OOV-KV/583/2000-Be) jsou práce prováděny v ročních intervalech a v souladu se schváleným Projektem monitoringu kvality podzemních vod a povrchu na letišti v Karlových Varech, vypracovaným odborem ochrany životního prostředí Správy letiště ČR v roce 2000 (FUXOVÁ, 2007).

12.1 Situace a přírodní poměry zájmového území

Letiště se nachází v oblasti se zvýšenou ochranou životního prostředí v ochranných pásmech přírodních léčivých pramenů Karlovy Vary a částečně také v CHPAV Slavkovský les viz *Obrázek 13*.



Obrázek 13: Situační mapa letiště Karlovy Vary - screenshot

(<https://openstreetmap.cz/#map=15/50.1872/12.8987&layers=d> upravil Šípek, 2023)

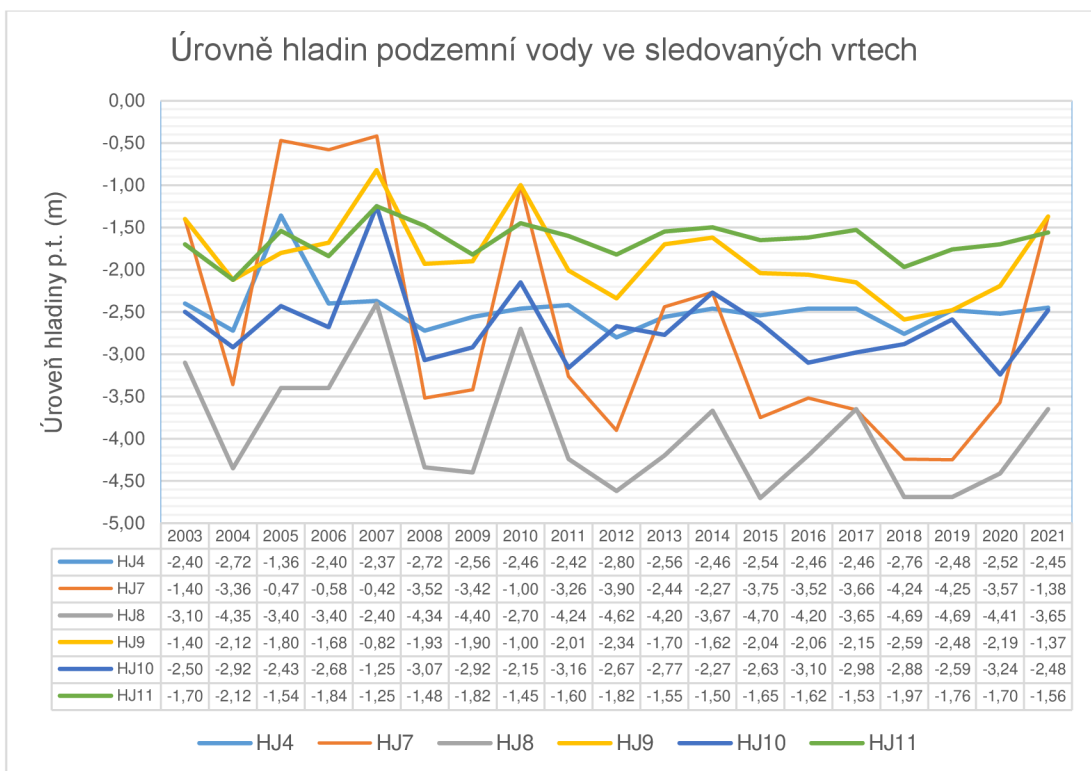
Z geologického hlediska je zájmové území budováno středně zrnitými a hrubozrnnými žulami, místy silně porfyrickými, typu karlovarského horského masivu. Zvětrávání granitu je rozdílné ve východní a západní části území. Ve východní části dochází ke zvětrávání kaolinu a v západní části dochází k mechanickému a limonitovému zvětrávání. Jižně od letiště byly nalezeny také reliktů terciérních pískovců. Prostorem letiště prochází i vysoce významné karlovarské zřídelní zlomové pásmo. Hydrologické podmínky této oblasti jsou složité, protože tudy prochází několik rozvodnic. Severní část území je odvodňována severovýchodně do Vratského potoka. Západní část k jihozápadu do Cínového potoka a východní část k jihu do Lomnického potoka. Severozápadní okraj území je odvodňován suťovými prameny Teplé.

V zájmovém území jsou také dva zvodnělé horizonty – mělký a hluboký. Mělký horizont je vyvinut v eluviu granitu a terciérních písků. Jeho báze není zcela propustná (podle litologie a tektoniky), proto je zde umožněna částečná komunikace

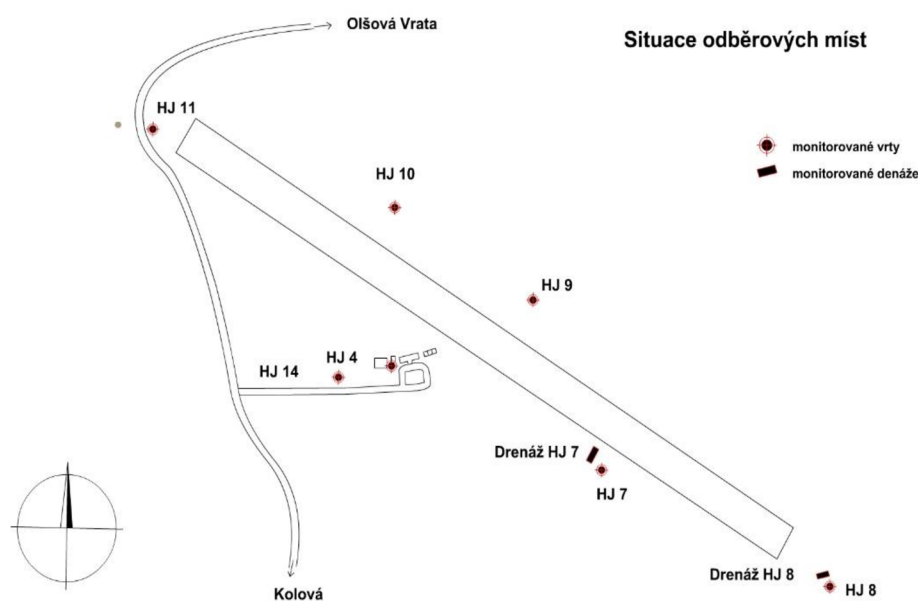
s hlubokým obzorem, případně při napjatosti hlubšího obzoru přechod do eluviální úrovně podzemních vod. Hluboký obzor je závislý na propustné pukliny hornin karlovarského plutonu. Územím probíhá navíc karlovarská zřídelní linie, podél které vyvěrají karlovarské minerální prameny (nejblíže je termální pramen Štěpánka 1.5 km severozápadně). Severní část území náleží do hydrogeologické oblasti 6120 – krystalinikum v mezipovodí Ohře po Kadaň a jižní část území 6112 – krystalinikum Slavkovského lesa (ŠTĚŘÍK, 2021).

12.2 Provedená měření

Před zahájením technických prací bylo na základě hloubky, průměrů a konstantních hladin vypočítáno, jaké množství podzemní vody je nutné z jednotlivých vrtů odčerpat, aby byly splněny projektové požadavky (odběry v dynamickém stavu po odčerpání přibližně trojnásobného objemu vody ve vrtu). Bylo zjištěno, že v důsledku zvýšených srážek v průběhu roku a přes deficit v září došlo ve všech vrtech kromě HJ11 ke zvýšení hladin oproti předchozímu roku. Stejně jako v předchozím roce bylo největšího nastoupení dosaženo ve vrtu HJ7 (2,14 m). Pokles byl zjištěn jen v HV11, a to 0,23 m. Drenáž u HJ8 byla zcela bezvodá, u HJ7 se v letošním roce menší množství vody vyskytovalo. Výrazné kolísání hladin podzemní vody v jednotlivých vrtech (až o 3 m) za celé monitorované období je zřejmé z naměřených hodnot. Níže uvedený graf navíc ukazuje, že vyšší teploty a méně srážek v letech 2015–2020 vedly k mnohem menším výkyvům hladin ve vrtech situovaných na *Obrázku 14*.



Tabulka 3: Úrovně hladin podzemní vody ve sledovaných vrtech (Štěřík 2021)



Obrázek 14: Situace odběrových míst (Štěřík 2021)

Dne 29. 9. 2021 bylo realizováno vlastní čerpání s následným odběrem vzorků podzemních vod. Čerpáno bylo ponorným čerpadlem ($Q=38$ l/min) za použití elektrocentrály. U většiny vrtů bylo dosaženo snížení hladiny podzemní vody a vytvoření depresního kužele. Ve většině případů bylo možné požadovaný objem

odčerpát najednou, vrty HJ7 a HJ8 s nedostatečnou kapacitou bylo odčerpáváno opakovaně s prodlevou nutnou k nastoupení hladiny. Vyčerpaná voda byla vypouštěna do terénu a makroskopicky hodnocena. Zákal vody byl opět pozorován pouze ve vrtu HJ4, kde byl zákal obsahující oxidy železa, a přetrval až do konce čerpání, kdy voda ani při kontrole po opětovném nastoupení nebyla čirá. Zákal byl jako obvykle na začátku odběru silnější a postupně klesal. Vzorky vody byly odebírány v souladu s platnými odběrovými normami do skleněných litrových vzorkovnic s výsledky v následující Tabulce 4, a neprodleně převezeny do akreditované laboratoře ALS Czech Republic, s.r.o. v Praze (ŠTĚŘÍK, 2021).

Vrt	Hloubka vrtu (m)	Úroveň hladiny podzemní vody (m p.t)
HJ4	9,00	-2,45
HJ7	6,30	-1,38
HJ8	6,60	-3,65
HJ9	6,10	-1,37
HJ10	6,30	-2,48
HJ11	9,20	-1,56
HJ14	6,00	-1,55

Tabulka 4: Hydrologické parametry vrtů (Štěřík 2021)

12.3 Výsledky prací

Zjištěné koncentrace nepolárních extrahovaných látek (NEL) ve vodách jsou zobrazeny v následující Tabulce 5. Jsou zde uvedeny pro srovnání i výsledky monitoringu z předchozích let.

Vrt	HJ4	HJ6	HJ7	HJ8	HJ9	HJ10	HJ11	HJ14	Drenáž u HJ7	Drenáž u HJ8
2004	0,08	0,11	0,09	0,07	0,06	0,07	0,13	0,08	0,14	-
2005	0,15	0,08	0,11	0,13	0,11	0,12	0,08	0,09	0,08	0,13
2006	0,13	0,11	0,16	0,17	0,14	0,13	0,07	0,10	0,13	0,16
2007	0,16	0,20	0,20	0,15	0,18	0,11	0,06	0,15	0,13	0,20
2008	0,13	0,19	0,10	0,14	0,10	0,10	0,10	0,20	0,12	-
2009	<0,10	0,13	<0,10	0,44	<0,10	<0,10	0,15	<0,10	<0,10	-
2010	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
2011	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-
2012	0,19	-	<0,10	0,64	<0,10	<0,10	0,29	0,14	-	-
2013	0,31	-	<0,10	0,41	<0,10	0,22	0,13	0,13	0,21	-
2014	0,37	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	<0,10

2015	<0,05	-	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
2016	<0,10	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
2017	<0,10	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
2018	<0,10	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-	-
2019	<0,05	-	<0,05	0,198	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-
2020	<0,10	-	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-
2021	<0,10	-	<0,10	0,12	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	-

Tabulka 5: Obsahy NEL v podzemních a povrchových vodách (Štěříková 2020)

Dříve platná Kritéria znečištění podzemní vody podle MP 3 MŽP ČR z r. 1996 (uvádí NEL) a Nařízení vlády ČR 401/2015 Sb., v aktuálním znění, o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (má NEL stanovenou pro C10 – C40), jsou vedeny v *Tabulce 6*. Současně platný MP Indikátory znečištění uvádí také parametr C₁₀ – C₄₀ (MŽP ©2013). Z analýzy rizik vyplynul pro ochranu zdraví člověka požadavek, aby část letiště, která je odvodňována směrem k Olšovým Vratům (tzv. severní část, reprezentovaná zde monitorovacími vrty HJ9, HJ10 a HJ11), neměla ve vodách obsahy NEL vyšší než 0,3 mg/l. Ve zbývajících částech letiště (tzv. jižní část, ostatní monitorovací vrty) byla limitní koncentrace stanovena na 0,5 mg/l. Stejný limit (0,5 mg/l) byl stanoven pro povrchové vody v drenážích (KOZUBEK, 1998).

Podzemní voda NEL (zrušený Metodický pokyn MŽP 1996) *			Podzemní voda C ₁₀ – C ₄₀ (Indikátory znečištění)	Povrchová voda C ₁₀ – C ₄₀ (Nařízení 61/03 Sb.)	Analyzá rizik NEL (Kozubek, 1998) **
A	B	C			
0,05	0,5	1,0	0,5	0,1	0,3/0,5

Tabulka 6: Kritéria znečištění vod – hodnoty v mg/l (Štěřík 2021)

-) * A = limitní koncentrace přirozeného prostředí
 B = limit, od něhož se zahajují průzkumné práce s cílem zajistit zdroj kontaminace
 C = limit, od něhož se obecně provádí sanační zásah
-) ** <0,30 mg/l pro severní část (HJ9, HJ10 a HJ11)
 <0,50 mg/l pro jižní část (ostatní monitorovací vrty a drenáže)

Z údajů uvedených v tabulce 5 vyplývá, že zatímco v letech 2010, 2011, 2016 a 2017 byly koncentrace znečišťujících látek (polutantu) ve všech objektech pod limitem analytické metody, ve zbývajících letech byla alespoň v jednom z vrtů zjištěna

reálná hodnota. Tak tomu bylo i v letech 2018 a 2019, kdy byla taková koncentrace ověřena na vrtu HJ8, přičemž obsah polutantu poklesával. V roce 2020 se reálná koncentrace nezjistila v žádném z monitorovaných objektů, všechny vzorky měly obsah polutantu pod mezí stanovitelnosti. V roce 2021 se obsah nečistot HJ8 opět zvýšil, tentokrát jen mírně nad analytický limit. Z tohoto pohledu je proto možné konstatovat, že kvalita podzemních vod letiště se oproti roku 2020 mírně zhoršila, ale zůstala vyhovující. Žádný z vrtů neměl podzemní vodu horší kvality než dříve používaný limit pro přirozené pozadí (tzv. kritérium „A“ MP 3/96), a nebyly překročeny limity stanovené indikátory znečištění a analýzou rizik.

Kvalita povrchové vody z drenáže u HJ7 byla pod mezí detekce analytické metody, u HJ8 nemohla být zjištěna, protože v důsledku dlouhodobého srážkového deficitu byla drenáž opět suchá (ŠTĚŘÍKOVÁ, 2020).

12.4 Posouzení vlivu na recipient

Recipientem bude Cínový potok:

Tok:	Cínový potok
Hydrologické číslo povodí:	1-13-02-032
Plocha povodí:	0,13 km ²
Průměrný dlouhodobý roční průtok (Qa):	0,7 l.s ⁻¹
Q355:	nestanoven

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Plzeň, sdělil hydrologické údaje Cínového potoka Český hydrometeorologický ústav, pobočka Plzeň, zpřístupnil hydrologická data Cínového potoka. Povodí Ohře, s.p. nemonitoruje kvalitu vody tohoto toku. V roce 2016 byl po ústní domluvě odebrán jeden vzorek k chemické analýze kvality povrchových vod Cínového potoka v profilu před silničním propustkem, cca 200 m před rybníkem Kolová. Výsledky analýz jsou uvedeny v tabulce 7.

Ukazatel	Hodnota
CHSK	12 mg.l ⁻¹
BSK ₅	< 2 mg.l ⁻¹
NL	< 5 mg.l ⁻¹

N-NH ₄	0,2 mg.l ⁻¹
N-NO ₂	0,01 mg.l ⁻¹
N-NO ₃	2,0 mg.l ⁻¹
P-celk	0,3 mg.l ⁻¹
NEL	0,03 mg.l ⁻¹

Tabulka 7: Výsledky rozboru povrchové vody z Cínového potoka (DEKONTA, ©2021)

S ohledem na dlouhodobý průměrný a minimální průtok Cínového potoka (Qprům = 2,3 l/s a Q355 = 0,3 l/s) a zákonné povinnosti dodržovat přípustné znečišťující látky v povrchových vodách v souladu s Nařízením vlády č. 401/2015 Sb. je zde doporučeno především v zimním období svádět srážkové vody znečištěné odmrazovacími prostředky a předčištěné na ČOV do kanalizace, a naopak v letním období, kdy srážkové vody jsou minimálně znečištěny svádět do Cínového potoka. Předpokládané ovlivnění recipientu Cínový potok při odtoku 0,6 l/s je kalkulováno v další Tabulce 8.

parametr	Odtok z technologie (limitní koncentrace)	Recipient před smíšením	Recipient po smíšení, resp. Přípustné znečištění dle NV 401/2015 Sb.
	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹
CHSK	20	12	26
BSK ₅	2,6	< 2	13,9
NL	22,5	< 5	16,1
N-NH ₄	0,05	0,2	6,1
NEL	0,1	0,03	-
PAU	0,0002	-	-

Tabulka 8: Maximální koncentrace na odtoku z technologie (DEKONTA, ©2021)

13. Diskuze

Dle platné legislativy v EU a v ČR je patrné, že dnešní společnost dbá ve všech možných směrech na to, aby docházelo k vysokému zájmu ochrany vody. Jak uvádí studie (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007): *“Znečištění a zhoršování životního prostředí evropských vod, stejně jako zvýšené povědomí mezi občany a zákonodárci, vedly k druhé vlně legislativních opatření EU na ochranu vod.”* K tomuto opatření se při kláním i já. Proces odmrazování je dle mého názoru všeobecně velmi náročný na životní prostředí: *“Letiště a mnohé letecké společnosti byly nuceny se zaměřit na minimalizaci škodlivých vlivů na životní prostředí a tím i lidské zdraví”* (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007). Souhlasím s tím, aby letecké společnosti optimalizovaly proces odmrazování letadel a proto: *“v současné době se pro odmrazování a ochraně proti námraze používají dvě kapaliny – odmrazovací a protinámrazová”*, jak uvedl (ŽERAVÍK, 2010).

Z vlastní 18-leté pracovní zkušenosti mohu potvrdit, že: *“odklizení sněhu z ranvejí a dalších pohybových ploch letiště je prováděno mechanicky – tzv. zametačem s ofukovacím zařízením, což je kompaktní stroj vybavený sněhovým pluhem, rotačním smetákem a odfukem”* (Letuška.cz ©2016). Někde se, lae nedá techniku využít a proto se musí odklízet ručně, včetně aplikací chemie.

Výzkum a vývoj jde neuvěřitelně dopředu a jsem rád, že není nikomu lhostejný. Příkladem je studie Johna Duma z University of Notre Dame, který: *„studuje strukturu molekuly nemrznoucí směsi nalezené v přezimující larvě brouka Dendroides canadensis“* (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007). Sám vím, že pochopení přírody je správná cesta a mnohdy nám dokáže více pomoci.

Letiště po celém světě si prošla velkým vývojem. To co se nejprve jevílo, jako optimální odmrazovací prostředek se ve výsledku ukázalo jako přírodní zátěž a problém. Dříve se: *„močovina běžně používala pro zimní údržbu. V současné době je její používání omezeno na minimum (má vysoký obsah dusíku, za určitých podmínek může vznikat nedisociovaný amoniak) a byla nahrazena prostředky vhodnějšími pro životní prostředí, tj. především acetáty“* (JIRÍČEK ET AL. 2007).

Koncepce zachytu a předčištění srážkové vody jsou dle mého názoru nevyhnutelné. Původní návrh poukázal na nutnost vybudování: *„technologické linky na čištění znečištěné vody tímto způsobem bude realizován s ohledem na všechna doporučení pro budoucí odmrazování letiště Karlovy Vary“* (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007). Dle mého názoru se snažilo tuto investici letiště oddalovat, dokud

bylo schopné splnit limity vodohospodářského povolení. Nyní se v nové studii již s technologickou čisticí linkou počítá.

Nemohu opomenout biologické čištění, které provází moji práci. Tento proces je ekonomičtější z hlediska investičních a provozních nákladů ve srovnání se zařízeními na recyklaci glykolu. Výsledky odběrů nám ukázaly, že nyní nejsou limity překročeny. Je tam ale mnoho příčin. Od roku 2016 začalo letiště v počtu odbavených letadel a počtu odmrazování stagnovat z důvodů Krymské krize a odlivu ruských lázeňských hostů z Karlovarského regionu. Tato krize šla dále ruku v ruce s pandemií, která letiště zmrazila.

14. Závěr a doporučení

Díky pravidelnému monitoringu na letišti bylo v roce 2021 zjištěno, že kvalita podzemních vod se oproti roku 2020 mírně zhoršila. V letech 2010 a 2011 byl obsah nepolárních extrahovaných látek ve všech vodách pod hranicí analytické kvantifikace, v letech 2012 a 2013 se koncentrace zvýšily a ve vrtech HJ8 a HJ11 dosáhly svého maxima a ve vrtech HJ8 byla poprvé překročena také hranice. V letech 2014 a 2015 až na jednu výjimku nepřekročil obsah ve vodách mez analytické stanovitelnosti a v letech 2016 a 2017 byla koncentrace znečišťující látky opět ve všech vrtech pod mezí detekce. V roce 2018 byla skutečná hodnota kontaminace ve vodách vrtu HJ8 znovu ověřena, ale koncentrace ropných uhlovodíků byla nižší než prahová hodnotící kritéria. I v roce 2019 byla skutečná koncentrace polutantu zjištěna pouze v tomto vrtu a byla o cca 10 % nižší ve srovnání s předchozím rokem. K dalšímu poklesu došlo až do roku 2020, kdy byl obsah znečišťujících látek v podzemních vodách ve všech sledovaných vrtech pod hranicí analytické stanovitelnosti. V roce 2021 obsah kontaminace ve vrtu HJ8 mírně překročil analytický limit, ale nepřiblížil se platným limitům (JELINKEK, 1999).

Drenáž u HJ8 byla kvůli deficitu srážek v září bezvodá, proto v ní nebylo možno ověřit kvalitu povrchových vod. Srpnové srážky zaplnily pouze drenáž na HJ7, kde nebyly ve vodě zjištěny žádné ropné uhlovodíky nad limity analytické metody.

V důsledku vyšších srážek po většinu roku všechny sledované vrty zaznamenaly zvýšení hladiny podzemní vody s výjimkou HJ11, nacházející se na severozápadním konci letiště, většinou v řádu decimetrů, v HJ7 dokonce o 2,14 m. Pokles v HJ11 byl o 0,23 m. Vyšší srážky v aktuálním roce se na hladinách sledovaných vrtů projeví výraznější oscilací hladin v první zvodni, která zde byla pozorována až do roku 2015, kdy nastalo teplejší a především srážkově deficitní pětileté období s malými výkyvy hladin.

Z výše uvedeného je zřejmé, že na lokalitě není třeba provádět sanační opatření. V souladu se závěry analýzy rizik doporučuji další sledování ve stejném rozsahu a v ročních intervalech.

Práce na letišti je velmi nevšední a sám to mohu potvrdit. Pracoval jsem na letišti Karlovy Vary od roku 1999 do roku 2017.

Závěrem tato práce by měla zhodnotit stávající metody a pokud to lze, tak minimalizovat dopad škodlivých látek na podzemní vody, což již nyní bylo prioritou letiště a jejího personálu.

15. Literatura

Odborné publikace

AQUA-CONTACT Praha, 2007: Letiště Karlovy Vary – Studie koncepce nakládání s kontaminovanými srážkovými vodami na letišti Karlovy Vary a odvození množství kontaminovaných srážkových vod po plánovaném rozšíření letiště Karlovy Vary., Praha, 65 s. „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

DOHÁNYOS, M., KOLLER, J., STRNADOVÁ, N., 1998: Čištění odpadních vod. Vydavatelství chemie a technologie vody VŠCHT. 177s.

FUXOVÁ, A., 2007: Zpráva o používání odmrazovacích prostředků v areálu letiště Karlovy Vary, o kvalitě vyústěných drenážních vod v rozhodných ukazatelích za sledované období 03/2006–03/2007, 5-15. „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

JELINEK, J., 1999: Znečištění podzemní vody nepolárními extrahovatelnými látkami v prostoru letiště Karlovy Vary. Závěrečná zpráva za rok 1998, MS AQUATEST Praha, 25-27.

JIŘÍČEK, I. et al., 2007: Rozmrazovací směsi a jejich vliv na okolí letišť. Chemické Listy 101: 391-396.

KOZUBEK, P., 1998: Znečištění podzemní vody nepolárními extrahovatelnými látkami v prostoru letiště Karlovy Vary. Analýza rizik, MS AQUATEST Praha, 12-14.

LKKV, 2012a: Kapitola 2 provozního řádu odlučovače ropných látek na Letišti Karlovy Vary, s.r.o. „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

LKKV, 2012b: Technologický postup – Odmrazování letadel na letišti Karlovy Vary, „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

LKKV, 2012c: Vnitřní norma LKV-VN-II-29-12 Zimní údržba, Karlovy Vary, „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

Nařízení vlády ČR 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v aktuálním znění, [cit. 2022.03.20]

ŘEŠETKA, D., 1983: Stokování a čištění odpadních vod. SNTL Praha. 160s.

SMEKAL, A., 2014: Odmrazovací soustavy letadel, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Brno. 20 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. VÚT v Brně.

ŠTĚŘÍK, M., 2021: Závěrečná zpráva za rok 2021 Karlovy Vary – letiště, [cit. 2022.03.20]

ŠTĚŘÍKOVÁ, J., 2000-2020: Karlovy Vary letiště, Závěrečná zpráva za rok 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 – MS GP Karlovy Vary, „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

ŠVOMA, J., 1981: Preventivní ochrana podzemních vod před ropným znečištěním v okolí letiště v Karlových Varech, MS stavební geologie Praha, „nepublikováno“. Dep.: Letiště Karlovy Vary.

Internetové zdroje

AEA, ©2015: Recommendations for De-icing / Anti-icing Aeroplanes on the ground, (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z < <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2869.pdf> >

AIRWAYS.CZ, ©2009: Odmrazování letadel u českých aerolinií, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < <https://www.airways.cz/zprava/odmrazovani-letadel-u-ceskych-aerolini/> >

AMES RESEARCH CENTER, ©1997: NASA AMES 'Food Grade' Anti-Icing fluid also reduces auto rust, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < <https://www.nasa.gov/home/hqnews/1997/97-133.txt> >

AMIL, ©2015: Qualified Fluids Lists, (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z < <https://lima.uqac.ca/aircraft-deanti-icing-fluids/qualified-fluids-lists/> >

AVIATION OIL OUTLET, ©2018: Types of De-icing Fluid Used on Aircraft, (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z < <https://aviationoiloutlet.com/blog/de-icing-fluid/> >

DEKONTA, ©2021: Modernizace letiště Karlovy Vary – IV. etapa, rozšíření a prodloužení RWY 11/29, (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z < https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WMzA2N19kb2t1bWVudGFjZURPQ18xNzA3ODcwNzcyMzcwMzg4MTMzLnBkZg/OV3067_dokumentace.pdf >

EPA, ©2000: Preliminary Data Summary Airport Deicing Operations (Revised), (online) [cit. 2022.03.19], dostupné z < <https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/airport-deicing-pds-2000.pdf> >

EPA, ©2012: Users Guide to the Docket for the Effluent Limitation Guidelines and Standards for the Airport Deicing Category; Final Rule, (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z < https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-06/documents/airport-deicing_docket-users-guide_final-2012.pdf >

IASA, ©2002: Norway tests Canadian-built, infrared aircraft de-icing system, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < http://www.iasa.com.au/folders/Safety_Issues/RiskManagement/infra-red-deicing.html>

JEČMEN, K., 2018: POSOUZENÍ RIZIKA NEDOSTAČNÉHO ODMRAZENÍ V SYSTÉMU PARALELNÍCH DRAH NA LKPR, (online) [cit. 2022.02.26], dostupné z < <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/80668/F6-BP-2018-Jecmen-Karel-BPJecmen.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> >

LETUŠKA.CZ, ©2016: Jak se vlastně uklízí sníh z ranveje na letišti v Praze?, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < <https://www.letuska.cz/magazin/cestujeme-po-svete/jak-se-vlastne-uklizi-snih-z-ranveje-na-letisti-v-praze> >

LKKV, ©2021: Ochrana vod, (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://www.airport-k-vary.cz/cs/ochrana-vod/> >

LKKV, ©2023: Historie letiště, (online) [cit. 2023.03.23], dostupné z < <https://www.airport-k-vary.cz/cs/historie-letiste/> >

MŽP, ©2013: Metodický pokyn odboru pro ekologické škody MŽP, Praha, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/\\$FILE/OES-MZP_%20Indikator-%20zncistení-akt-2013-20140318.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/metodiky_ekologicke_zateze/$FILE/OES-MZP_%20Indikator-%20zncistení-akt-2013-20140318.pdf) >

NASA Official, ©2016: A Pilot's Guide to Ground Icing, Mechanical De-Icing, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < https://aircrafticing.grc.nasa.gov/2_4_3_1.html >

NOVÁK, L et al., 2015: Limity biologické čistitelnosti odpadních vod ve vztahu k novelizaci vodoprávních předpisů aneb slepé uličky č. III?, (online) [cit. 2022.02.26], dostupné z < <https://vodnihospodarstvi.cz/limity-biologicke-cistitelnosti-odpadnich-vod/> >

NOVINKY.CZ, ©2018: Odmrazování letadla je věda, ve velkých mrazech se paradoxně provádět nemusí, (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z < <https://www.novinky.cz/cestovani/clanek/odmrazovani-letadla-je-veda-ve-velkych-mrazech-se-paradoxne-provadet-nemusi-40058578> >

PETRENKO et al., 1999: De-Icing Layers of Interdigitated Microelectrodes, (online) [cit. 2022.03.01], dostupné z < https://www.researchgate.net/publication/232006294_De-Icing_Layers_of_Interdigitated_Microelectrodes >

POLLERT, J., 2012: Biologická část ČOV, (online) [cit. 2022.10.06], dostupné z < http://kzei.fsv.cvut.cz/pdf/COV_pr_5.pdf >

ÚŘAD PRO CIVILNÍ LETECTVÍ, ©2009: Letecký předpis L14 [cit. 2022.03.23], dostupné z < https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/dokumenty/L/L-14/data/print/L-14_cely.pdf >

VODÁRNA PLZEŇ, ©2019: Srážková voda [cit. 2022.03.23], dostupné z < https://www.vodarna.cz/data/folders/Sra%CC%81z%CC%8Ckova%CC%81%20voda%20_%20VODA%CC%81RNA%20PLZEN%CC%8C%20a.s_-f270.pdf >

VŠB, ©2008: Multimediální učební texty zaměřené na problematiku zpracování kalů [cit. 2022.03.23], dostupné z < <http://hgf10.vsb.cz/546/ZpracovaniKalu/stabilizace.html> >

ŽERAVIK, J., 2010: Odmrazování letadel, (online) [cit. 2022.03.20], dostupné z < <https://www.aeroweb.cz/clanky/2215-odmrazovani-letadel> >

16. Seznam obrázků

Obrázek 1: Proces odmrazování letadla (online) [cit. 2022.09.20], dostupné z < https://objects.liquidweb.services/images/201407/eric_gofreed_ZHKRDZKROZXRCZ7RNLZRZELSRHHERQH4RDZIR3Z6RTLERYZMRTZQR3Z3LPLXRNL7R3ZZZ2LQR6LSRWL.jpg>

Obrázek 2: Proces odmrazování letadla Systém InfraTek™ (IASA, ©2002: Norway tests Canadian-built, infrared aircraft de-icing system, (online) [cit. 2022.09.25], dostupné z <http://www.iasa.com.au/folders/Safety_Issues/RiskManagement/infrared-deicing_files/index_03.jpg>

Obrázek 3: Stroj k čištění letištní plochy (Skřivánková, J.: Sníh na vojenském letišti v Náměšti odklízí speciální technika, (online) [cit. 2022.09.20], dostupné z <https://mocr.army.cz/assets/informacni-servis/zpravodajstvi/1_2436.jpg>

Obrázek 4: A larval *Dendroides canadensis* (Gofreed, J.: *Dendroides canadensis* Latreille, (online) [cit. 2022.09.20], dostupné z < https://objects.liquidweb.services/images/201407/eric_gofreed_ZHKRDZKROZXRCZ7RNLZRZELSRHHERQH4RDZIR3Z6RTLERYZMRTZQR3Z3LPLXRNL7R3ZZZ2LQR6LSRWL.jpg>

Obrázek 5: Schématické znázornění technologie předčištění srážkových vod v letním období – centrální linka (DEKONTA ©2021: Modernizace letiště Karlovy Vary – IV. etapa, rozšíření a prodloužení RWY 11/29, (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z < https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WMzA2N19kb2t1bWVudGFjZURPQ18xNzA3ODcwNzcyMzcwMzg4MTMzLnBkZg/OV3067_dokumentace.pdf>

Obrázek 6: Schématické znázornění technologie předčištění srážkových vod v zimním období – centrální linka (DEKONTA ©2021: Modernizace letiště Karlovy Vary – IV. etapa, rozšíření a prodloužení RWY 11/29, (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z < https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX09WMzA2N19kb2t1bWVudGFjZURPQ18xNzA3ODcwNzcyMzcwMzg4MTMzLnBkZg/OV3067_dokumentace.pdf>

Obrázek 7: Schematické znázornění procesu odstranění organického znečištění (AQUA-CONTACT Praha©2007)

Obrázek 8: Celkový pohled na Letiště Karlovy Vary rok 1931 (LKKV, ©2023: Historie letiště, (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://www.airport-karlovy.cz/cs/historie-letiste/>>

Obrázek 9: Stavba nové odbavovací haly (LKKV, ©2023: Fotogalerie, (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>>

Obrázek 10: Apron (LKKV, ©2023: Fotogalerie, (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>>

Obrázek 11: Golem (LKKV, ©2023: Fotogalerie, (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>>

Obrázek 12: Vysokozdvíhací vozík se soupravou na odmrazování (LKKV, ©2023: Fotogalerie, (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://www.airport-k-vary.cz/cs/fotogalerie/>>

Obrázek 13: Situační mapa letiště Karlovy Vary - screenshot (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://vodnihospodarstvi.cz/legislativa-ve-vodnim-hospodarstvi/>>.

Obrázek 14: Situace odběrových míst (ŠTĚŘÍK, 2021: Závěrečná zpráva za rok 2021 Karlovy Vary – letiště)

Tabulka 1: Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod dle směrnice 91/271/EHS, u ukazatelů dusíku a fosforu se jedná o citlivé oblasti (AQUA-CONTACT PRAHA ©2007)

Tabulka 2: Stávající legislativa (VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ ©2022 (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z < <https://vodnihospodarstvi.cz/legislativa-ve-vodnim-hospodarstvi/>>.

Tabulka 3: Úrovně hladin podzemní vody ve sledovaných vrtech (ŠTĚŘÍK, 2021)

Tabulka 4: Hydrologické parametry vrtů (ŠTĚŘÍK, 2021)

Tabulka 5: Obsahy NEL v podzemních a povrchových vodách (ŠTĚŘÍK, 2021)

Tabulka 6: Kritéria znečištění vod – hodnoty v mg/l (ŠTĚŘÍK, 2021)

Tabulka 7: Výsledky rozboru povrchové vody z Cínového potoka (DEKONTA, ©2021)

Tabulka 8: Maximální koncentrace na odtoku z technologie (DEKONTA, ©2021)

Příloha 1: Skladování chemických přípravků k odmrazování ploch letiště a letadel