

# Technicko-ekonomická studie proveditelnosti čištění vod v Libišské svodnici



**Liberec, leden 2024**

**Objednatel****Obec Libiř**

Mělnická 579, Libiř, 277 11 Neratovice

IČ: 00662241

**Zhotovitel****PHOTON WATER TECHNOLOGY s.r.o.**

Generála Svobody 25/108, Liberec XII-Staré Pavlovice, 460 01 Liberec

IČ: 04568095

DIČ: CZ04568095

zapsána v obchodním rejstříku u Krajského soudu v Ústí nad Labem, oddíl C, vložka 38684

**Název akce****Technicko-ekonomická studie proveditelnosti čiřtění vod  
v Libiřské svodnici****Dokument****Studie proveditelnosti****Zpracovali**

Mgr. Jan Hocke

Václav Šrédli

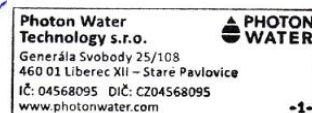
RNDr. Petr Kvapil, PhD.

**Odborný garant**

Mgr. Jan Hocke

osvědčení MŽP o odborné způsobilosti č. 1788/2003

(hydrogeologie, sanační geologie, inženýrská geologie)

**Schválil**RNDr. Petr Kvapil, PhD.  
ředitel společnosti**Datum zpracování**

19. 1. 2024

**Číslo výtisku**

1 2 3

**Rozdělovník:**

- Výtisk č. 1: Obec Libiš  
 Výtisk č. 2: Obec Libiš + elektronická verze  
 Výtisk č. 6: Photon Water Technology s.r.o. – elektronická verze

**Obsah**

1.	ÚVOD.....	6
1.1.	Identifikační údaje úkolu .....	6
1.2.	Přehled technických prací.....	6
1.3.	Cíl studie proveditelnosti.....	7
2.	CHARAKTERISTIKA LOKALITY .....	7
2.1.	Údaje o území .....	7
2.1.1.	Všeobecné údaje – základní popis Libišské svodnice.....	7
2.1.2.	Geografické vymezení území .....	8
2.1.3.	Majetkoprávní vztahy.....	11
2.1.4.	Stávající využití území.....	11
2.2.	Přírodní poměry zájmového území [4] .....	14
2.2.1.	Geomorfologické poměry .....	14
2.2.2.	Klimatické poměry.....	14
2.2.3.	Geologické poměry.....	14
2.2.4.	Hydrogeologické poměry.....	16
2.2.5.	Využití podzemních vod v širším okolí zájmového území.....	18
2.2.6.	Zvláštní režim ochrany vod.....	18
2.2.7.	Hydrologické poměry .....	18
2.3.	Dosavadní prozkoumanost.....	20
2.4.	Kontaminace horninového prostředí a nápravná opatření .....	23
2.5.	Výsledky hodnocení rizika .....	24
3.	AKTUÁLNĚ PROVEDENÉ TECHNICKÉ PRÁCE.....	25
3.1.	Přehled a metodika provedených prací .....	25
3.2.	Výsledky aktuálně realizovaných technických prací.....	28
3.2.1.	Monitoring Libišské svodnice .....	28
3.2.2.	Laboratorní kolonové testy.....	33
3.3.	Shrnutí a závěry technických prací .....	34
4.	CÍLE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	34

5.	ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ VARIANTY NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	35
6.	IDENTIFIKACE VHODNÝCH SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ.....	35
6.1.	Metody screeningu.....	35
6.2.	Screening technologií nápravných opatření.....	37
6.2.1.	Podmínky výběru vhodných variant.....	37
6.2.2.	Primární hodnocení variant.....	37
6.2.3.	Shrnutí účinnosti posuzovaných metod.....	42
6.3.	Shrnutí screeningu.....	42
7.	BILANCE OBJEMŮ A PLOCH K REALIZACI NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....	43
8.	POPIS A VYHODNOCENÍ VYBRANÉ TECHNOLOGIE.....	45
8.1.	Popis procesu čištění vod kombinovanou technologií.....	45
8.2.	Popis jednotlivých modulů (metod) kombinované technologie.....	46
8.2.1.	(1) Aerobní mokřadní systém včetně sedimentačních nádrží.....	46
8.2.2.	(2) Remediační systém typu PRB – propustná reakční bariéra.....	47
8.2.3.	(3) Sorpční remediační systém - biosorpce.....	49
8.2.4.	(4) Dočišťovací aerobní mokřadní systém.....	50
8.3.	Specifikace základních prvků kombinované technologie.....	51
9.	ODHAD NÁKLADŮ VŠECH POSUZOVANÝCH VARIANT.....	53
10.	ZÁVĚR A DOPORUČENÍ.....	55
11.	POUŽITÁ LITERATURA A DOKUMENTACE.....	57



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1: Údaje o úkolu dle Vyhlášky č. 369/2004 Sb.....	6
Tabulka 2: Základní hydrologické údaje.....	19
Tabulka 3: Vybrané výsledky archivních rozborů povrchové vody – Libišská svodnice.....	22
Tabulka 4: Vybrané výsledky aktuálních rozborů povrchové vody – Libišská svodnice .....	28
Tabulka 5: Přehled výsledků měření na profilech Libišské svodnice .....	32
Tabulka 6: Identifikace a porovnání nápravných opatření.....	35
Tabulka 7: Účinnost testovaných systémů na jednotku objemu nádrže.....	39
Tabulka 8: Průměrné účinnosti čištění v testovaných systémech.....	42
Tabulka 9: Odhad nákladů pro variantu A: Aerobní mokřadní systém .....	53
Tabulka 10: Odhad nákladů pro variantu B: Anaerobní biodegradační systém.....	53
Tabulka 11: Odhad nákladů pro variantu C: Remediační systém typu PRB .....	53
Tabulka 12: Odhad nákladů pro variantu D: Sorpční remediační systém.....	54
Tabulka 13: Odhad nákladů pro variantu E: Kombinovaný remediační systém .....	54
Tabulka 14: Odhad nákladů pro variantu F: Čistička odpadních vod .....	54

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Výtok vody ze zatrubnění do Libišské svodnice .....	8
Obrázek 2: Situace zájmového území (zdroj ČÚZK) .....	9
Obrázek 3: Průběh svodnice u obce Libiš (zdroj ČÚZK).....	10
Obrázek 4: Vyznačení pozemků ve vlastnictví obce Libiš (zdroj ČÚZK).....	12
Obrázek 5: Výřez z hlavního výkresu územního plánu obce Libiš.....	13
Obrázek 6: Výřez z výkresu protipovodňové ochrany na Q100 – PPO Neratovicko (Sweco a.s., 6/2023) .....	13
Obrázek 7: Území zplavované při pěti, dvaceti a stoleté vodě (Q5, Q20, Q100) .....	19
Obrázek 8: Profily vzorkování povrchové vody na Libišské svodnici (F3 a F1).....	20
Obrázek 9: Rozdělení kontaminovaných oblastí v areálu Spolany a.s. [4].....	24
Obrázek 10: Pozice aktuálně vzorkovaných profilů povrchové vody na Libišské svodnici .....	27
Obrázek 11: Fotodokumentace svodnice v blízkosti profilu Li-1-u Spolany .....	31
Obrázek 12: Průměrné hodnoty účinnosti kolonových testů .....	37
Obrázek 13: Pozemky ve vlastnictví obce Libiš využitelné pro umístění technologie čištění vod .....	44
Obrázek 14: Schéma zapojení kombinovaného remediačního systému (E).....	45
Obrázek 15: Schéma aerobního mokřadního systému .....	47
Obrázek 16: Schéma systému PRB .....	48
Obrázek 17: Schéma systému biosorpce .....	50
Obrázek 18: Příklad aerobního mokřadního systému - 1 .....	51
Obrázek 19: Příklad aerobního mokřadního systému - 2.....	51

**SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1:	Geologická mapa lokality
Příloha 2:	Protokol laboratorních rozborů povrchové vody
Příloha 3:	TUL – zpráva o výsledcích kolonových testů
Příloha 4:	Protokol o zkoušce litinových třísek
Příloha 5:	Vyhodnocení optimální varianty nápravného opatření
Příloha 6:	Studie prostorového uspořádání technologie

## 1. ÚVOD

Na základě objednávky č. 108/22 ze dne 1. 9. 2022 obce Libiš předkládá Photon Water Technology s.r.o. (dále PWT) studii proveditelnosti s názvem „**Technicko-ekonomická studie proveditelnosti čištění vod v Libišské svodnici (dále TES).**“ Povrchová voda v Libišské svodnici je dlouhodobě znečištěna organickými polutanty zejména typu chlorovaných uhlovodíků (CIU) a hexachlorcyklohexanu (HCH).

### 1.1. Identifikační údaje úkolu

Tabulka 1: Údaje o úkolu dle Vyhlášky č. 369/2004 Sb.

Název položky	Údaj
Název geologického úkolu	Technicko-ekonomická studie proveditelnosti čištění vod v Libišské svodnici
Druh geologických prací	Zjišťování a odstraňování antropogenního znečištění v horninovém prostředí
Etapa geologického průzkumu	Studie proveditelnosti
Cíl geologického úkolu	Posouzení vhodných variant nápravných opatření
Vymezení technických prací	Monitoring povrchové vody, laboratorní testy (kolonové zkoušky)
Zhotovitel	Photon Water Technology s. r. o., Generála Svobody 25/108, Liberec XII-Staré Pavlovice, 460 01 Liberec, IČ: 04568095
Objednatel	Obec Libiš, Mělnická 579, Libiš, 277 11 Neratovice
Název a kód kraje	Středočeský, CZ020
Název a kód okresu	Mělník, CZ0206
Obec	Libiš, 571784
ORP (obec s rozšířenou působností)	Neratovice
POU (pověřený obecní úřad)	Neratovice
Název a kód katastrálního území	Libiš, 703621
ČHP dílčího povodí (4. řádu)	1-05-04-056 (název toku: Labe)
Číslo HGR	4510 – Křída severně od Prahy
Chráněná území	Východně navazuje maloplošně zvláště chráněné území PR Úpor - Černínovsko

Pozn.: ČHP – číslo hydrologického pořadí

HGR – hydrogeologický rajón

PR – přírodní rezervace

### 1.2. Přehled technických prací

Přehled technických prací provedených v rámci TES:

- Monitoring Libišské svodnice na 3 profilech ve 3 etapách.
  - a. Měření koncentrace tekavých organických látek (dále TOL) uvolňovaných z povrchové vody do ovzduší.
  - b. Měření základních fyzikálně chemických parametrů (dále FCHP) v povrchové vodě.
  - c. Měření průtoku ve svodnici.
  - d. Vstupní rozbor kvality povrchové vody (proveden v 1. etapě na 3 profilech).
- Laboratorní (kolonové) testy zaměřené na degradaci znečištění v povrchové vodě.

### 1.3. Cíl studie proveditelnosti

Cílem TES bylo provést výběr optimálního technického řešení úpravy (dekontaminace) vod vtékajících do Libišské svodnice. Hodnocení technického řešení bylo zaměřeno na účinnost, proveditelnost a odhad vstupních a provozních nákladů.

TES se konkrétně zbývala posouzením technicky proveditelných variant čištění průsakových vod odtékajících z oblasti areálu Spolany s.r.o. v Neratovicích prostřednictvím potrubního řadu, který vyúsťuje v Libišské svodnici. Účelem nápravných opatření je dekontaminace (čištění) vody ideálně ještě před jejím vstupem do otevřeného povrchového toku svodnice. Technologie čištění bude dimenzována v takovém rozsahu, který umožní snížení koncentrace hlavních kontaminantů v povrchové vodě na přijatelnou (nerizikovou) úroveň.

Posouzení vhodnosti použití technologie čištění povrchové vody vychází z výsledků aktuálně provedených technických prací a z posouzení specifických podmínek lokality.

## 2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

### 2.1. Údaje o území

#### 2.1.1. Všeobecné údaje – základní popis Libišské svodnice

Jedná se o uměle vytvořenou vodoteč – meliorační kanál. Libišská svodnice tvoří v zájmové oblasti místní erozní bázi [4].

Zatrubněná část svodnice mezi východním výběžkem obce Libiš a areálem Spolany je pokračováním dešťové kanalizace JS 1000 z areálu Spolany. Kanalizace prochází přes západní hranici areálu v oblasti Nové amalgámové elektrolýzy (oblast dle vyznačení v databázi SEKM 3) a po 135 m vyúsťuje do otevřeného koryta (Libišské svodnice). K vyústění dochází v blízkosti východního okraje obce Libiš.

Situace svodnice je znázorněna na Obrázku 1.

Kanalizace slouží nejen k odvodu dešťových vod, ale pravděpodobně také historicky ke snižování hladiny podzemní vody v areálu. V areálu Spolany (viz SEKM 3) byla popsána řada ohnisek se starou ekologickou zátěží. Vysoká úroveň znečištění povrchové vody v Libišské svodnici úzce souvisí s kontaminací horninového prostředí v areálu Spolany. Kanalizační řad drénuje kontaminované podzemní vody v areálu Spolany a částečně i v jeho okolí. Drenážní účinek kanalizace v areálu Spolany se následně projevuje vysokými koncentracemi některých polutantů v Libišské svodnici.

Obrázek 1: Výtok vody ze zatrubnění do Libišské svodnice



### 2.1.2. Geografické vymezení území

Vody ze zatrubnění (viz předchozí kapitola) vtékají do otevřeného koryta Libišské svodnice mezi východním výběžkem obce Libiš a západní hranicí areálu Spolany. Následně svodnice protéká východním okrajem obce Libiš a směřuje na sever k lokalitě Na Štěpáně, kde podtéká silnici I. třídy č. 9. Následně se stáčí k severozápadu a probíhá paralelně mezi tokem Labe a severovýchodním okrajem obce Obříství. Za přístavištěm v Obříství je svodnice vedena stále podél Labe severním směrem. Svodnice je zaústěna do Labe pod jezem u malé vodní elektrárny (MVE) Obříství.

Situace svodnice je znázorněna na Obrázcích 2 a 3.

Případné čištění vod ve svodnici je účelné realizovat na začátku toku, tj. v oblasti mezi obcí Libiš a areálem Spolany. Majetkoprávní vztahy v této oblasti jsou stručně popsány v následující kapitole.



Obrázek 2: Situace zájmového území (zdroj ČÚZK)





Obrázek 3: Průběh svodnice u obce Libiš (zdroj ČÚZK)



### 2.1.3. Majetkoprávní vztahy

Libišská svodnice je ve vlastnictví České republiky a spravuje ji Povodí Labe, státní podnik (právo hospodařit s majetkem státu). Svodnice leží na následujících pozemcích:

- Parc.č. 852/1 v k.ú. Libiš, LV 3727
- Parc.č. 1618 v k.ú. Obříství, LV 597
- Parc.č. 909/4 v k.ú. Kly, LV 848
- Parc.č. 841/12 v k.ú. Kly, LV 848.

Případná technologie čištění vod bude umístěna v blízkosti areálu Spolany (na začátku svodnice) na pozemcích ve vlastnictví obce Libiš. Dotčeny mohou být i sousední pozemky za předpokladu, že technologie bude vyžadovat přístupy, přípojky inženýrských sítí apod.

Technologii čištění vod lze umístit na následujících pozemcích ve vlastnictví obce Libiš (k.ú. Libiš):

1. Parc.č. 727/5, LV 10001, výměra 5 829 m<sup>2</sup>, druh pozemku: ostatní plocha
2. Parc.č. 272/2, LV 10001, výměra 498 m<sup>2</sup>, pozn.: koryto vodního toku umělé
3. Parc.č. 796/2, LV 10001, výměra 6 459 m<sup>2</sup>, druh pozemku: ostatní plocha, pozn.: ostatní komunikace
4. Parc.č. 611/8, LV 10001, výměra 6 154 m<sup>2</sup>, druh pozemku: ostatní plocha
5. Parc.č. 611/9, LV 10001, výměra 387 m<sup>2</sup>, druh pozemku: ostatní plocha

Výše uvedené pozemky jsou zčásti pokryty vzrostlými stromy. Plocha pozemků bez lesního porostu činí cca 6 800 m<sup>2</sup> (viz Obrázek 4 – plocha ohraničená červenou čarou).

6. Parc.č. 836/2, LV 10001, výměra 185 m<sup>2</sup>, druh pozemku: ostatní plocha, pozn.: ostatní komunikace
7. Parc.č. 728/1, LV 10001, výměra 1 491 m<sup>2</sup>, druh pozemku: ostatní plocha, pozn.: zeleň
8. Parc.č. 725/10, LV 10001, výměra 746 m<sup>2</sup>, druh pozemku: trvalý travní porost
9. Parc.č. 728/9, LV 10001, výměra 746 m<sup>2</sup>, druh pozemku: trvalý travní porost

Uvedené pozemky jsou vyznačeny na Obrázku 4 stejným pořadovým číslem.

### 2.1.4. Stávající využití území

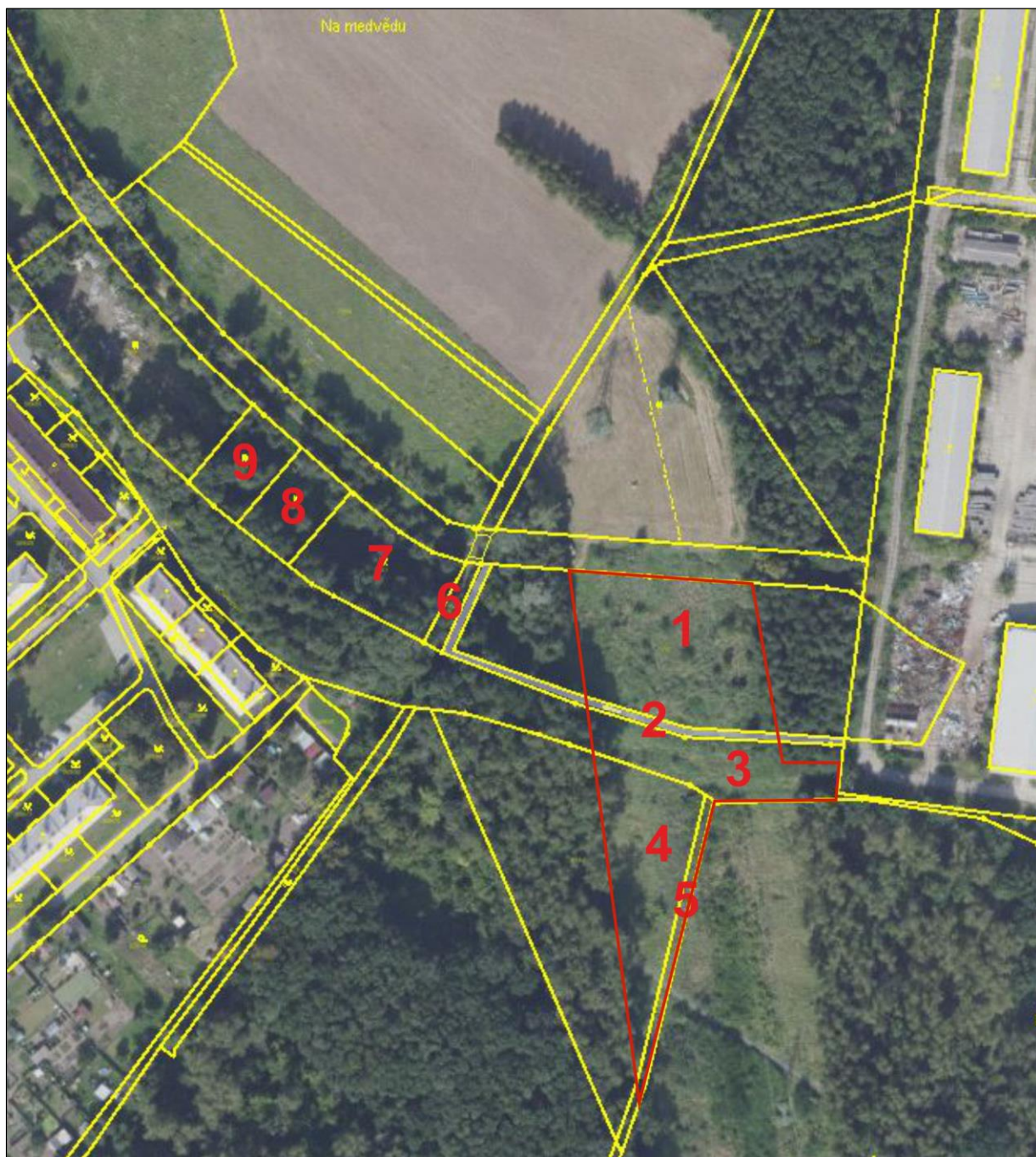
Libišská svodnice se nachází v záplavovém území Labe Q100 a jeho aktivní zóně.

Pozemky uvedené v předchozí kapitole jsou dle územního plánu obce Libiš vedeny jako „plochy smíšené nezastavěného území – přírodní a zemědělské“ (viz Obrázek 5).

V posuzované oblasti je vymezen koridor pro veřejně prospěšné stavby protipovodňového opatření (viz Obrázek 6).

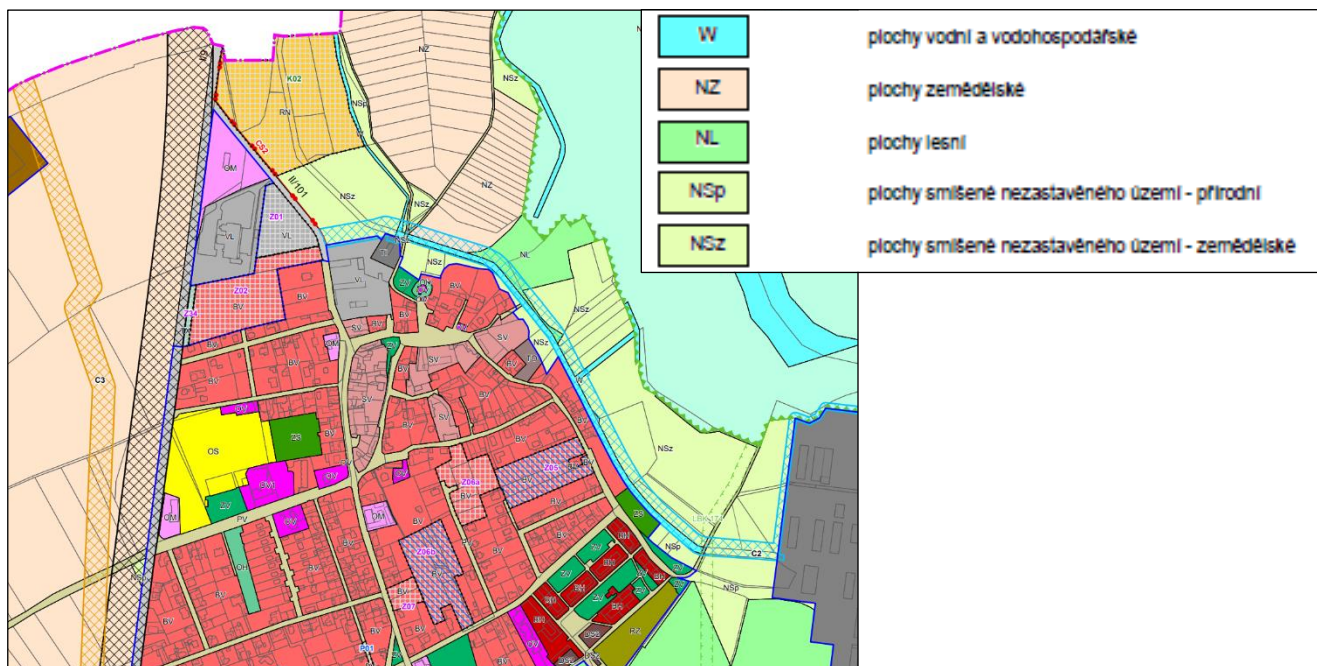


Obrázek 4: Vyznačení pozemků ve vlastnictví obce Libiš (zdroj ČÚZK)

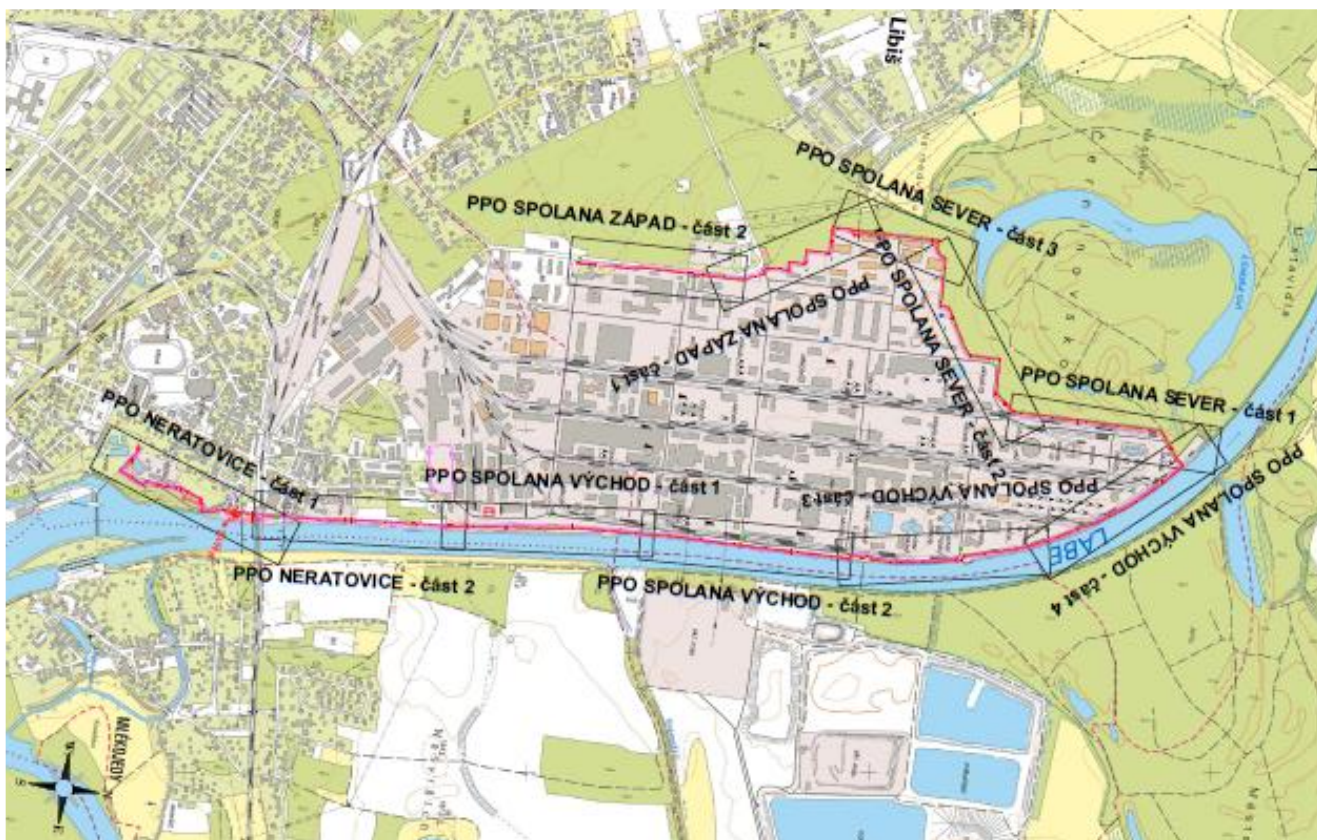




Obrázek 5: Výřez z hlavního výkresu územního plánu obce Libiš



Obrázek 6: Výřez z výkresu protipovodňové ochrany na Q100 – PPO Neratovicko (Sweco a.s., 6/2023)



Pozn.: Linie protipovodňových opatření znázorněna červenou čarou.

## 2.2. Přírodní poměry zájmového území [4]

### 2.2.1. Geomorfologické poměry

Podle geomorfologického členění ČR náleží zájmové území ke geomorfologické jednotce VIB-3C-b, tj. k České tabuli, podsoustavě Polabských tabulí, celku Středolabské tabuli, podcelku Mělnické kotlině a okrsku Staroboleslavské kotlině.

Povrch terénu v posuzovaném území (okolí svodnice) je plochý a jeho nadmořská výška se pohybuje od 158 do 162 m n. m.

### 2.2.2. Klimatické poměry

Klimaticky přísluší hodnocené území do teplé oblasti, k okrsku A 2 (dle Atlasu podnebí ČSSR), který je teplý, mírně suchý, s mírnou zimou, s kratším slunečním svitem.

Průměrná roční teplota vzduchu měřená v klimatické stanici Mělník (188 m n.m.) za období 1901 - 1950 je 8,7 °C s maximem v červenci (18,6 °C) a minimem v lednu (-1,5 °C).

Průměrný roční úhrn srážek měřený ve srážkoměrné stanici Mělník je za období 1901 - 1950 cca 527 mm s maximem v červenci (74 mm, tj. 14 % ročního úhrnu) a s minimem v únoru (25 mm, tj. 4,7 % ročního úhrnu).

### 2.2.3. Geologické poměry

#### 2.2.3.1 Regionální geologické poměry

Zájmové území včetně širšího území náleží ke strukturně i geneticky složitému bloku Českého masívu, který je tvořen varisky konsolidovaným základem a neoidním platformním pokryvem. Na geologické stavbě zájmového území se podílejí horniny mladšího proterozoika a paleozoika, křídly a sedimenty kvartéru.

Podloží tvoří horniny mladšího proterozoika, které patří ke kralupsko-zbraslavské skupině Barrandienu a vystupují na povrch např. v jižní části Neratovic. Horniny tvoří výrazné hřbety silicitů („bulžníků“) obklopené jemnozrnnými až středně zrnitými drobnými a vložkami prachovců a břidlic. Horniny jsou regionálně a místy i kontaktně metamorfovány, především v blízkosti vulkanického neratovického tělesa.

Neratovické těleso vzniklo na rozhraní proterozoika a paleozoika intruzivními procesy na predisponovaných plochách a je tvořeno bazickými, metasomaticky granitizovanými vulkanity.

Horniny mladšího paleozoika vystupují v podloží svrchnokřídových sedimentů, většinou však nevycházejí na povrch. Permokarbonské sedimenty byly zastiženy pouze hydrogeologickým vrtem HV-2 na pravém břehu Labe u Veterinárního asanačního střediska v Tišicích v hloubce 70 m pod terénem (šedočerné až červenošedé jíly a jílovce s proplástkou uhlí).

Křídové usazeniny vznikaly v časovém rozmezí svrchní cenoman až střední turon. Bazální část křídového sedimentačního cyklu tvoří perucké vrstvy (produkt kontinentální sedimentace - spodní cenoman) zastoupené litologicky pestrými, často cyklicky uspořádanými sedimenty (slepence a hrubozrnné pískovce až prachovce a jílovce). Tyto sedimenty v okolí zájmového území nevycházejí nikde na povrch a zpravidla na větší části již primárně chybí, neboť se ukládaly jen lokálně v depresích paleoreliéfu. Mocnost vrstev kolísá od několika metrů do 10 m.

- Mořské sedimenty korycanských vrstev (svrchní cenoman) vycházejí na povrch velmi sporadicky pouze

JZ. a JV. od zájmového území. Sedimenty jsou v písčitém vývoji. Ve vrstevním sledu převažují středně zrnité až jemnozrné křemenné pískovce s jílovitou základní hmotou, místy - zejména ve vyšších částech vrstevního sledu - glaukonitické pískovce, popř. prachovce. Maximální mocnost je 25 - 30 m. Na výraznějších elevacích předkřídového reliéfu, tvořených horninami proterozoika, korycanské vrstvy zcela chybějí nebo jsou vyvinuty ve facii vápencové („příbojové“ - biodetritické vápence s valouny silicitů a křemene).

- Svrchnokřídové sedimenty (střední a střední turon) pokrývají téměř souvisle prostor širšího okolí. V části území, na elevační zóně tvořené horninami proterozoika, se zachovaly jen jako denudační relikty. Sedimenty jsou zastoupeny uloženinami jz. okrajové části české křídové pánve ve vývoji odpovídajícím vltavskoberounské faciální oblasti.
- Bělohorské souvrství (spodní - střední turon) je litologicky je reprezentováno komplexem slínovců a prachovců, které spočívají s ostrou hranicí na podložních korycanských vrstvách nebo přímo transgredují na předkřídové podloží (elevace proterozoika). Úplná mocnost bělohorského souvrství kolísá mezi 40 - 60 m. Tyto horniny bývají na rozhraní s terasovými uloženinami silně zvětralé na slíny. Mocnost rozvětrání kolísá v rozpětí 1 – 4 m.
- Uloženiny jizerského souvrství (střední turon) se litologicky pozvolně vyvíjejí z bělohorského souvrství. Souvislý pokryv těmito uloženinami se nachází sv. od linie Mělník - Všetaty - Dřísy. Spodní část souvrství je tvořena prachovitými slínovci a slinitými prachovci s polohami jílovitých vápenců. Směrem do nadloží i laterálně směrem k SV přibývá prachovité a písčité složky. Prachovce se střídají s jemnozrnými pískovci a posléze přecházejí až v typické kvádrové středně zrnité až hrubozrné pískovce.

V kvartéru pokračovala pozvolná modelace křídového povrchu působením zvětrávacích procesů a denudace. Rozhodující vliv měla hloubková eroze Labe. Časté meandrování vodního toku umožnilo akumulaci rozsáhlých terasových stupňů. V prostoru spodní terasy zůstaly zachovány relikty starých slepých ramen Labe, které bývají vyplněny různými druhy humolitů s proměnlivou mocností. Ukládání eolických sedimentů ve svrchním pleistocénu, které se pouze vzácně akumulují v souvislých tělesech, a sedimentace povodňových hlín v nivě Labe naopak zčásti zarovnal nerovnosti povrchu do jeho dnešních tvarů.

- Fluviální terasové uloženiny v zájmovém území mají převážně stáří střední až svrchní pleistocén (riss 2 až wúrm 2). Štěrkovité písky středního pleistocénu (riss 2) tvoří v zájmovém území velmi rozsáhlou a mocnou terasu. Povrch akumulace leží 5 - 15 m nad nivou Labe, báze je většinou v úrovni hladiny v řece. Písky jsou většinou středně až hrubě zrnité a ve štěrcích se prolínají horniny jak ze snosové oblasti Labe, tak i Vltavy. Terasové uloženiny stáří wúrm 1 (svrchní pleistocén) jsou tvořeny převážně středně zrnitými písky a podílem drobně až středně zrnitého štěrku. Povrch terasy se nachází 2 - 4 m nad nivou. Mocnost terasy, lokálně překryté navátými písky, se pohybuje mezi 5 - 11 m. Štěrkovité písky svrchního pleistocénu (wúrm 2) jsou většinou zcela zakryty povodňovými holocenními náplavy a tvoří spodní část výplně dnešní labské nivy mocnou 2 - 5 m. Jejich povrch leží níže a báze je shodná s úrovní wúrmu 1.
- Fluviální náplavy holocenního stáří, povodňové hlíny, písky a písčité štěrky s charakteristickou červenohnědou barvou se vyskytují v údolní nivě Labe, kde překrývají wúrmskou terasu.
- Nejmladším prvkem geologické stavby území, dotvářející současný morfologický ráz krajiny, jsou



antropogenní uloženiny (navážky, ukládání popílku aj.).

Geologická mapa lokality je uvedena v Příloze 1.

### 2.2.3.2 Místní geologické poměry

Podloží tvoří horniny mladšího proterozoika a mladšího paleozoika v zájmovém území nevycházejí na povrch a nebyly na lokalitě vrtnými pracemi zastiženy.

Křídové sedimenty pokrývají souvisle celé zájmové území. Nejvyšším vrstevním členem je na lokalitě spodnoturonské bělohorské souvrství, protože v zájmovém území nejsou uloženiny jizerského souvrství zachovány.

Mocnost křídových hornin v zájmovém území je dokumentována vrtem Kt-1 (hloubka 46,3 m) situovaným mezi severním okrajem areálu závodu a přírodní rezervací Černínovsko. Sedimenty cenomanského stáří zde byly zastiženy v hloubce od 31,5 do 43 m pod terénem (mocnost 11,5 m). Báze spodnoturonského bělohorského souvrství se nachází 31,5 m pod terénem a jeho celková mocnost činí 24 m.

V závodě Spolana a.s. byly vrtnými průzkumy zastiženy pod různě mocnými antropogenními uloženinami (zpravidla okolo jednoho metru) fluviální sedimenty údolní terasy svrchnopleistocenního stáří. Báze údolní terasy se v areálu závodu nachází 4 až 5 m pod terénem (tj. na kótě 159 až 160 m n.m.) v oblasti Libišské tůně okolo 7 m a při SZ. okraji zájmového území (dolní tok Libišské strouhy) v 3 až 5 m. Podloží kvartérních sedimentů je tvořeno spodnoturonskými slínovci

Terasové sedimenty jsou překryty vrstvou antropogenních navážek různého charakteru o mocnosti 0,5-1,5 m (areál Spolany), mimo oblast Spolany pak cca 1 m mocnou vrstvou jílovito – písčitých hlín.

### 2.2.4. Hydrogeologické poměry

Z regionálně hydrogeologického hlediska je zájmové území součástí hydrogeologického rajónu č. 4510 - Křída severně od Prahy.

V širším zájmovém území lze vyčlenit tři základní hydrogeologické celky:

Hydrogeologický masív, kde k oběhu podzemní vody dochází prakticky jen v připovrchové zóně zvětralin a rozpojení puklin a který je představován horninami mladšího proterozoika (včetně hornin neratovického tělesa) v jižní části zájmového území. Na základě analogie lze usuzovat na průměrnou transmisivitu připovrchové zóny v řádu  $10^{-5}$  a  $10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$  s tím, že hlubší části masívu jsou prakticky nepropustné. Vyšší průtočnost zvodněného prostředí lze očekávat pouze v místech významných puklinových systémů nebo v rozvolněné zóně.

Pánevní zvodněný systém reprezentovaný komplexem sedimentů české křídové pánve (cenoman, turon) v převážné části zájmového území.

Bazální kolektor, tvořený převážně pískovci korycanských vrstev (cenoman) s průlinovo-puklinovou propustností vychází na povrch jz. od zájmového území. Propustnost je dosti slabá, koeficient transmisivity se pohybuje v rozmezí  $4 \cdot 10^{-5}$  až  $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ . Směrem k SV do centra české křídové pánve se strukturní i hydrogeologické poměry komplikují: komplex korycanských vrstev je překryt vápnitými jílovci, prachovci a slínovci bělohorského souvrství, které funguje jako regionální izolátor. Severovýchodně od linie Mělník



- Ovčáry se tento izolační komplex rozrůstá o další jednotku - spodní část jizerského souvrství (prachovce, jemnozrné pískovce s polohami jílovitých vápenců). Z hydrogeologického hlediska zde dochází k paradoxní situaci, kdy spodní část tohoto komplexu je nepropustným stropem podložního cenomanského kolektoru a svrchní část v přivrškové zóně vykazuje relativně vysokou průtočnost v hodnotách  $5 \cdot 10^{-5}$  až  $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Užší oblast zájmového území je v podloží pánevních svrchnokřídových sedimentů budována horninami svrchního proterozoika, o jejichž propustnostech nejsou k dispozici informace. Podle údajů z hydrogeologického vrtu Kt-1 (Vokšický - 2000) se nachází rozhraní proterozoických a svrchnokřídových hornin v hloubce 43 m pod terénem. Propustnost proterozoických hornin nebyla zjišťována, ale pravděpodobně na základě analogie bude vzhledem k nadložnímu cenomanskému kolektoru relativně nízká a v zájmovém území lze tedy považovat za hydrogeologický izolátor.

Cenomanská zvodně disponuje artésky napjatou hladinou, která byla výrazně ovlivněna extrémním odběrem podzemních vod v areálu VAÚ v celé ploše závodu i kalového hospodářství. Po ukončení odběrů z vrtů VAÚ v roce 2001 se výtlačná výška opět vrátila do původní úrovně a je pozitivní (na všech vrtech, které byly pro potřeby Spolany vyhloubeny je v současnosti přeliv). V současnosti je výtlačná úroveň cenomanské zvodně výrazně nad úrovní mělké podzemní vody, zatímco v době intenzivního využívání vrtů ve VAÚ Tišice byla výtlačná úroveň hladiny cenomanské zvodně snížena natolik, že vznikl hydraulický gradient směrem k cenomanské zvodni, což teoreticky umožňovalo pronikání mělkých kontaminovaných vod do cenomanské zvodně.

Spodnoturonský izolátor zastoupený vápnitými jílovcí, prachovci a slínovci bělohorského souvrství a tvořící v zájmovém území bezprostřední bázi kvartérního kolektoru dosahuje v severní části areálu závodu mocnosti 24 m.

Kvartérní terasové sedimenty Labe mají převážně šterkovitý vývoj. Holocenní fluvialní písky a šterky a pleistocenní terasové písčité šterky podél toku Labe s výhradně průlinovou porozitou se vyznačují vysokou průtočností. Průměrný koeficient transmisivity terasových uloženin Labe a Vltavy v širším okolí zájmového území je charakterizován hodnotou  $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Dotace kvartérního kolektoru na levém břehu Labe je zajišťována v celé ploše jeho výskytu infiltrací atmosférických srážek a za určitých okolností se může na dotaci podílet dnová i břehová infiltrace z Labe (za vysokých stavů vody v toku). K obtížně identifikovatelné a dočasné dotaci náleží místní úniky z vodovodní, příp. kanalizační sítě.

Obecně lze konstatovat, že podzemní voda přitéká do jižní části areálu závodu od jihozápadu. Ve střední části areálu Spolany dochází k rozdělení směru proudění podzemní vody. Část podzemní vody odtéká k severovýchodu a východu, kde dochází k drenáži do Labe a část směřuje k severozápadu, do povodí „Libišské svodnice“, která tvoří v této oblasti místní erozní bázi.

Drenážní účinek Labe a tím i úroveň hladiny podzemní vody je uměle ovlivněna dvěma významnými vodohospodářskými díly na povrchovém toku - Lobkovickým jezem a jezem v Obříství. V úseku mezi areálem Spolany po jez v Obříství dochází za průměrného průtoku vody k trvalé dotaci kvartérního kolektoru povrchovou vodou z řeky.

Eventuální komunikace cenomanské a kvartérní zvodně vyplývá z pravidelného pozorování úrovní hladin podzemních vod, z jejich reakce na klimatické či jiné činitele a z porovnání chemického složení podzemních vod obou zvodní. K propojení obou zvodní může docházet podél puklin v hydrogeologickém izolátoru oddělujícím oba kolektory (spodnoturonské slínovce) nebo prostřednictvím nedokonalé

vystrojených vrtů hloubených až do cenomanského kolektoru. Ze současných měření úrovní hladin v pozorovacích vrtech cenomanské i mělké podzemní vody vyplývá, že se po ukončení extrémního snižování hladiny vody v cenomanských vrtech ve VAÚ Tišice (rok 2001) opět obnovily původní poměry. Výtlačná úroveň hladiny podzemní vody v cenomanské zvodni je ve všech pozorovacích vrtech výrazně nad úroveň mělké podzemní vody, což nepřípouští teoretickou možnost pronikání mělkých podzemních vod do cenomanské zvodně. Komunikace mezi oběma zvodněmi nebyla nikdy jednoznačně prokázána a to ani v době, kdy byla výtlačná úroveň v cenomanské zvodni výrazně ovlivněna odběry z vrtů ve VAÚ Tišice.

Kvartérní kolektor v zájmové oblasti je tvořen poměrně dobře průlinově propustnými fluvialními sedimenty údolní terasy řeky Labe svrchnopleistocenního stáří, případně propustnějšími uloženinami holocenních náplavů. Hladina mělké podzemní vody v kolektoru je volná a v zájmovém území se nachází 2 až 2,5 m pod terénem (KHSanace, 2008b a KHSanace, 2003-2008). Mocnost zvodnění je rovněž 2 až 2,5 m. Propustnost kvartérního kolektoru lze charakterizovat hodnotou koeficientu filtrace, jejíž průměrná hodnota odvozená z údajů vybraných monitorovacích vrtů v zájmovém území a jeho okolí činí  $5,9 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

### 2.2.5. Využití podzemních vod v širším okolí zájmového území

Podzemní voda ze studní je využívána jako voda užitková, převážně k doplňkové zálivce, pouze výjimečně k pitným účelům. Využití domovních studní pro zásobování pitnou, případně i užitkovou vodou jak v Neratovicích, tak i obdobně v obci Libiš bylo v minulosti značně zredukováno napojením na skupinový vodovod K-S-K-M (Kladno - Slaný - Kralupy nad Vl. - Mělník), kterým je dopravována podzemní voda z prameniště Řepínský důl.

Na katastrálním území obce Libiš je pro požární účely používána podzemní voda z 8 veřejných studní.

V širším okolí zájmového území byla do roku 2001 podzemní voda využívána v areálu Veterinárního asanačního ústavu v Tišicích. Dvěma studnami podniku byla jímána podzemní voda z cenomanského kolektoru. Po vyhloubení studní byla zjištěna napjatá hladina podzemní vody s piezometrickou úrovní 0,5 m nad terénem. Vydatnost přetoku na terén se ustálila na hodnotě 0,55 l/s a při snížení 21 m pod terén byla zjištěna ustálená vydatnost 6,4 l/s. V současné době nejsou studny využívány.

Dříve byla pro potřeby zásobování Spolany vodou čerpána podzemní voda z prameniště v Jiřicích (6 studní). Od roku 1978, kdy byly na objektech provedeny poloprovozní čerpací zkoušky, je uvedené jímací území mimo provoz.

### 2.2.6. Zvláštní režim ochrany vod

Labe patří k vodohospodářsky významným tokům dle vyhlášky č. 178/2012 Sb.

Zájmové území není součástí žádné oblasti se zvláštním režimem ochrany vod, tj. chráněných oblastí přirozené akumulace vod (CHOPAV) nebo ochranných pásem vodních zdrojů ve smyslu zákona č. 254/2001 Sb. o vodách.

### 2.2.7. Hydrologické poměry

Nejvýznamnějším tokem na lokalitě je řeka Labe, s číslem hydrologického pořadí 1-05-04-056. Zájmové území je situováno na levém břehu Labe, v inundačním území Labe i Vltavy. Vyšší průtoky, počínaje desetiletou vodou, hrozí zaplavením zájmového. Stoletá voda může vystoupit až do výše cca 1,5 m nad terén. Vodní stavy na Labi jsou stále ovlivněny jezy v Lobkovicích a v Obříství. V zájmové oblasti není řeka Labe zařazena do kategorie vodárenských toků.

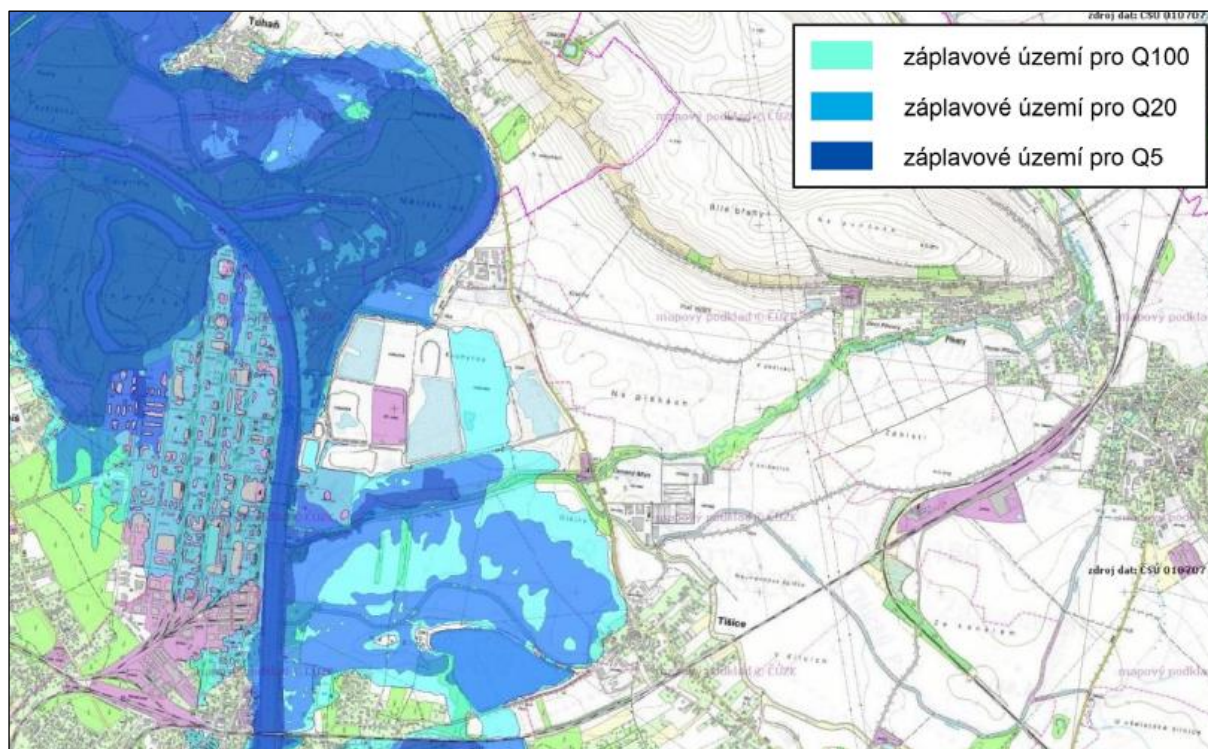
Tabulka 2: Základní hydrologické údaje

profil: Obříství–Na Štěpáně (km 10,0–11,0), plocha povodí 13 616,23 km <sup>2</sup>	
hydrologické číslo povodí:	1.05-04-056
průměrný dlouhodobý roční průtok Q <sub>a</sub> :	100,15 m <sup>3</sup> /s
průtoky, při nichž dochází k vybřežení:	pravý břeh: 605 m <sup>3</sup> /s
	levý břeh: 763 m <sup>3</sup> /s
max. průtok Q <sub>max</sub> :	638 m <sup>3</sup> /s (r.1998)
	685 m <sup>3</sup> /s (r.1999)

Lokalita patří k záplavovým územím, jak je vidět z obrázku níže.

Hydroprojekt Praha provedl pro Povodí Labe přepočítání hladin velkých vod v úseku Čelákovice–Mělník. V říčním km 11,7 přichází v úvahu následující údaje o výšce hladiny (výškový systém Balt), nadmořské výšky hladiny Labe při „n-leté“ vodě:

- |                      |          |
|----------------------|----------|
| ▪ 1letá              | 159,87 m |
| ▪ 5letá              | 161,66 m |
| ▪ 10letá             | 162,25 m |
| ▪ 50letá             | 163,40 m |
| ▪ 100letá            | 163,75 m |
| ▪ povodeň srpen 2002 | 164,50 m |

Obrázek 7: Území zplavované při pěti, dvaceti a stoleté vodě (Q<sub>5</sub>, Q<sub>20</sub>, Q<sub>100</sub>)



### 2.3. Dosavadní prozkoumanost

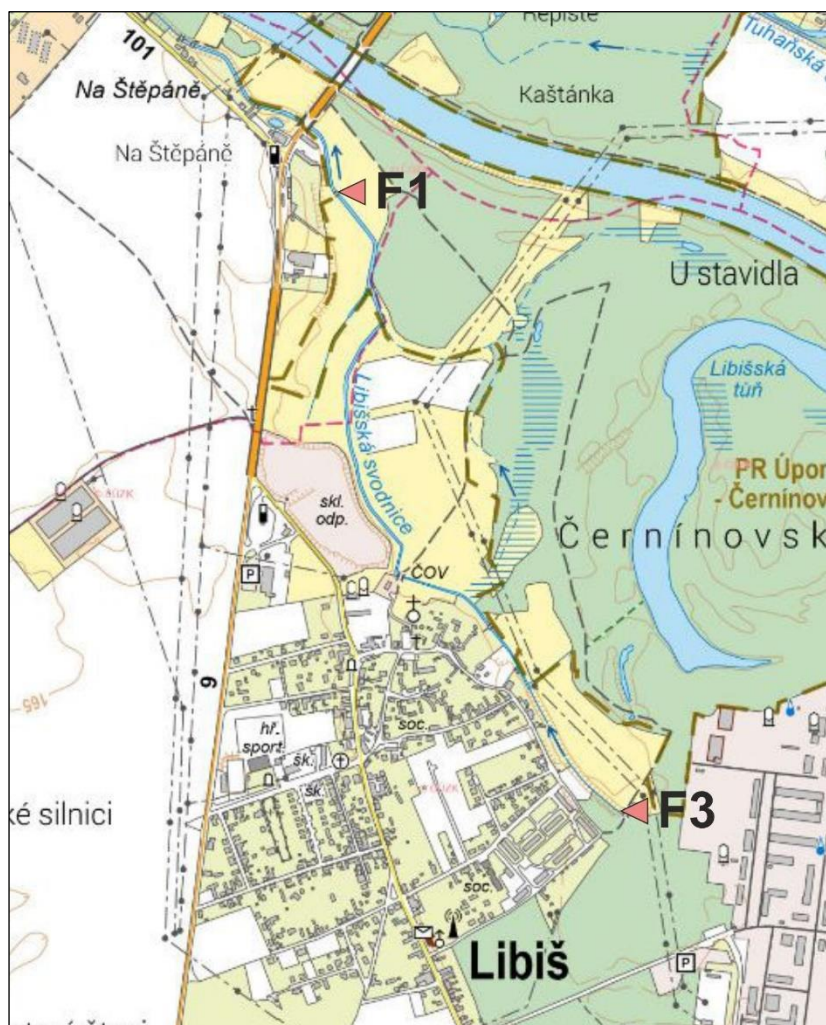
Znečištění vody v Libišské svodnici je vázáno na historickou kontaminaci horninového prostředí a podzemních vod v areálu Spolany. Údaje o znečištění svodnice byly pořizovány z větší části v rámci monitoringu staré ekologické zátěže v areálu Spolany. Svodnice je v archivních materiálech označována též jako „meliorační kanál,“ „Libišská strouha,“ „obtočná strouha“ apod.

Účelová aktualizace analýzy rizik (ÚAAR) pro areál společnosti Spolana a.s. z roku 2018 [4] popisuje koncentrace vybraných polutantů v Libišské svodnici od roku 2008 do roku 2017. Vzorkované profily F3 a F1 jsou znázorněny na Obrázku 8.

Jako prioritní polutanty byly uvedeny:

- Chlorované alifatické uhlovodíky (CIU)
- Chlorbenzen (CIB)
- Hexachlorcyklohexan (HCH)
- Dichlordifenyldichloreten (DDD), dichlordifenyldichloreten (DDE), dichlordifenyiltrichloreten (DDT) – souhrnně označeny jako DDX.

Obrázek 8: Profily vzorkování povrchové vody na Libišské svodnici (F3 a F1)





V ÚAAR bylo konstatováno:

- Nárůst koncentrací CIU v Libišské svodnici (na obou profilech F3 a F1) je extrémní. Na profilu F3 došlo ke vzestupu koncentrací z desítek  $\mu\text{g/l}$  v roce 2000 na desítky tisíc  $\mu\text{g/l}$  v letech 2015-2017. Vývoj koncentrací CIU vykazoval stoupající trend.
- Postupný nárůst koncentrací byl zjištěn také u CIB, HCH a DDX. Hodnoty na profilu F3:
  - a. koncentrace CIB se pohybovaly okolo 10  $\mu\text{g/l}$
  - b. koncentrace HCH dosahovaly až 0,5  $\mu\text{g/l}$
  - c. koncentrace DDX se zvýšily řádově mezi roky 2011 a 2017 na hodnoty okolo 0,2  $\mu\text{g/l}$ .
- Zjištěné maximální koncentrace v letech 2008 - 2018:
  - CIU ... 32 176  $\mu\text{g/l}$  (dne 4.8.2016, profil F3); 4 424  $\mu\text{g/l}$  (dne 29.2.2016, profil F1)
  - CIB ... 19,1  $\mu\text{g/l}$  (dne 4.8.2016, profil F3); 2,36  $\mu\text{g/l}$  (dne 16.3.2018, profil F1).

V rámci dlouhodobého monitoringu povrchové vody ve svodnici [1] byly zjištěny v září 2021 následující koncentrace polutantů:

- Hg ... 0,12  $\mu\text{g/l}$  (profil F3); koncentrace pod mezí stanovitelnosti na profilu F1.
- Ni ... 0,137  $\text{mg/l}$  (profil F3); 0,073  $\text{mg/l}$  (profil F1).
- Zn ... 0,438  $\text{mg/l}$  (profil F3); 0,038  $\text{mg/l}$  (profil F1).
- Chlorované alifatické uhlovodíky (zde označeny CIA) ... 48 181  $\mu\text{g/l}$  (profil F3); 9 959  $\mu\text{g/l}$  (profil F1), s majoritním obsahem 1,2-DCA ve výši 45 800  $\mu\text{g/l}$  (profil F3) a 9 180  $\mu\text{g/l}$  (profil F1).  
Pozn.: DCA – dichlorethan.
- Celkový obsah BTEX ... 13,45  $\mu\text{g/l}$  (profil F3); 6,44  $\mu\text{g/l}$  (profil F1).  
Pozn.: BTEX – monocyklické aromatické uhlovodíky (benzen, toluen, ethylbenzen, xyleny).
- CIB ... 15,3  $\mu\text{g/l}$  (profil F3); 3,74  $\mu\text{g/l}$  (profil F1).

Vybrané výsledky archivních rozborů jsou uvedeny v Tabulce 3.

**Pozn. k Tabulce 3:** Sledované prioritní ukazatele kvality byly zvýrazněny tučným písmem. Vybrané ukazatele byly porovnány s normami environmentální kvality (NEK) dle Tabulky 1b uvedené v Příloze č. 3 Nařízení vlády č. 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.

- Limity NEK-RP je nutné aplikovat na aritmetický průměr koncentrací naměřených v různých časech průběhu roku. V Tabulce 3 nejsou uvedeny průměrné hodnoty. Zvýraznění překročení limitu NEK-RP oranžovou barvou je tedy nutné považovat pouze za indikaci, nikoli prokázaný stav.
- Překročení limitu NEK-NPK, vyjádřeného jako nejvyšší přípustnou (nepřekročitelnou) koncentraci, bylo zvýrazněno červenou barvou.

Tabulka 3: Vybrané výsledky archivních rozborů povrchové vody – Libišská svodnice

		NV č. 401/2015 Sb.		Libišská svodnice - povrchová voda (archivní údaje)			
Datum odběru		Příloha č. 3		04.08.2016	04.08.2016	03.09.2021	03.09.2021
Sledovaný profil		Tabulka 1b		F3	F1	F3	F1
Ukazatele kvality:	Jenotka:	NEK-RP	NEK-NPK	Zjištěné koncentrace:			
Ni	mg/l	0,004	0,034			0,137	0,0727
Hg	mg/l	-	0,00007			0,00012	<0,00005
Zn	mg/l					0,438	0,0376
Aldrin	µg/l					<0,005	
alfa - HCH	µg/l					0,219	
beta - HCH	µg/l					0,244	
gama - HCH (lindan)	µg/l					0,034	
delta - HCH	µg/l					0,072	
epsilon - HCH	µg/l					0,064	
<b>HCH celkem</b>	µg/l	0,02	0,04			0,63	
o,p'-DDD	µg/l					0,012	
p,p'-DDD	µg/l					0,022	
o,p'-DDE	µg/l					<0,005	
p,p'-DDE	µg/l					<0,005	
o,p'-DDT	µg/l					<0,005	
p,p'-DDT	µg/l	0,01	-			<0,005	
<b>DDX</b>	µg/l					0,03	
chlované pesticidy OCP	µg/l					2,25	
Benzen	µg/l	10	50			12,5	5,75
Toluen	µg/l					0,75	0,69
Ethylbenzen	µg/l					<0,20	<0,20
Xyleny	µg/l					0,20	<0,20
<b>BTEX</b>	µg/l					13,45	6,44
Vinylchlorid (chlorethen)	µg/l					123	71,5
Dichloromethan	µg/l	20	-			20,7	13,4
Chloroform (trichlormethan)	µg/l	2,5	-			1150	356
Tetrachloromethan	µg/l	12	-			103	15,1
1,1-Dichlorethylen	µg/l					9,73	4,52
1,2-cis-Dichlorethylen	µg/l					42,8	16,7
1,2-trans-Dichlorethylen	µg/l					51,9	19,4
1,1-Dichlorethan	µg/l					88,3	38,8
<b>1,2-Dichlorethan</b>	µg/l	10	-			45800	9180
Trichlorethylen	µg/l	10	-			26,6	11,8
Tetrachlorethylen	µg/l	10	-			25,6	2,71
1,1,2-Trichlorethan	µg/l					475	144
1,1,2,2-Tetrachlorethan	µg/l					264	84,8
<b>CIA celkem</b>	µg/l			32476,30	768,70	48180,63	9958,73
Chlorobenzen	µg/l					10,8	2,73
1,2-Dichlorbenzen	µg/l					1,07	0,24
1,3-Dichlorbenzen	µg/l					0,49	0,17
1,4-Dichlorbenzen	µg/l					2,49	0,50
1,2,3-Trichlorbenzen	µg/l					<0,10	<0,10
1,2,4-Trichlorbenzen	µg/l	0,4	-			0,33	0,10
1,3,5-Trichlorbenzen	µg/l					0,10	<0,10
<b>ClBcelkem</b>	µg/l			19,10	0,90	15,28	3,74
PCDD/F (dioxiny)	pg/l					34	

## 2.4. Kontaminace horninového prostředí a nápravná opatření

Znečištění povrchové vody v Libišské svodnici má přímou vazbu na starou ekologickou zátěž v areálu Spolany. V této souvislosti je v dalším textu uveden stručný přehled oblastí kontaminace v areálu Spolany. Průzkumné práce zaměřené na znečištění horninového prostředí probíhají v areálu Spolany přibližně od 80. let minulého století. Představu o množství a zaměření průzkumů je možné získat např. z archivu zpráv a posudků (ASGI), který spravuje Česká geologická služba.

V areálu Spolany byly realizovány dílčí sanační zásahy (např. oblast dioxinů, SAE). Komplexní sanace areálu dosud nebyla zahájena.

Vymezení ohnisek pro účely ÚAAR [4] je znázorněno na Obrázku 9. Uvedené vymezení se mírně liší od oblastí kontaminace zakreslených v Systému evidence kontaminovaných míst (viz SEKM 3). Pro účely předložené TES nejsou rozdíly ve vymezených oblastech zásadní.

### 1. Oblast Petrochemie a Černínovsko

Prioritní kontaminace – chlorované alifatické uhlovodíky, částečně Hg.

Ohniska znečištění (provozy) – Petrochemie.

### 2. Oblast Starého závodu

Prioritní kontaminace – chlorované benzeny, chlorované pesticidy, chlorované fenoly, BTEX, NEL (nepolární extrahovatelné látky – ropné uhlovodíky), chlorované alifatické uhlovodíky,  $\text{NH}_4^+$ .

Podoblasti - prostor bývalé výroby a skladování chlorovaných pesticidů;  
prostor objektu Sacharinka, PFO (výroba polyfenylenoxidu) a okolí.

Ohniska znečištění (provozy) – objekty výroby pesticidů, Sacharinka, PFO, kolejové stáčiště, sklady chemikálií a hořlavých kapalin, objekty údržby.

### 3. Oblast Stará amalgámová elektrolýza (SAE)

Prioritní kontaminace – Hg.

Ohniska znečištění (provozy) – Stará amalgámová elektrolýza (SAE), výroba kyseliny chlorovodíkové.

### 4. Střední část areálu a.s. Spolana

Prioritní kontaminace – sirouhlík, sírany, chloridy, NEL, amonné ionty.

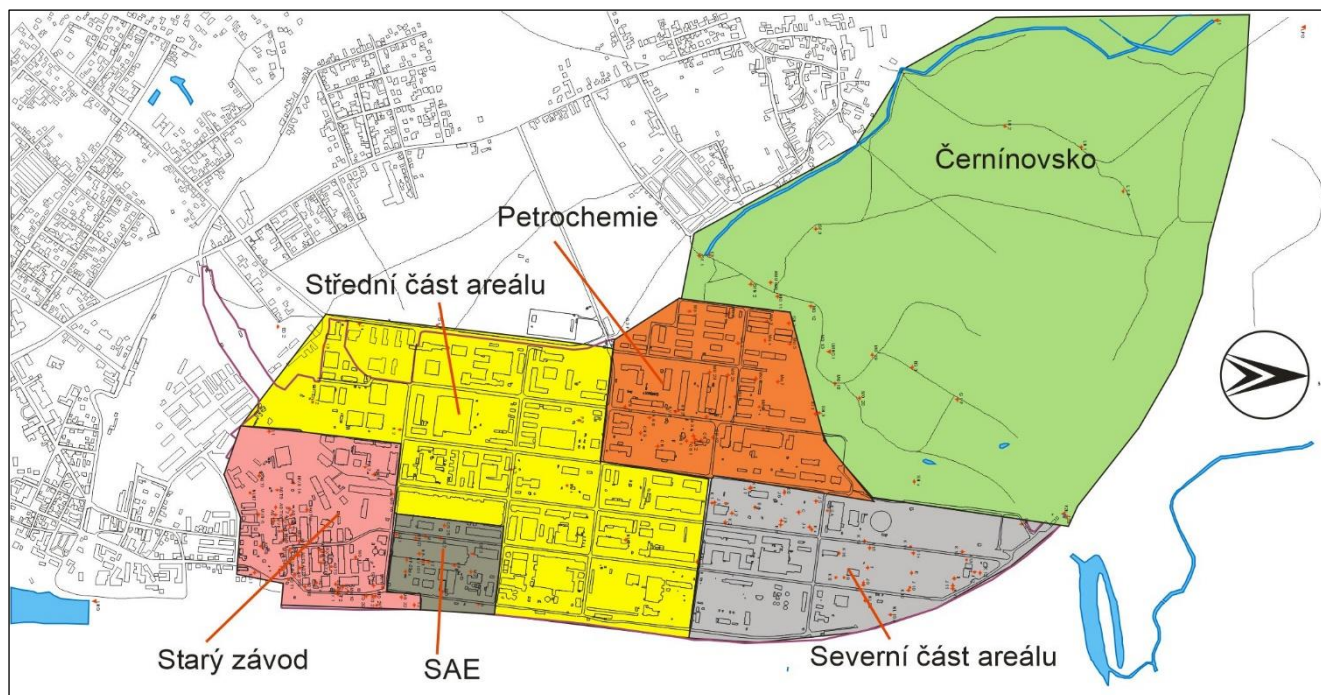
Ohniska znečištění (provozy) – Střiž, sklady olejů, chemikálií, zvláště nebezpečných látek, sklad mazutu, sklad LAO (lineární alfaolefiny), kyseliny sírové, kolejové stáčiště, výroba síranu amonného, kaprolaktam.

### 5. Severní část areálu a.s. Spolana

Prioritní kontaminace – chloridy, sírany, NEL, solanka, Hg, CIU (souvislost s Petrochemií).

Ohniska znečištění (provozy) – LAO, sklady chemikálií, Nová amalgámová elektrolýza, zásobníky a obslužné provozy DCA (dichlorethanu), VCM, butenu, 1-hexenu a tetraetyl alumina (TEA), sklady síranů a soli.

Obrázek 9: Rozdělení kontaminovaných oblastí v areálu Spolany a.s. [4]



Pozn.: SAE – Stará amalgámová elektrolýza.

## 2.5. Výsledky hodnocení rizika

Ekologická, zdravotní, ekonomická a technická rizika vázaná na masivní kontaminaci antropogenně ovlivněného geologického prostředí a podzemní vody alifatickými CIU v širším okolí oblasti Petrochemie, ale i širokou škálou organochlorovaných látek, BTEX a CIU ve Starém závodě svým rozsahem, složením a výší kontaminace jednotlivými polutanty jsou dle zápisu do systému SEKM jednoznačně neakceptovatelná a vyžadují rychlé řešení. Za nejvýznamnější rizikové faktory byly označeny [4]:

- vysoká toxicita, karcinogenita a patogenita široké škály kontaminantů a jejich rozkladných produktů,
- extrémní koncentrační úrovně kontaminace horninového prostředí a podzemní vody,
- masivnost ohnisek znečištění,
- rozvlečení kontaminace mimo areál Spolany s prokazatelným ovlivněním sousedního území s režimem zvláštní ochrany,
- prokazatelná komunikace kontaminace s povrchovými toky,
- ekonomické rizikové faktory jsou vázány zejména na obtížnou predikci šíření kontaminace v případě zásadnějších změn směru proudění podzemní vody (např. výstavbou protipovodňové ochrany – PPO),
- rizika spojená s tím, že se celý areál a.s. Spolana nachází v inundaci Labe s opakujícími se povodňovými stavy.

Pro expoziční scénáře, při kterých jsou příjemci rizika obyvatelé obce Libiř využívající povrchovou vodu vodního toku Libiřská Strouha pro plnění domovních bazénů či k zalévání zahrad nebo náhodní rekreativci využívající vodní tok Libiřská Strouha ke koupání, bylo identifikováno neakceptovatelné riziko pro látky: 1,2,4-trichlorbenzen, pentachlorbenzen, hexachlorcyklohexan a 2,3,7,8-tetrachlordibenzodioxin (viz SEKM 3).



Dokumentem ÚAAR z roku 2018 [4] bylo doporučeno:

*„Vzhledem k tomu, že se definitivní sanační zásah posouvá v čase, a vzhledem k extrémnímu nárůstu kontaminace v Libišské strouze, doporučuji zvážit do doby realizace sanačního zásahu vybudování provizorního čištění těchto vod, které by mělo za cíl významně snížit kontaminaci v Libišské strouze. Mohlo by se jednat například o zemní čistírnu na principu sorpce například na rašelinu, aktivovaný koks, případně hrubozrnné aktivní uhlí, nebo směs těchto sorbentů. Samozřejmě by bylo možno čištění řešit i jiným způsobem, například stripováním a podobně, což by ovšem znamenalo zvýšené nároky na technologické zajištění i provoz a zřejmě i na finanční prostředky.“*

V databázi SEKM 3 je uveden záznam z dokumentu „Analýza rizik nově objeveného ohniska kontaminace na lokalitě závod PVC, provoz NAE, Spolana s.r.o., Neratovice,“ který byl zpracován v roce 2023. Dokumentem bylo mj. doporučeno následující opatření:

*„Vyloučení použití vodního toku Libišská Strouha jako zdroje vody, k plnění domovních bazénů, či k rekreaci, toto veřejně oznámit (například vyvěšením na úřední desce obce Libiš či výstražnými tabulkami podél vodního toku).“*

Pozn.: Uvedené doporučení z roku 2023 je vyjádřeno jako omezení, které řeší následek, nikoli příčinu závadného stavu.

### 3. AKTUÁLNĚ PROVEDENÉ TECHNICKÉ PRÁCE

Technické práce provedené v rámci realizované studie proveditelnosti (Technicko-Ekonomické\_Studie - TES) byly zaměřeny:

- na aktualizaci informací o stavu kvality vody v Libišské svodnici a na zjištění míry přirozeného úbytku znečištění směrem po toku,
- na ověření proveditelnosti a míry odbourávání dané směsi kontaminantů na pasivním reaktivním filtru.

#### 3.1. Přehled a metodika provedených prací

Součástí zpracování TES bylo provedení 3 etap monitoringu Libišské svodnice a laboratorních (kolonových) testů zaměřených na degradaci znečištění CIU v povrchové vodě.

Monitoring povrchové vody v jednotlivých etapách zahrnoval následující činnosti:

- 1. etapa ze dne 26.7.2023
  - Odběr vzorků povrchové vody ze svodnice na 3 profilech: Li-1-u Spolany, Li-2-most, Li-3-vtok Labe. Vzorky byly odebrány jako prosté, prostřednictvím odběrové nádoby umístěné na tyči. Pozice vzorkovaných profilů je znázorněna na Obrázku 10.
  - Laboratorní rozbory vzorků povrchové vody. Rozbory byly realizovány v akreditované laboratoři ALS Czech Republic, s.r.o.
  - Měření koncentrace těkavých organických látek (TOL) uvolňovaných z povrchové vody do ovzduší. Měření realizováno v různých výškových úrovních nad hladinou toku (většinou ve výšce 1 cm, 50 cm, 100 cm) na výše uvedených 3 profilech. Měření bylo provedeno

- pomocí přenosného detektoru plynů VOC Tiger XTL, který využívá technologie fotoionizační detekce (PID) plynů.
- Měření základních fyzikálně chemických parametrů (FCHP) v povrchové vodě. Měření realizováno na výše uvedených 3 profilech. FCHP (pH, teplota, vodivost, oxidačně-redukční potenciál, koncentrace kyslíku) byly měřeny multisenzorovým ručním přístrojem typu G 7500 a XS.
  - Měření průtoku ve svodnici. Měření realizováno na výše uvedených 3 profilech. K měření průtoků byl použit magnetický indukční přístroj na měření proudění typu OTT MF Pro.
- 2. etapa ze dne 29.8.2023
    - Měření koncentrace TOL uvolňovaných z povrchové vody do ovzduší – postup a rozsah shodný s 1. etapou.
    - Měření FCHP v povrchové vodě – postup a rozsah shodný s 1. etapou.
    - Měření průtoku ve svodnici – postup a rozsah shodný s 1. etapou.
  - 3. etapa ze dne 26.9.2023
    - Měření koncentrace TOL uvolňovaných z povrchové vody do ovzduší – postup a rozsah shodný s 1. etapou.
    - Měření FCHP v povrchové vodě – postup a rozsah shodný s 1. etapou.
    - Měření průtoku ve svodnici – postup a rozsah shodný s 1. etapou.

Profil „Li-1-u Spolany“ byl umístěn v kanalizačním potrubí v části s otevřeným stropem potrubí. Nachází se cca 5 m od ústí kanalizace do otevřeného koryta směrem k areálu Spolany (jihovýchodně od můstku přes svodnici).

Vzorek povrchové vody pro laboratorní (kolonové) testy zaměřené na degradaci znečištění byl odebrán dne 19. 10. 2023. Vzorek o objemu cca 45 litrů byl odebrán pomocí odstředivého čerpadla Gigant na profilu „Li-1-u Spolany,“ resp. z místa porušeného betonového potrubí před mostkem. Vzorek vody byl bezprostředně po odběru transportován do laboratoře TUL (Technická univerzita v Liberci) a do 2 hodin od odběru byla voda umístěna do nerezového zásobníku o objemu cca 50 litrů, naplněného inertním plynem (dusíkem) a uchovávaného při teplotě 5 °C v chladícím zařízení.

Dále bylo provedeno tzv. dodatečné umělé nabohacení vody polutantem HCH (laboratorním standardem) tak aby odpovídalo dříve naměřeným koncentracím HCH ve svodnici. Aktuální měření ukázalo mírně nižší koncentrace polutantů typu HCH. Pro účely studie proveditelnosti je na straně bezpečnosti doporučeno počítat s horším stavem.

Pro kolonové testy byly použity PMMA (plexisklo) válce o délce 50 cm a vnitřním průměru 4 cm. Kolony byly orientovány vertikálně a promývány kontaminovanou vodou ve směru proti gravitaci, kdy vstup byl umístěn dole a výstup nahoře. Kromě šterkového filtru na vstupu do kolony byly válce vyplněny reaktivním materiálem – železnými šponami.

Kolonovým testem byla ověřena funkčnost chemické redukce kontaminace ve vodě, a to průtokem přes železné piliny. Rovněž byl sledován vliv aplikace elektrického pole (stejnoseměrný proud DC) na zvýšení reaktivity pilin, případně na prodloužení jejich životnosti. Připraveny byly dva kolonové systémy:

- i) samostatná kolona (bez DC systému) – simulace reaktivity železných špon;

- ii) dvojitá paralelní kolona s DC systémem – simulace reaktivity železných špon ovlivněná aplikací elektrického proudu (simulace vlivu katodových a anodových dějů).

Podrobný popis metodiky kolonových testů byl zařazen do Přílohy 3.

Obrázek 10: Pozice aktuálně vzorkovaných profilů povrchové vody na Libišské svodnici



## 3.2. Výsledky aktuálně realizovaných technických prací

### 3.2.1. Monitoring Libišské svodnice

#### Znečištění povrchové vody

Výsledky aktuálního monitoringu bylo prokázáno znečištění povrchové vody na výtoku z kanalizačního potrubí (vzorek Li-1-u Spolany) těmito polutanty:

- chlorované alifatické uhlovodíky (označeny CIU i CIA)
  - a. sumární koncentrace CIU dosahovala hodnoty 15 517,5 ug/l
  - b. majoritní podíl, shodně s archivními údaji, zjištěn u 1,2-DCA (94%)
  - c. koncentrace 1,2-DCA byla dokumentována ve výši 14 600 ug/l
- hexachlorcyklohexan (HCH)
  - a. sumární koncentrace HCH zjištěna ve výši 0,271 ug/l.

Koncentrace látek BTEX, CIB a DDX (DDD+DDE+DDT) se pohybovaly pod mezí detekce analytické metody.

Protokol o výsledcích rozborů povrchové vody byl zařazen do Přílohy 2. Výsledky rozborů vybraných parametrů a jejich orientační porovnání s limity nařízení vlády č. 401/2015 Sb. jsou uvedeny v Tabulce 4.

Porovnání archivních a aktuálně zjištěných výsledků naznačuje, že vývoj koncentrací prioritních polutantů na výtoku z kanalizačního potrubí má značně rozkolísaný trend. Měřené koncentrace pravděpodobně odpovídají režimním změnám v mělkém kolektoru podzemní vody v areálu Spolany, resp. míře drenážního účinku kanalizace v ohniscích znečištění a jejich kontaminačních mracích. Proměnlivost kvality vody ve svodnici je patrná také z fotodokumentace pořízené v červenci a září 2023 v místě vyústění potrubí do otevřeného koryta svodnice (viz Obrázek 11).

Koncentrace sledovaných kontaminantů dále po proudu, na profilu Li-2-most, poklesly až o několik řádů. S přihlédnutím k výsledkům měření průtoků ve strouze je velmi pravděpodobné, že pokles koncentrací způsobuje postupné uvolňování těkavých látek do ovzduší a sorpce kontaminantů na dnové sedimenty. K ředění kontaminace v povrchové vodě svodnice bude docházet jen při vyšších průtocích v reakci na srážkovou činnost (viz dále v textu).

Poblíž vtoku svodnice do Labe, na profilu Li-3-vtok Labe, se pohybovaly koncentrace kontaminantů pod mezí detekce analytických metod, **což prokazuje poměrně vysokou míru degradace kontaminace ve strouze pasivním způsobem s využitím pouze přírodních procesů.**

Tabulka 4: Vybrané výsledky aktuálních rozborů povrchové vody – Libišská svodnice

Datum odběru vzorků		26.07.2023	26.07.2023	26.07.2023	NV č. 401/2015 Sb.	
Název vzorku		Li-1-u Spolany	Li-2-most	Li-3-vtok Labe	Příloha č. 3,	Tabulka 1b
Matrice	Jednotka	POVRCH. VODA	POVRCH. VODA	POVRCH. VODA	NEK-RP	NEK-NPK
<b>BTEX</b>						
benzen	µg/l	<20.0	<0.20	<0.20	10	50
ethylbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
meta- & para-xylen	µg/l	<20.0	<0.20	<0.20		
orto-xylen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		



Datum odběru vzorků		26.07.2023	26.07.2023	26.07.2023	NV č. 401/2015 Sb.	
Název vzorku		Li-1-u Spolany	Li-2-most	Li-3-vtok Labe	Příloha č. 3,	Tabulka 1b
Matrice	Jednotka	POVRCH. VODA	POVRCH. VODA	POVRCH. VODA	NEK-RP	NEK-NPK
suma BTEX	µg/l	<80.0	<0.800	<0.800		
toluen	µg/l	<100	<1.00	<1.00		
<b>halogenované těkavé organické sloučeniny</b>						
1,1,1,2-tetrachlorethan	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
1,1,1-trichlorethan	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
1,1,2,2-tetrachlorethan	µg/l	<100	<1.00	<1.00		
1,1,2-trichlorethan	µg/l	223	0,81	<0.20		
1,1-dichlorethan	µg/l	53,7	0,21	<0.10		
1,1-dichloethen	µg/l	11,5	<0.10	<0.10		
1,2,3-trichlorbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
1,2,4-trichlorbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10	0,4	-
1,3,5-trichlorbenzen	µg/l	<20.0	<0.20	<0.20		
1,2-dichlorbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
1,2-dichlorethan	µg/l	14600	4,09	<1.00	10	-
1,2-dichlorpropan	µg/l	<100	<1.0	<1.0		
1,3-dichlorbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
1,4-dichlorbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
bromdichlormethan	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
bromoform	µg/l	<20.0	<0.20	<0.20		
chlorbenzen	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
chloroform (trichlormethan)	µg/l	267	0,59	<0.30	2,5	-
cis-1,2-dichloethen	µg/l	21,2	0,12	<0.10		
dibromchlormethan	µg/l	<10.0	<0.10	<0.10		
dichlormethan	µg/l	<600	<6.0	<6.0	20	-
tetrachloethen	µg/l	<20.0	<0.20	<0.20	10	-
tetrachlormethan	µg/l	16,6	<0.10	<0.10	12	-
trans-1,2-dichloethen	µg/l	24,9	<0.10	<0.10		
trichloethen	µg/l	32,6	<0.10	<0.10	10	-
vinylchlorid (chloethen)	µg/l	<100	<1.00	<1.00		
<b>SUMA CIA</b>	µg/l	<b>15 517,50</b>	<b>6,41</b>	<b>0</b>		
<b>SUMA CIB</b>	µg/l	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>organochlorové pesticidy</b>						
1,2,3,4-tetrachlorbenzen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
1,2,3,5- & 1,2,4,5-tetrachlorbenzen	µg/l	<0.020	<0.020	<0.020		
2,4-DDD	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
2,4-DDE	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
2,4-DDT	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
4,4'-DDD	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
4,4'-DDE	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
4,4'-DDT	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
alachlor	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
aldrin	µg/l	<0.0050	<0.0050	<0.0050		
alfa-endosulfan	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
beta-endosulfan	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
dichlobenil	µg/l	<0.050	<0.050	<0.050		
dicofol	µg/l	<0.030	<0.030	<0.030		
dieldrin	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
endrin	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
HCH alfa	µg/l	0,072	<0.010	<0.010		
HCH beta	µg/l	0,08	<0.010	<0.010		
HCH delta	µg/l	0,047	<0.010	<0.010	0,02	0,04
HCH epsilon	µg/l	0,046	<0.010	<0.010		

Datum odběru vzorků		26.07.2023	26.07.2023	26.07.2023	NV č. 401/2015 Sb.	
Název vzorku		Li-1-u Spolany	Li-2-most	Li-3-vtok Labe	Příloha č. 3,	Tabulka 1b
Matrice	Jednotka	POVRCH. VODA	POVRCH. VODA	POVRCH. VODA	NEK-RP	NEK-NPK
HCH gama	µg/l	0,026	<0.010	<0.010		
heptachlor	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
heptachlorepoxid-cis	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
heptachlorepoxid-trans	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
hexachlorbenzen (HCB)	µg/l	<0.0050	<0.0050	<0.0050		0,05
hexachlorbutadien	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
hexachlorethan	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
isodrin	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
methoxychlor	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010		
pentachlorbenzen	µg/l	<0.010	<0.010	<0.010	0,007	-
<b>suma 4 hexachlorocyklohexanů</b>	µg/l	<b>0,225</b>	<b>&lt;0.020</b>	<b>&lt;0.020</b>		
<b>Suma 5 hexachlorocyklohexanů</b>	µg/l	<b>0,271</b>	<b>&lt;0.025</b>	<b>&lt;0.025</b>		
<b>ropné uhlovodíky</b>						
>C10 - C40 frakce	µg/l	82,4	<50.0	<50.0		

Pozn.: Překročení limitu NEK-RP nebo NEK-NPK bylo zvýrazněno oranžovou nebo červenou barvou. Koncentrace uvedené v Tabulce 4 nepředstavují roční průměrné hodnoty. Zvýraznění překročení limitu NEK-RP oranžovou barvou je tedy nutné považovat pouze za indikaci, nikoli za prokázaný stav.

Přehled naměřených FCHP byl uveden v Tabulce 5.

V měsících červenec a srpen 2023 byl sledován postupný nárůst hodnot ORP od začátku strouhy u areálu Spolany po její vtok do Labe. V blízkosti areálu Spolany bylo zaznamenáno redukční prostředí ve svodnici, se zápornými hodnotami ORP. Ve směru proudění povrchové vody docházelo k postupné změně prostředí a v okolí lokality Na Štěpáně se prostředí změnilo na oxidační s kladnými hodnotami ORP. V oxidačním prostředí mají látky tendenci přijímat elektrony a podporovat oxidační reakce.

Výjimkou je 3. etapa monitoringu (září 2023), kdy byla na profilu „Li-1-u Spolany“ zaznamenána kladná hodnota ORP.

Dle archivních podkladů je svodnici připisována drenážní funkce. Do svodnice ústí meliorační strouhy a kanalizační výpusti. Postupný pokles vodivosti ve směru proudění povrchové vody je možné vysvětlit jejím postupným ředěním. Ředění má částečný vliv také na snížení koncentrace sledovaných kontaminantů ve svodnici. Proces ředění se však uplatňuje ve větší míře pouze za zvýšených průtoků v reakci na vyšší srážkové úhrny, což dokládají výsledky měření průtoků ve svodnici na prvních 2 profilech (Li-1-u Spolany a Li-2-most). V období bez srážkové činnosti nebyl zjištěn významnější nárůst průtoků mezi uvedenými profilem. Mimo období s intenzivními srážkami lze spatřovat souvislost mezi poklesem vodivosti a snižováním koncentrací sledovaných kontaminantů. K přirozenému úbytku kontaminantů v povrchové vodě dochází vlivem těkání látek do ovzduší, sorpce a dalších atenuačních procesů jako chemická oxidace/redukce, biodegradace. Kvantifikace míry dopadu jednotlivých degradačních procesů není na základě provedených měření proveditelná.

### Měření TOL v atmosférickém vzduchu nad hladinou svodnice

Positivní indikace výskytu TOL ve vzduchu nad hladinou vody byla zjištěna pouze v kanalizačním potrubí na profilu „Li-1-u Spolany.“ Nejvyšší koncentrace 0,4-1,4 ppm byly naměřeny bezprostředně nad hladinou vody. U stropu potrubí dosahovaly koncentrace TOL přibližně třetinové hodnoty v porovnání

s údaji nad hladinou.

Dne 26.7.2023 byla kontrolně měřena koncentrace TOL nad hladinou vody pod můstkem, v místě přechodu kanalizačního potrubí do otevřeného koryta. Přítomnost TOL ve vzduchu nebyla zaznamenána. Rovněž v době měření nebyla zjištěna přítomnost TOL ve vzduchu v dalších měřených profilech „Li-2-most“ a „Li-3-vtok Labe.“

Obrázek 11: Fotodokumentace svodnice v blízkosti profilu Li-1-u Spolany



Stav: 26.7.2023



Stav: 26.9.2023



Tabulka 5: Přehled výsledků měření na profilech Libišské svodnice

Označení profilu	Jednotka	Li-1-u Spolany	Li-2-most	Li-3-vtok Labe
<b>Měření TOL ve vzduchu nad hladinou povrchové vody ve svodnici</b>				
<b>DATUM 26.7.2023</b>				
1 cm nad hladinou	ppm	0,7	0	0
50 cm nad hladinou	ppm	-	0	0
70 cm nad hladinou	ppm	0,3	-	-
100 cm nad hladinou	ppm	-	0	0
<b>DATUM 29.8.2023</b>				
1 cm nad hladinou	ppm	0,4	0	0
50 cm nad hladinou	ppm	-	0	0
70 cm nad hladinou	ppm	0,1	-	-
100 cm nad hladinou	ppm	-	0	0
<b>DATUM 26.9.2023</b>				
1 cm nad hladinou	ppm	1,4	0	0
50 cm nad hladinou	ppm	0,2	0	0
70 cm nad hladinou	ppm	-	-	-
100 cm nad hladinou	ppm	-	0	0
<b>Měření FCHP v povrchové vodě</b>				
<b>DATUM 26.7.2023</b>				
pH	-	6,23	6,96	6,99
teplota (T)	°C	16,8	18,3	21,7
oxidačně-redukční potenciál (ORP)	mV	-27,2	3,6	83,6
konduktivita	uS/cm	1052	754	614
koncentrace O <sub>2</sub>	mg/l	5,32	6,37	5,66
<b>DATUM 29.8.2023</b>				
pH	-	6,51	6,68	6,94
teplota (T)	°C	16,4	15,3	17,7
oxidačně-redukční potenciál (ORP)	mV	-36,1	-2,5	69,3
konduktivita	uS/cm	1390	197	548
koncentrace O <sub>2</sub>	mg/l	5,8	4,15	4,35
<b>DATUM 26.9.2023</b>				
pH	-	5,79	7,31	7,02
teplota (T)	°C	15,7	17	18,2
oxidačně-redukční potenciál (ORP)	mV	56,6	-3,7	49,7
konduktivita	uS/cm	1870	1365	679
koncentrace O <sub>2</sub>	mg/l	5,94	6,24	5,69
<b>Měření průtoku povrchové vody ve svodnici</b>				
DATUM 26.7.2023	l/s	8,1	5,9	126,3
DATUM 26.9.2023	l/s	3,48	5,5	98,4



### Měření průtoků ve svodnici

Měření průtoků na profilu „Li-1-u Spolany“ bylo posunuto do otevřeného koryta, tj. severozápadně od můstku.

Průtoky v první polovině délky svodnice, od jejího začátku přibližně po lokalitu Na Štěpáně, dosahovaly v době měření hodnot mezi 3,5 a 8,1 l/s. Před ústím svodnice do toku Labe, severně od obce Obříství, byly zaznamenány řádově vyšší průtoky v rozmezí 98 – 126 l/s.

#### 3.2.2. Laboratorní kolonové testy

Samotná kolona s železnými šponami vykazovala velmi dobrou účinnost z pohledu poklesu sledovaných analytů, kdy i při vysokých rychlostech proudění (2,2 m/d) bylo z vody odstraněno 83,9 % chlorovaných ethenů (označeny CIE), 73,3% chlorovaných ethanů (označeny CIA) a 78,5 % chlorovaných methanů (označeny CIM).

#### Chlorované etheny (ethyleny)

Všechny konfigurace kolon vykazovaly po dobu experimentu velmi dobrou účinnost, která rostla s dobou zdržení. Pro rychlost proudění 2,2 m/den byla účinnost cca 84 %, pro 0,8 m/den přibližně 94 %. Kolony, ve kterých byla aplikována podpora DC, pak vykazovaly mírně lepší výsledky o cca jednotky procent. Nejlepších výsledků z pohledu účinnosti odstraňování CIE dosáhla kolona s katodovou podporou, při rychlosti proudění 0,8 m/den a aplikovaném potenciálu 15 V (a protékajícím proudem 13 mA). U této konfigurace kolony bylo odstraňováno o cca 6 % CIE více než v koloně se samotným Fe.

#### Chlorované ethany

Ve všech kolonách docházelo k postupnému zvyšování efektivity odbourávání CIA (bez ohledu na nastavení DC systému podpory). Pokles účinnosti odbourávání CIA (na cca 80 %) byl zjištěn 15. den experimentu, při rychlosti proudění 2,2 m/den. V následujících dnech, při nižší rychlosti proudění 0,8 m/den, byl pozorován rostoucí trend účinnosti odbourávání CIA a to až na cca 96 % u všech kolon.

#### Chlorované methany

Efektivita odstranění CIM byla ve všech kolonách velmi podobná bez ohledu na použití DC systému. Lišila se pouze dobou zdržení. Pro rychlost proudění 2,2 m/den byla účinnost cca 80 % a pro 0,8 m/den cca 97 %.

#### Plynné degradační produkty

Ve vstupní vodě po celou dobu experimentu bylo dokumentováno okolo 800 µg/l sumy plynných produktů dechlorace (kde byl z 98 % zastoupen ethen a ve zbytku ethan a methan). Tyto vstupní zvýšené koncentrace ethenu odpovídají postupné dechloraci CIE a CIM v odebraném vzorku vody. Nelze vyloučit, že ethen ve vodě byl využíván jako substrát při mikrobiální degradaci DCA.

### 3.3. Shrnutí a závěry technických prací

Povrchová voda Libišské svodnice je kontaminována chlorovanými alifatickými uhlovodíky (označeny CIU i CIA) a hexachlorcyklohexanem (HCH). Nárazově byly v povrchové vodě dokumentovány zvýšené koncentrace monocyklických aromatických uhlovodíků (BTEX), chlozbenzenu (CIB) a organochlorových pesticidů DDX (DDD, DDE, DDT). Majoritní podíl na kontaminaci byl dlouhodobě dokumentován u dichlorethanu (1,2-DCA).

Maxima koncentrací byla zjištěna u vyústění kanalizačního potrubí do otevřeného koryta svodnice. Koncentrace sledovaných kontaminantů dále po proudu, na profilu Li-2-most, poklesly až o několik řádů. Pokles koncentrací v období bez srážkové činnosti byl způsoben postupným uvolňováním těkavých látek do ovzduší a sorpcí kontaminantů na dnové sedimenty. K ředění kontaminace v povrchové vodě svodnice dochází pouze při vyšších průtocích v reakci na srážkovou činnost.

Na základě výsledků provedených testů byly vyvozeny následující závěry:

- Kolonové experimenty prokázaly efektivitu použití železných špon pro redukci kontaminace směsi chlorovaných uhlovodíků v povrchové vodě Libišské svodnice.
- Dále bylo prokázáno, že řízenou aplikací elektrického pole lze do jisté míry zvýšit reaktivitu železných částic v reaktivním loži.
- Životnost náplně (železných špon) lze zvýšit katodovou ochranou, kdy je prostředí dotováno  $e^-$  a méně tak dochází k oxidaci Fe při reakci s vodou.
- Nejlepších výsledků z pohledu účinnosti odstraňování CIE dosáhla kolona s katodovou podporou, kdy při rychlosti proudění 0,8 m/den a aplikovaném potenciálu 15 V (a protékajícím proudem 13 mA) bylo odstraňováno o cca 6 % CIE více než v koloně se samotným Fe. Vedle vyššího účinku degradace má katodová podpora i význam pro prodloužení životnosti reaktivního filtračního materiálu.
- Účinnost odstraňování CIU z vody při vysokých rychlostech proudění (2,2 m/d) dosahovala hodnot 73,3 – 83,9 %.
- Účinnost odstraňování CIU z vody při nižších rychlostech proudění (0,8 m/den) se pohybovala v rozmezí 94 – 97 %.

## 4. CÍLE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Cílem nápravných opatření je odstranění látek CIU (chlorovaných alifatických uhlovodíků), HCH a CIB z povrchové vody Libišské svodnice. Nápravná opatření budou zaměřena na zatrubněný úsek, který vychází z areálu Spolany s.r.o. v Neratovicích.

Cílovým limitem nápravného opatření je snížení koncentrace prioritních polutantů v povrchové vodě minimálně o 85%.

## 5. ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ VARIANTY NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Následující přehled použitelných technologií byl sestaven s ohledem na splnitelnost cílů nápravných opatření:

Varianta pasivních remediačních technologií:

- A. Aerobní mokřadní systém
- B. Anaerobní biodegradační systém – bioredukce
- C. Remediační systém typu PRB – propustná reakční bariéra
- D. Sorpční remediační systém
- E. Kombinovaný remediační systém

Varianta aktivní technologie:

- F. Čistička odpadních vod

## 6. IDENTIFIKACE VHODNÝCH SANAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

### 6.1. Metody screeningu

Všechny uvedené metody představují v praxi použité technologie.

V následujícím textu jsou jednotlivé metody vzájemně porovnány komentářem ve společné tabulce dle následujících hledisek:

- typ metody,
- technologická náročnost,
- proveditelnost
- ekonomická náročnost,
- legislativní omezení.

Tabulka 6: Identifikace a porovnání nápravných opatření

Název metody	Technologická náročnost	Vhodnost a realizovatelnost pro lokální podmínky	Relativní odhad nákladů	Legislativní omezení
<b>PASIVNÍ TECHNOLOGIE</b>				
A. Aerobní mokřadní systém	Nenáročná, spočívající ve vyhloubení mělké nádrže opatřené izolací, naplněné nízkou vrstvou zeminy a osazené mokřadními rostlinami z lokality	Jednoduchá metoda použitelná v lokálních podmínkách  Samotný aerobní systém vyžaduje velkou plochu pro dosažení dostatečného efektu.	Nízké investiční náklady, nízké provozní náklady.	Nutné stavební povolení

Název metody	Technologická náročnost	Vhodnost a realizovatelnost pro lokální podmínky	Relativní odhad nákladů	Legislativní omezení
B. Anaerobní biodegradační systém – bioredukce	Nenáročná, spočívající ve vyhloubení mělké nádrže opatřené izolací, naplněné vrstvou smíšeného substrátu vytvářejícího anaerobní prostředí	Jednoduchá metoda použitelná v lokálních podmínkách, organický substrát z místních zemědělských zdrojů Samotný aerobní systém vyžaduje velkou plochu pro dosažení dostatečného efektu.	Nízké investiční náklady, nízké provozní náklady.	Nutné stavební povolení
C. Remediační systém typu PRB	Nenáročná až středně náročná, spočívající ve vyhloubení mělké nádrže opatřené izolací, naplněné železnými šponami (nul mocné železo) vytvářejícími redukční prostředí	Jednoduchá metoda použitelná v lokálních podmínkách, nutné zajištění dodání železných špon z průmyslového zdroje mimo lokalitu Samotný systém vykazuje v laboratorních podmínkách vysokou účinnost degradace na monitorované kontaminanty, složitější organické molekuly a produkty rozkladu mohou přetrvávat, je doporučeno systém kombinovat s dalšími degradačními technikami.	Střední investiční náklady, nízké provozní náklady.	Nutné stavební povolení
D. Sorpční remediační systém	Nenáročná, spočívající ve vyhloubení mělké nádrže opatřené izolací, naplněné vrstvou sorpčního substrátu vytvářejícího anaerobní prostředí	Jednoduchá metoda použitelná v lokálních podmínkách, nutné zajištění dodání sorpčního materiálu (rašeliny) ze zdroje mimo lokalitu Systém funguje do vyčerpání sorpční kapacity	Nízké investiční náklady, nízké provozní náklady	Nutné stavební povolení
E. Kombinovaný remediační systém	Nenáročná, sestávající z kombinace remediačních systémů A, B, C a D	Metoda použitelná v lokálních podmínkách (viz systémy A, B, C a D)	Střední investiční náklady, nízké provozní náklady	Nutné stavební povolení
<b>AKTIVNÍ TECHNOLOGIE</b>				
F. Čistička odpadních vod	Technologicky náročná stavba, která spočívá v instalaci minimálně 3 základních stupňů čištění – filtrační (mechanický, srážení), sorpční (filtry s náplní aktivního uhlí), případně doplněné biologickým stupněm (aktivační nádrž, dosazovací nádrž, systém pro odvod aktivovaného kalu)	Běžná metoda používaná v lokálních podmínkách.	Střední až vysoké investiční a provozní náklady	Nutné stavební povolení



## 6.2. Screening technologií nápravných opatření

### 6.2.1. Podmínky výběru vhodných variant

Výběr vhodných remediačních metod byl kromě výše uvedených kritérií a omezení ovlivněn následujícími skutečnostmi:

- Na lokalitě není přístupná elektřina.
- Je preferována varianta, u které budou technologie umístěny na pozemcích obce Libiš.
- Je preferována varianta, která nevyžaduje neustálou obsluhu. Jedná se tedy o varianty pasivního remediačního systému. Avšak ani takové technologie (viz Tabulka 6) nejsou zcela bezúdržbové.
- Vzhledem k odlehlosti lokality je upřednostňována varianta technologie bez použití drahých technologických prvků a přístrojového vybavení.

### 6.2.2. Primární hodnocení variant

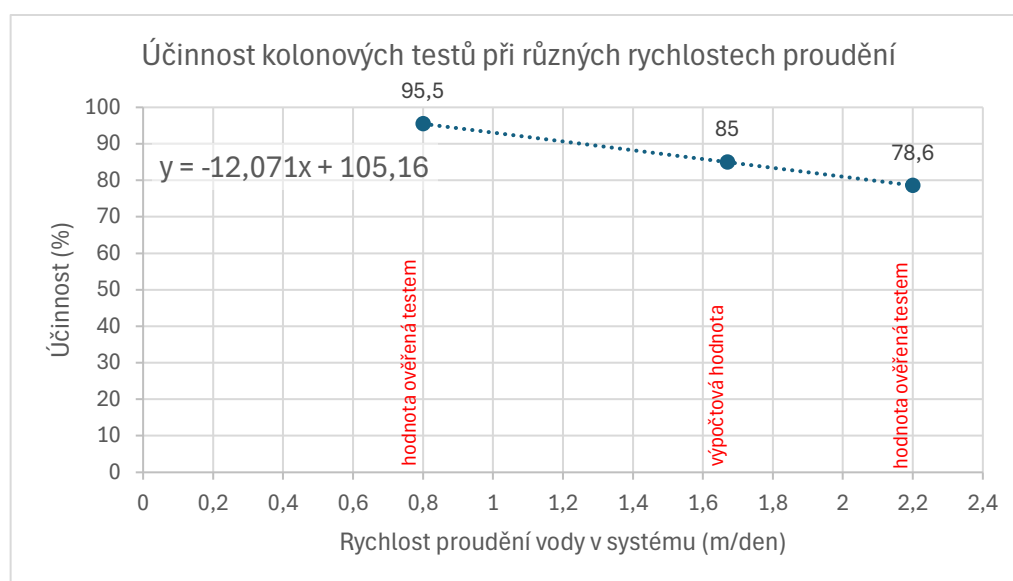
#### 6.2.2.1. Aktuální kolonové testy hodnocených technologií

Výsledky aktuálních testů byly popsány v kapitolách 3.2.2 a 3.3. Testována byla účinnost systému uvedeného ve variantě C (propustná reakční bariéra - PRB). Test byl prioritně zaměřen na kontaminant CIU (chlorované alifatické uhlovodíky).

Kolonovými testy byla prokázána efektivita použití železných špon pro redukci kontaminace směsi chlorovaných uhlovodíků v povrchové vodě Libišské svodnice. Dále bylo prokázáno, že řízenou aplikací elektrického pole lze do jisté míry zvýšit reaktivitu železných částic v reaktivním loži. Nejlepších výsledků z pohledu účinnosti odstraňování CIE dosáhla kolona s katodovou podporou, při rychlosti proudění 0,8 m/den a aplikovaném potenciálu 15 V (a protékajícím proudem 13 mA).

Zajištění účinnosti odstraňování CIU z povrchové vody ve výši minimálně 85 % předpokládá rychlost proudění vody v systému maximálně 1,65 m/den.

Obrázek 12: Průměrné hodnoty účinnosti kolonových testů



### 6.2.2.2. Archivní testy hodnocených technologií [2]

Eliminace kontaminantů HCH a CIU (zejména chlorbenzeny) ve vodách byla ověřována v letech 2014 – 2015 pilotními, vsádkovými a kolonovými testy s vodou z lokality Hájek u Karlových varů, která má obdobný charakter znečištění [2]. Z vyhodnocení výsledků testů vyplynulo, že oxidativní metody nebyly funkční. Jako nejlepší sorbent bylo ověřeno aktivní uhlí, druhým nejlepším sorbentem byla rašelina. Z testovaných typů železa se jako nejvhodnější pro náplň v terénním systému ukázaly železné špony.

Pilotní testy byly realizovány na 4 simulovaných systémech čištění vod:

- A. Systém simulující přírodní mokřad (odborná literatura popisuje aerobní biologický rozklad HCH) – aerobní mokřadní systém.
- B. Biologický systém s podmínkami pro anaerobní reduktivní biologickou dechloraci a dočištěním v přírodním mokřadu - bioredukce.
- C. Systém chemické redukce – propustná reakční bariéra (PRB).
- D. Systém určený k testování sorpce.

Vyhodnocení testů:

Cílem hodnocení testů bylo ověřit, které mechanismy v systémech na eliminaci HCH a CIU se skutečně projevují, a vyhodnotit sorpci a biodegradační mechanismy. Dále byla ověřována přítomnost metabolických drah pro aerobní rozklad HCH a přítomnost mikroorganismů s schopných dehalorespirace. Rovněž byly sledovány síran- redukující enzymy SRB bakterií (tyto mikroorganismy také často disponují metabolickou kapacitou dehalorespirace) a denitrifikační enzymy pro ověření přítomnosti anaerobních mikrobiálních společenstev.

Pilotní systémy vykazovaly vůči kontaminaci ve vodě z pohledu snižování koncentrací účinnost v rozmezí 30 – 99 %, a to v závislosti na průtoku.

Biologické oživení testovaných systémů:

- Nejvíce biologicky oživený co do množství biomasy i detekce různých typů mikrobů nástroji molekulární biologie byl systém D (rašelina se štěpkou, navržený původně jako sorpční). Laboratorně stanovená sorpční kapacita rašeliny však nebyla zdaleka naplněna, koncentrace dosahovaly 4 – 20% plné sorpční kapacity.
- Druhý v pořadí biologického oživení byl anaerobní mokřad B. Tento materiál se ukázal jako velmi dobrý sorbent, měl velmi vysoké obsahy HCH, řádově větší než ostatní materiály v systémech, a prokázal tak větší sorpční kapacitu, než rašelina i aktivní uhlí.
- Třetí v pořadí biologického oživení byl přírodní mokřad A, jehož materiál obsahoval stopová či nedetekovatelná množství HCH i CIU. Z výsledku vyplývá, že přírodní zemina tyto kontaminanty nesorbavala vůbec, popř. intenzita biologických procesů byla taková, že k sorpci nedocházelo.
- Kovové železo (systém C) mělo nízké obsahy navázaných kontaminantů, tudíž sorbovalo málo, bylo oživené o dva až tři řády méně, než ostatní systémy. Ovšem ani tento systém nebyl zcela bez biologické aktivity (i když minimální).

Posouzení metabolických drah:

- V systémech A, B i D byly přítomny aerobní metabolické dráhy (v těch je HCH používán jako zdroj C)

a anaerobní dehalorespirující organismy.

- V systémech B i C bylo hojně síran-redukcí bakterií, které se mohou rovněž projevovat dehalorespirující aktivitou vůči polutantu HCH.

Sorpce kontaminantů:

- Anaerobní mokřad (B) sorboval řádově více HCH než CIU. V porovnání s ostatními systémy sorboval HCH nejvíce.
- Železné piliny (C) sorbovaly více CIU než HCH.
- Rašelina (D) sorbovala oba polutanty zhruba stejně.
- Aerobní mokřad (A) nesorboval prakticky vůbec. Tzn., že stejné množství polutantů, které do systému nateklo, zase vyteklo ven, případně bylo biodegradováno (u HCH) nebo i částečně odtékalo (u CIU).
- Z bilance toku a sorpce kontaminantů v systémech vyplynulo:
  - a. Systémy A a D odstranily HCH i CIU téměř beze zbytku (98 % - 100 % odstraněné kontaminace). Dle výsledků biologických analýz k tomuto docházelo pravděpodobně biodegradací, u CIU se mohlo uplatnit i částečné odtěkání.
  - b. V systému C bylo odstraněno chemickou reduktivní dechlorací 98% HCH a 77% CIU. Zbytek polutantů byl vázán na materiál železné bariéry (PRB).
  - c. Anaerobní mokřad (B) sorboval většinu HCH (biodegradováno bylo jen 31% odstraněných HCH). Biodegradace CIU probíhala ve větší míře (91%).

Hodnocení efektivity systémů:

Vyhodnocením efektivity jednotlivých systémů z hlediska odstraněného množství polutantů na jednotku objemu bylo zjištěno, že jednoznačně největší množství (2x až 3x více v porovnání s ostatními systémy) bylo dosaženo v systému D. Systém D byl nejefektivnější – na metr kubický odstranil za 9 měsíců provozu 13 g HCH a 26 g ClB. Téměř veškeré množství bylo odstraněno biodegradací.

Druhý v pořadí, jen s mírně nižší efektivitou, byl systém C. Většina kontaminantů byla rozložena chemickou redukcí.

Nejnižší efektivitu na jednotku objemu měl aerobní mokřad (5 g), nicméně veškerý polutant dodaný do systému byl také biodegradován.

Tabulka 7: Účinnost testovaných systémů na jednotku objemu nádrže

systém	objem nádrže (m <sup>3</sup> )	suma CB	suma HCH	suma CB	suma HCH
		(g) v období srpen 2014 - duben 2015		(g/m <sup>3</sup> ) nádrže	
A	11	144	52	13	5
B	12,6	170	92	14	7
C	8,4	144	87	17	10
D	12,1	315	160	26	13

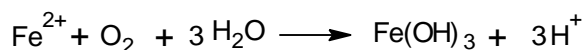


### 6.2.2.3. Popis aktivně provozované technologie - ČOV

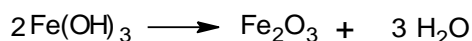
Voda obsahuje zvýšené koncentrace Fe (4,03 mg/l), Mn (1,02 mg/l) a Mg (14,7 mg/l). Zvýšená je rovněž vápenatá tvrdost vody - 3 mmol/l, celková tvrdost dosahuje hodnoty 3,6 mmol/l. Tyto látky mnohdy v aerobním systému čištění představovat riziko rychlé kolmatace sorpčních filtrů. Sorpce na aktivní uhlí je jednou z nejdražších částí technologie ČOV. Z důvodu ochrany je vhodné sorpčnímu stupni předřadit filtrační stupeň, na kterém bude docházet k záchytu hrubých nečistot (mechanický filtr, pískový filtr) a odstranění železa, vápníku apod. srážením.

Proces srážení:

Železo se v podzemní vodě zpravidla vyskytuje v dvojmocné formě, která je rozpustná v celkem širokém rozsahu pH. Pro odstranění železa z roztoku je nejčastěji využívána jeho oxidace vzduchem, který je nejlevnější oxidantem. Oxidace probíhá velmi rychle za při vyšších hodnotách pH:

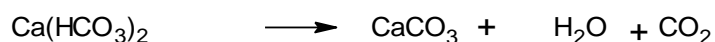


Kvůli vznikajícímu H<sup>+</sup> iontu je třeba reakci provádět v alkalickém prostředí. Vzniklý hydroxid železitý ztrácí vodík a mění se na sraženinu oxidu železitého:



Reakce v alkalickém prostředí je již pomalejší. Z úpravárenského hlediska jde o jev nepodstatný, jelikož jak hydroxid tak oxid jsou nerozpustné a je možno je filtrovat do kalu.

Po alkalizaci vody dochází ke spontánnímu snížení tvrdosti, a to tvorbou nerozpustného vápence resp. dolomitu:



Železitý, vápenatý a hořečnatý kal je v technologii odsazován a dále lisován na kalolisu.

Průvodním jevem při srážení a vzniku Fe<sup>3+</sup> je koagulace a snížení obsahu organických látek, které se adsorbují na vzniklý kal.

Sorpce na aktivní uhlí:

Přečištěná a přefiltrovaná voda je vedena na dvojici filtrů s aktivním uhlím, kde dochází k sorpci zbylého HCH, CIB a CIU na náplň. Sorpce na aktivní uhlí je proces do značné míry neselektivní, proto je právě předřazen srážecí stupeň.

Součástí tohoto stupně je mj. aerační jednotka, např. horizontální provzdušňovač.

Předpokládá se, že upotřebené aktivní uhlí bude odváženo na klasickou reaktivaci (regeneraci desorpcí) při 900 °C pod inertní atmosférou.

Biologický stupeň:

Dočištění vod lze provést na klasickém biologickém stupni. Tento stupeň je používán k odstranění organických a jiných látek rozpuštěných ve vodě (nezachycených sorpcí). Využívá aerobních nebo fakultativně anaerobních bakterií, které v rámci svého metabolismu jsou schopny odbourat > 90 %

organických látek. Mikroorganismy tyto látky využívají jako stavební prvky a zdroj energie. V rámci tohoto procesu mineralizace dochází k odbourání organických sloučenin za vzniku CO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>O.

Organické látky slouží jako zdroj elektronů (tzv. donor elektronů) i jako zdroj uhlíku zejména v procesu heterotrofní denitrifikace.

Upravovaná voda je směšována s tzv. aktivovaným kalem za dostatečného provzdušňování. Aktivovaný kal je schopen se oddělovat od kapalné fáze prostou sedimentací. Kal je separován v dosazovací nádrži, část kalu je recirkulována jako tzv. vratný kal, ostatní biomasa je odstraňována.

Vznik odpadu:

Ve všech popsanych stupních ČOV bude vznikat odpad. Odpad vznikající v rámci procesů srážení a sorpce bude nutné považovat za nebezpečný. Srážením v 1. stupni může vzniknout až 5 tun kalu za rok.

Nakládání s nebezpečnými látkami:

Snižování pH v 1. stupni je navrženo dávkováním hydroxidu sodného (NaOH).

Odhad provozních nákladů:

Náklady na přečištění 1 m<sup>3</sup> vody byly odhadnuty na 80,- Kč a zahrnují elektrickou energii, chemické přípravky, regeneraci aktivního uhlí, odstranění odpadu a základní údržbu technologie.

Specifikace základních prvků ČOV:

Pískový filtr

Usazovák

Čerpadlo podávací pískový filtr

Čerpadlo prací pískového filtru

Kalolis 400x400x25

Kalojem 15 m<sup>3</sup>

Louhové hospodářství (čerpadlo, otop)

Horizontální provzdušňovač

Filtr AU

Náplň aktivní uhlí

Kompresor

Usazovací nádrž

Aktivační nádrž

Dosazovací nádrž

Potrubí a armatury

Zateplené kontejnery

Izolace

Instalační materiál

Elektroinstalace.

### 6.2.3. Shrnutí účinnosti posuzovaných metod

Porovnání průměrných účinností čištění vybraných kontaminantů dle výsledků testů v jednotlivých systémech (viz kapitola 6.2.2) bylo uvedeno v Tabulce 8. Z tabulky je patrné, že účinnost odstraňování jednotlivých polutantů je v jednotlivých posuzovaných systémech různá. Tato skutečnost podporuje výslednou variantu kombinace jednotlivých remediačních technologií.

Účinnost čištění posuzovaných technologií má přímou vazbu na hodnoty průtoků vody jednotlivými částmi systému. Maximální průtok, při kterém lze udržet účinnost systému na přijatelné úrovni ( $\geq 85\%$ ), byl orientačně stanoven na 0,1 l/s.

Účinného čištění CIU ( $\geq 85\%$ ) lze dosáhnout již při rychlostech proudění vody 1,6 m/den a nižších – viz kapitola 8.1. Vztah mezi maximálním průtokem a maximální rychlostí proudění bude upraven stanovením odpovídajících průtočných ploch v systémech.

Tabulka 8: Průměrné účinnosti čištění v testovaných systémech

technologie čištění	A přírodní mokřad	B bioredukce	C reaktivní bariera	D biosorpce
<b>chemická látka</b>	účinnost (%)			
monochlorbenzen	91,5	79,2	89	92,8
dichlorbenzen	88,3	70,7	85,8	84,6
trichlorbenzen	85,1	75,5	87,9	84,2
tetrachlorbenzen	92	77,7	86,4	81,2
pentachlorbenzen	50,5	74	76,5	79
hexachlorbenzen	0	0	0	0,5
a – HCH	68,3	63	85,8	70,6
b – HCH	15,9	60,5	72,2	58,9
g – HCH	63	67,2	95,2	71
d – HCH	71,8	67	74,4	76,2
e – HCH	23,3	59	63	57,3
chlorované etheny	-	-	89	-
chlorované ethany	-	-	88	-
chlorované methany	-	-	88,5	-

Účinnost aktivní technologie čištění vod – ČOV (F) bude dosahovat 80 – 95 % v závislosti na zapojení biologického stupně čištění do systému.

### 6.3. Shrnutí screeningu

Hodnocení efektivity výše posuzovaných systémů bylo učiněno s následujícími závěry:

#### A. Aerobní mokřadní systém

Systém vykazoval nejnižší efektivitu z hlediska odstraněného množství kontaminujících látek. Avšak přítékající kontaminanty téměř nesorboval. To znamená, že snížení jejich koncentrací bylo způsobeno zejména biodegradací. Nevznikal tedy další materiál (byť sorpční), který by obsahoval vyšší množství závadných látek a v technologii čištění vyžadoval průběžné



odstraňování jako nebezpečný odpad, případně remediaci ex situ / on situ.

- B. Systém bioredukce s dočištěním v přírodním mokřadu  
Anaerobní mokřad sorboval většinu organických polutantů včetně HCH, nejvíce v porovnání s ostatními systémy. Biodegradováno však bylo jen 31% HCH. V substrátu, který tvořil část systému, tak docházelo k akumulaci HCH.
- C. Systém propustné reakční bariéry (PRB)  
Byla prokázána schopnost systému odstraňovat chemickou reduktivní dechlorací HCH, CIB a CIU. Účinnost systému dosahovala 77 – 98 % v závislosti na rychlostech průtoku vody bariérou a typu kontaminantu.
- D. Sorpční remediační systém (biosorpce)  
Systém byl nejvíce biologicky oživený a byl nejefektivnější z hlediska odstraněného množství polutantů. Kontaminanty HCH a CIU byly v systému odstraněny téměř beze zbytku, k čemuž dle výsledků biologických analýz docházelo pravděpodobně biodegradací. U CIU se mohlo uplatnit i částečné odtěkání.

### **Podmínkami uvedenými v kapitole 6.2.1 je omezeno použití aktivní technologie – čističky odpadních vod.**

Ostatní výše uvedené varianty pasivních systémů čištění vod představují potenciální řešení pro odstranění sledovaných kontaminantů přímo na lokalitě. Vhodné řešení pro posuzovanou lokalitu vyplynulo z výsledků testů uvedených v kapitole 6.2.2. Vyhodnocení optimální varianty (bodové hodnocení) bylo zařazeno do Přílohy 5. Jako nejvhodnější řešení byla po zhodnocení všech aspektů vyhodnocena Varianta E – kombinovaný remediační systém. Kombinovaný pasivní remediační systém byl popsán v kapitole 8.

Pasivní remediační systém lze umístit na pozemcích mezi areálem Spolany a obcí Libiš – viz Obrázek 13. V případě využití pozemků označených čísly 1 – 5 (části bez lesního porostu) budou technologie umístěny v ochranném pásmu elektrického nadzemního vedení 110 kV, případně na hranici ochranného pásma.

Dále je možné využít pozemky označené čísly 6 – 9 při východním okraji obce.

Všechny uvedené pozemky spadají do záplavového území. Na pozemky označené 1 – 3 a 6 – 9 zasahuje záplavové území stanovené již pro Q5. Pozemky označené 4 a 5 leží z větší části v záplavovém území pro Q20 a zcela v záplavovém území pro Q100.

## **7. BILANCE OBJEMŮ A PLOCH K REALIZACI NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ**

Pasivní systém čištění vod bude dimenzován na následující průtoky:

- Průměrný průtok ...  $Q_{\text{prům}} = 6 \text{ l/s}$   
...  $Q_{\text{prům}} = 518,4 \text{ m}^3/\text{den}$
- Maximální (nárazový) průtok ...  $Q_{\text{max}} = 30 \text{ l/s}$
- Roční množství ...  $190\,000 \text{ m}^3/\text{rok}$ .

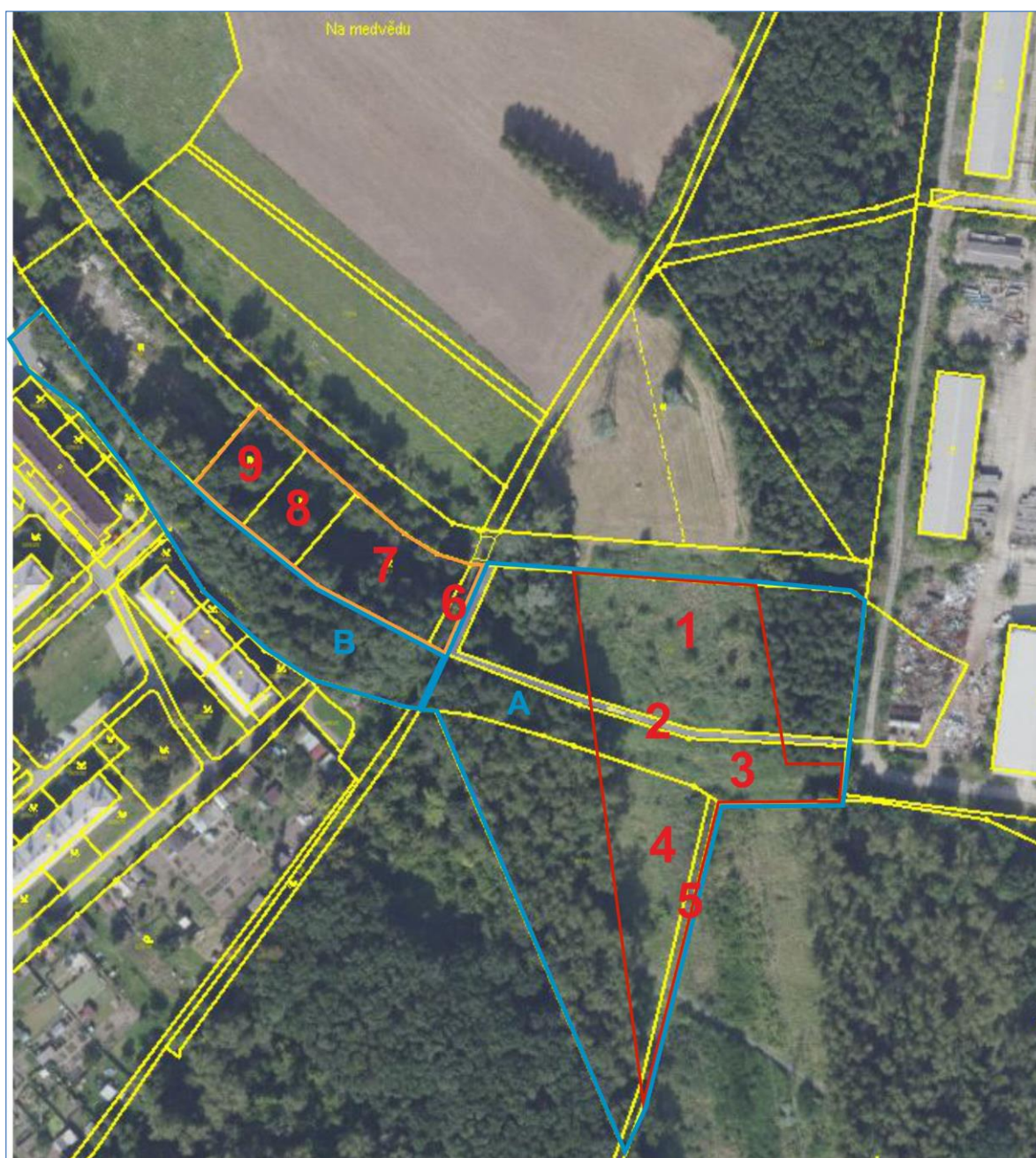
Pozemky ve vlastnictví obce Libiš, které jsou využitelné pro umístění technologie pasivního systému čištění

vod, jsou znázorněny na Obrázku 12. Část pozemku označeného č. 3 a vymezeného modrou čarou s písmenem B byla z bilance ploch vyloučena. Tato část pozemku přímo sousedí s obydlenou částí obce Libiš. Technologie čištění nebude na pozemku umístěna.

Bilance ploch pozemků:

- Pozemky označené č. 1 – 5 a ohraničené modrou čarou (vymezená část A) ... 15 595 m<sup>2</sup>
- Z toho pozemky vymezené červenou čarou (plocha bez lesního porostu) ... 6 800 m<sup>2</sup>
- Pozemky označené č. 6 – 9 a ohraničené oranžovou čarou ... 3 168 m<sup>2</sup>.

Obrázek 13: Pozemky ve vlastnictví obce Libiš využitelné pro umístění technologie čištění vod



## 8. POPIS A VYHODNOCENÍ VYBRANÉ TECHNOLOGIE

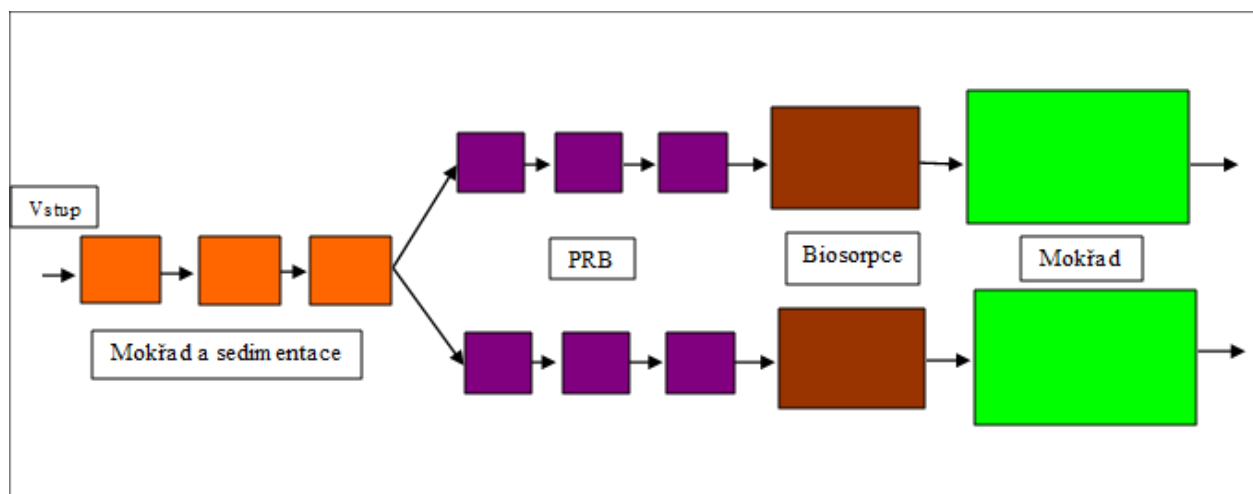
### 8.1. Popis procesu čištění vod kombinovanou technologií

K řešení odstranění kontaminovaných vod přitékajících do Libišské svodnice je **vzhledem ke specifickému složení směsi kontaminujících látek navržen kombinovaný remediační systém (E)**, který sestává z variant A, C a D. Vhodnost kombinace posuzovaných variant vyplynula také z hodnocení účinnosti odstraňování kontaminantů jednotlivými systémy (viz kapitola 10). Kombinovaná jednotka bude tvořena níže uvedenými částmi, propojenými v procesu čištění vod v sérii:

1. Aerobní mokřadní systém (A) včetně sedimentace
2. Remediační systém typu PRB (C)
3. Sorpční remediační systém - biosorpce (D)
4. Dočišťovací aerobní mokřadní systém (A).

Schematicky byl kombinovaný systém zobrazen na Obrázku 14.

Obrázek 14: Schéma zapojení kombinovaného remediačního systému (E)



Znečištěná voda bude na začátku procházet mokřadní sedimentační nádrží. Nádrž bude ode dna částečně vyplněna kvalitní zeminou jako růstovým médiem pro mokřadní rostliny (výška cca 40 cm). Aby nedocházelo k odumírání mokřadních rostlin v důsledku velké hloubky vody v mokřadu, bude hladina vody nad povrchem limitována na max. 20 cm. V nádrži bude vysazeno mokřadní společenství typické pro danou lokalitu.

Nátok do nádrže bude opatřen přepadem v podobě perforovaného žlabu. Tento způsob nátoky vody bude zajišťovat její intenzivní provzdušnění. Z rovnoměrného proudu vody podélně protékané nádrže pak budou sedimentovat vysrážené částice oxohydroxidů železa (manganu), které se budou usazovat na dně nádrže.

Odsazená voda bude po průchodu sedimentační nádrží vedena do nádrže typu PRB (permeabilní reaktivní bariéra). PRB kompartmenty tvoří nádrž / nádrže naplněné třískovým železem. Voda bude protékat v podélném směru. Přítok vody do nádrží je zaveden pod povrch vrstvy železných špon, zatímco

voda odtékající z nádrží je jímána u dna perforovanou (drenážní) trubkou umístěnou ve středové podélné ose nádrže. Nádrže budou hydraulicky konstruovány tak, aby lože železných špon bylo neustále zaplaveno upravovanou vodou. Nádrže budou opatřeny víkem, které zamezuje přístupu vzdušného kyslíku.

Ze zóny PRB nádrží bude voda přivedena do sorpčně bioredukční nádrže. Izolovaná nádrž bude vyplněna reakčním médiem, které bude tvořeno směsí borky, rašeliny, obilného šrotu a kukuřičné siláže. Protékající voda bude vystavena anaerobnímu prostředí, ve kterém bude docházet v simultánně probíhajících sorpčně bioredukčních biochemických procesech k anaerobní dehalogenaci HCH.

Po průchodu sorpčně-bioredukční nádrží bude voda vedena na dočišťovací jednotku v podobě aerobního mokřadu. Tento stupeň slouží k finálnímu odstranění organických látek, suspendovaných látek a produktů rozkladu HCH, především chlorbenzenů.

Aerobní mokřad bude ode dna částečně vyplněn kvalitní zeminou jako růstovým médiem pro mokřadní rostliny (výška cca 40 cm). Aby nedocházelo k odumírání mokřadních rostlin v důsledku velké hloubky vody v mokřadu, bude hladina vody nad povrchem limitována na max. 20 cm. Co se týče výběru mokřadních rostlin, bude vysazeno mokřadní společenství typické pro danou lokalitu. V počtu 3-4 rostliny/m<sup>2</sup> budou do zeminy mokřadu zasazeny především rákos, orobínek a sítina.

## 8.2. Popis jednotlivých modulů (metod) kombinované technologie

### 8.2.1. (1) Aerobní mokřadní systém včetně sedimentačních nádrží

#### 8.2.1.1. Princip metody čištění vod pomocí aerobního mokřadního systému

Za aerobních podmínek mohou být relativně snadno mineralizovány některé chlorované i nechlorované uhlovodíky včetně aromatických chlorbenzenů i látek typu BTEX. Aerobní cestou probíhá také bioremediace  $\alpha$ -,  $\beta$ -(v omezené míře),  $\gamma$ -, a  $\delta$ -HCH, přičemž rychlost rozkladu HCH je nižší než v anaerobních podmínkách. Existuje více možných degradačních cest pro aerobní rozklad HCH (dle kmenů bakterií), jsou známy enzymy podílející se na aerobním rozkladu těchto látek. Aerobní cesta rozkladu je spojena s produkcí chlorfenolů – HCH jsou převáděny postupně na pentachlorocyclohexan (PCCH), 2,5-dichlorobenzochinon, chlorhydrochinon, chlorofenol a fenol, a také na deriváty kyseliny benzoové. Fenol je následně mineralizován na oxid uhličitý a vodu.

#### 8.2.1.2. Technologický postup

Aerobní mokřadní systém bude tvořen podélně protékanou mělkou nádrží. Stěny a dno nádrže budou zajištěny proti případnému průsaku protékající vody plošným utěsněním pomocí nepropustné fólie.

Přírodní mokřad bude ode dna vyplněn směsí růstového média tvořeného místní jílovitou zeminou a pískem. Úkolem vysazených mokřadních rostlin je zajištění rovnoměrné distribuce proudu vody mokřadem, vytváření dalšího užitého povrchu pro adsorpci kontaminantů a případně kovů na jejich kořenovém systému, stvolech a lodyhách.

Součástí mokřadu budou sedimentační nádrže.

Přírodní mokřadní systém je schematicky znázorněn na Obrázku 15.

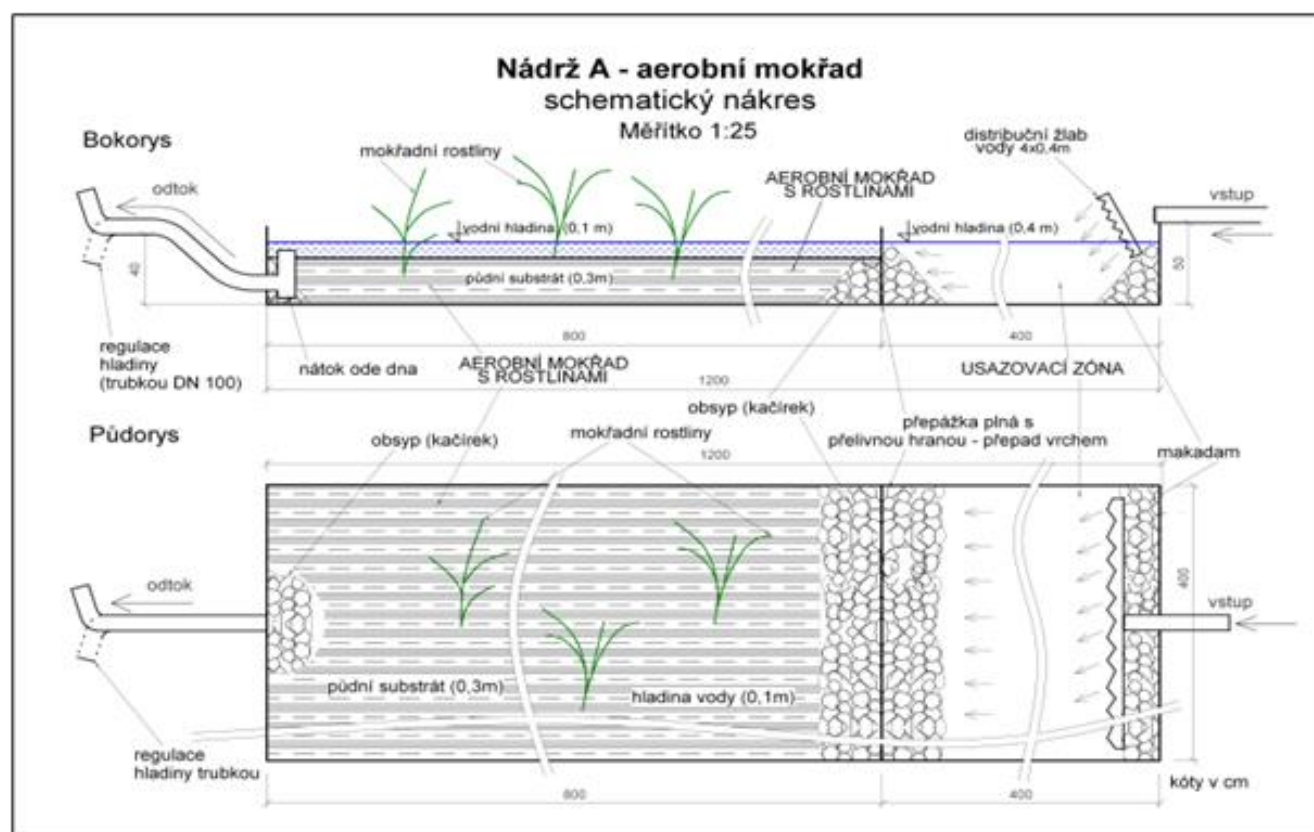


### 8.2.1.3. Proveditelnost

Jedná se technicky o velmi snadno realizovatelnou metodu dekontaminace vod, která simuluje procesy v přírodních mokřadech.

- Hlavním nedostatkem je velký zábor potřebné plochy a rozdílná účinnost čištění pro jednotlivé izomery chlorovaných uhlovodíků.
- Technologii, funkčně založenou na biodegradaci v aerobních podmínkách, lze pokládat za bezodpadovou metodu.
- Železitý kal, jehož vznik nelze vyloučit v rámci precipitace železa a manganu z vody v aerobních podmínkách, může sorbovat určité malé množství kontaminantů. V takovém případě bude vznikat nebezpečný odpad, který musí být likvidován v souladu s platnou legislativou.

Obrázek 15: Schéma aerobního mokřadního systému



## 8.2.2. (2) Remediační systém typu PRB – propustná reakční bariéra

### 8.2.2.1. Princip metody čištění vod systémem typu PRB

Polutanty HCH, CIB a CIU jsou schopné podstoupit chemickou redukci, kdy je působící činidlo schopno snížit oxidační stav molekul uvedených polutantů a tím způsobit jejich destrukci na jednodušší produkty. Jednou z takových redukcí je elementární (nulmocné) železo. Přitom vznikají obdobné produkty jako při anaerobní biodegradaci, tj. chlorbenzeny, které pak mohou být dále reduktivně rozkládány až na benzen. Ten je pak možno odstranit aerobní biodegradací.

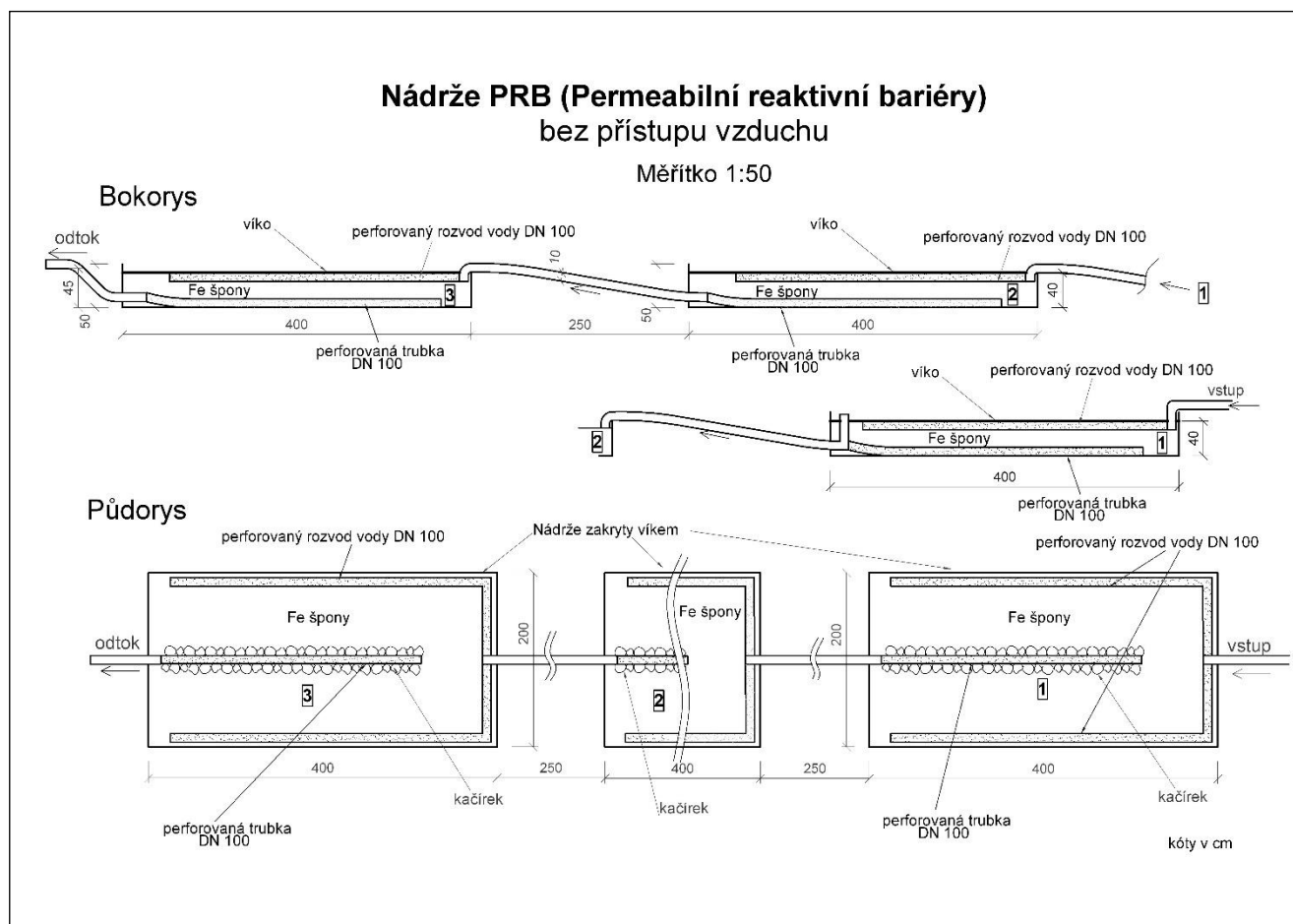
### 8.2.2.2. Technologický postup

Propustnou reakční bariéru bude tvořit mělká nádrž naplněna třískovým železem (železo v oxidačním stavu 0). Odpadní voda protéká nádrží v podélném směru. Přítok vody do nádrže bude zaveden pod povrch vrstvy železných špon, zatímco voda odtékající z nádrže bude jímána u dna perforovanou (drenážní) trubkou umístěnou ve středové podélné ose nádrže. Nádrže budou hydraulicky navrženy tak, aby lože železných špon bylo neustále zaplaveno upravovanou vodou. Nádrže budou opatřeny víkem, které zamezovalo přístupu vzdušného kyslíku.

Za nádrží tvořící propustnou reakční bariéru následuje sedimentační nádrž. Stěny a dno nádrže budou zajištěny proti případnému průsaku protékající vody plošným utěsněním pomocí hydroizolační fólie. Tato nádrž nebude obsahovat žádnou substrátovou náplň a její hlavní funkcí bude souběžná sedimentace a depozice oxidovaných precipitátů kovů (železa a manganu ve vodě).

Remediační systém typu PRB je schematicky znázorněn na Obrázku 16.

Obrázek 16: Schéma systému PRB



### 8.2.2.3. Proveditelnost

Technicky nekomplikovaná metoda řešení dekontaminace vod obsahujících izomery HCH, CIB a CIU.

- Nevýhodou metody je navození pouze redukčních podmínek, ve kterých dochází k odstraňování

specifických kontaminantů s různou účinností.

- Dále je nutné zajištění dostatečného množství železných špon s odzkoušenými redukčními vlastnostmi.
- V horizontu cca 10 – 15 let lze předpokládat degradaci železa a vznik železitého kalu, který bude likvidován obdobně jako kal z usazovacích zón aerobního mokřadu (viz předchozí kapitola).

### 8.2.3. (3) Sorpční remediační systém - biosorpce

#### 8.2.3.1. Princip metody čištění vod biosorpce

V systému dochází k degradaci kontaminantů v anaerobních podmínkách. V anaerobním prostředí probíhá hlavní biologický rozklad HCH a CIU.

Rozklad HCH provádějí například bakterie *Clostridium rectum*, *Clostridium sphenoides*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium pasteurianum* nebo *Citrobacter freundii*. Produkty těchto rozpadů jsou chlorbenzeny a benzen. Skupinově jsou anaerobní dechlorace schopny mikroorganismy se sulfáty redukcí metabolickými drahami a mikroorganismy s dehalo-respiračními metabolickými drahami. Anaerobní degradace  $\alpha$ -,  $\beta$ -, a  $\delta$ -HCH probíhá dichloreeliminací a následně dehydrochlorací za produkce chlorbenzenu (v prvním kroku na pentachlorcyklohexan, následuje 1,2 – a 1,3-dichlorbenzen a nakonec chlorbenzen). Pro  $\alpha$ - a  $\gamma$ -izomery byly také pozorovány meziprodukty tetrachlorcyklohexan a trichlorbenzen. V anaerobním prostředí tedy dochází k degradaci HCH přes chlorbenzeny a benzen na metan, oxid uhličitý a minerální chlor.

V případě chlorovaných ethylenů je hlavním mechanismem biodegradačního procesu CIU tzv. dehalorespirace. Řada anaerobních mikroorganismů je schopna využívat chlorované uhlovodíky jako akceptor elektronu při metabolických procesech a transformovat tyto polutanty až na netoxické látky. Zejména se jedná o bakterie náležející do rodů *Desulfomonile*, *Clostridium*, *Desulfitobacterium*. Procesem biologické reduktivní dechlorace dochází v reaktivních zónách (biofilmy, agregáty mikroorganismů apod.) k rozpadu chlorovaných ethylenů (CIU) až na ethen dle následující rozpadové řady:

PERCHLORETHYLEN (PCE) $C_2Cl_4$	⇒	TRICHOLORETHYLEN (TCE) $C_2HCl_3$	⇒	cis-DICHOLORETHYLEN (cis-DCE) $C_2H_2Cl_2$	⇒	VINYLOCHLORID (VC) $C_2H_3Cl$	⇒	ETHEN $C_2H_4$	
OXIDOVANÁ FORMA UHLÍKU ( $C^{2+}$ )				→ → → → → → → →					REDUKOVANÁ FORMA UHLÍKU ( $C^2-$ )

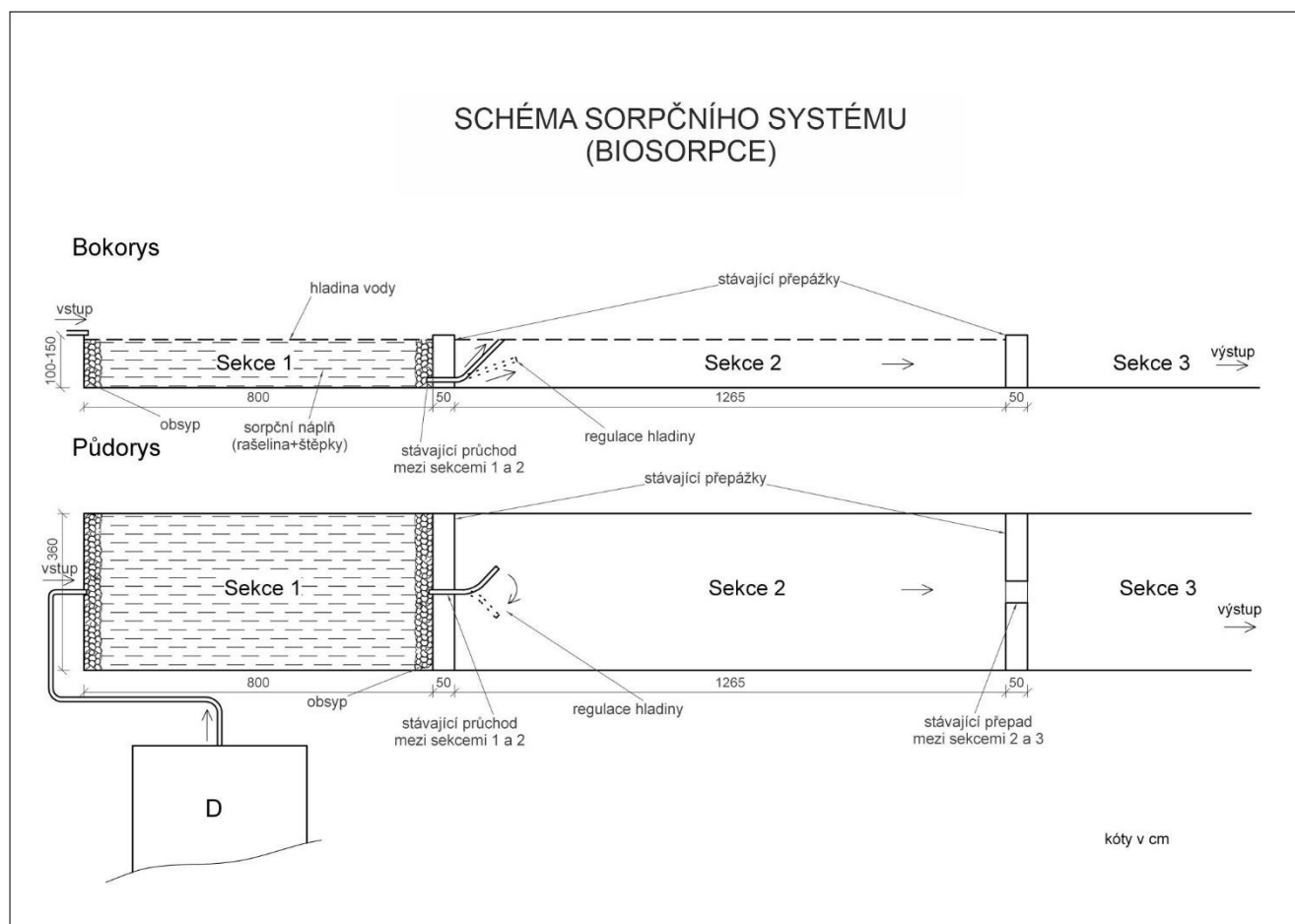
#### 8.2.3.2. Technologický postup

Před vlastním tělesem filtru bude zařazen stupeň odželezňování (separace těžkých kovů – železa a manganu), aby nedocházelo k zanášení filtru. K tomuto účelu posloužila podobně jako u varianty PRB sedimentační nádrž. Voda zbavená vysrážených nerozpustných látek po průtoku sedimentační nádrží dále protéká prostorem se sorpční náplní.

Pro zlepšení filtračních parametrů sorpčního materiálu lze rašelinu smíchat s dřevěnou štěpkou v poměru 1:1.

Systém biosorpce je schematicky znázorněn na Obrázku 17.

Obrázek 17: Schéma systému biosorpce



### 8.2.3.3. Proveditelnost

Jedná se opět o technicky snadno realizovatelnou metodu dekontaminace vod, která spočívá ve vyhloubení mělkých nádrží a jejich naplnění vybraným vhodným organickým sorpčním materiálem. V sorpčním materiálu budou po zapracování navozeny anaerobní podmínky.

- Nedostatkem metody je, stejně jako v případě ostatních základních variant, rozdílná účinnost čištění pro jednotlivé izomery chlorovaných uhlovodíků.
- Metoda je založena převážně na biologickém odbourávání kontaminantů. Lze tedy očekávat, že odpady nebudou vznikat a samotnou náplň systému se sorbovaným podílem bude možno regenerovat samočisticími procesy.

### 8.2.4. (4) Dočišťovací aerobní mokřadní systém

Aerobní mokřadní systém bude tvořen podélně protékanou mělkou nádrží. Stěny a dno nádrže budou zajištěny proti případnému průsaku protékající vody plošným utěsněním pomocí nepropustné fólie.

Aerobní mokřad bude ode dna částečně vyplněn kvalitní zeminou jako růstovým médiem pro mokřadní rostliny (výška cca 40 cm). Aby nedocházelo k odumírání mokřadních rostlin v důsledku velké hloubky vody v mokřadu, bude hladina vody nad povrchem limitována na max. 20 cm. Co se týče výběru



mokřadních rostlin, bude vysazeno mokřadní společenství typické pro danou lokalitu. V počtu 3-4 rostliny/m<sup>2</sup> budou do zeminy mokřadu zasazeny především rákos, orobínek a sítina.

Základní podmínky provozu technologie jsou shodné s popisem uvedeným v kapitole 8.2.1.

Příklady aerobních mokřadních systémů jsou uvedeny na Obrázcích 18 a 19.

Obrázek 18: Příklad aerobního mokřadního systému - 1



Obrázek 19: Příklad aerobního mokřadního systému - 2



### 8.3. Specifikace základních prvků kombinované technologie

Kombinovaný systém čištění vod bude v provozním měřítku tvořen níže uvedenými moduly, propojenými v lince čištění odpadních vod v sérii za sebou:

**1. Aerobní mokřadní systém a sedimentační nádrže:**Parametry aerobního mokřadního systému:

Počet nádrží: 1

Specifikace: mělká zemní nádrž

Celková plocha aerobního mokřadu: 2600 m<sup>2</sup>

Celkový objem aerobního mokřadu: 1600 m<sup>3</sup>

Parametry sedimentačních nádrží:

Počet: 3

Propojení: sérii

Celková plocha sedimentace: 360 m<sup>2</sup>

Celkový objem sedimentačních nádrží: 270 m<sup>3</sup>

**2. Nádrže PRB (železné špony):**Parametry nádrží PRB:

Počet: 6

Propojení: 3 a 3 v sérii

Celková plocha PRB nádrží: 540 m<sup>2</sup>

Celkový objem PRB nádrží: 360 m<sup>3</sup>

**3. Sorpční nádrže - biosorpce:**Parametry sorpčně-bioredukčních nádrží:

Počet: 2

Propojení: paralelně

Celková plocha sorpčně-bioredukčních nádrží: 640 m<sup>2</sup>

Celkový objem sorpčně-bioredukčních nádrží: 480 m<sup>3</sup>

**4. Dočišťovací aerobní mokřadní systém:**Parametry aerobního mokřadního systému:

Počet nádrží: 1 (případně rozděleno na 2 paralelní)

Propojení: mělká zemní nádrž

Celková plocha aerobního mokřadu: 2600 m<sup>2</sup>

Celkový objem aerobního mokřadu: 1600 m<sup>3</sup>

Celková plocha kombinovaného systému: 9 980 m<sup>2</sup>.

Celkový objem systému: 4 310 m<sup>3</sup>.

## 9. ODHAD NÁKLADŮ VŠECH POSUZOVANÝCH VARIANT

Odhad nákladů na realizaci provoz jednotlivých posuzovaných variant je uveden v následujících Tabulkách 9-14.

Tabulka 9: Odhad nákladů pro variantu A: Aerobní mokřadní systém

Položka	Kč. (bez DPH)
Náklady na realizaci (včetně projektu)	13 150 620,00
Provozní náklady (1 rok)	35 280,00
Monitoring, inženýrská činnost	44 100,00
<b>Celkem</b>	<b>13 230 000,00</b>
<b>rezerva (10%)</b>	<b>1 323 000,00</b>
<b>Celkem s rezervou</b>	<b>14 553 000,00</b>

Tabulka 10: Odhad nákladů pro variantu B: Anaerobní biodegradační systém

Položka	Kč. (bez DPH)
Náklady na realizaci (včetně projektu)	14 694 120,00
Provozní náklady (1 rok)	105 840,00
Monitoring, inženýrská činnost	44 100,00
<b>Celkem</b>	<b>14 844 060,00</b>
<b>rezerva (10%)</b>	<b>1 484 406,00</b>
<b>Celkem s rezervou</b>	<b>16 328 466,00</b>

Tabulka 11: Odhad nákladů pro variantu C: Remediační systém typu PRB

Položka	Kč. (bez DPH)
Náklady na realizaci (včetně projektu)	49 033 320,00
Provozní náklady (1 rok)	35 280,00
Monitoring, inženýrská činnost	44 100,00
<b>Celkem</b>	<b>49 112 700,00</b>
<b>rezerva (10%)</b>	<b>4 911 270,00</b>
<b>Celkem s rezervou</b>	<b>54 023 970,00</b>

Tabulka 12: Odhad nákladů pro variantu D: Sorpční remediační systém

Položka	Kč. (bez DPH)
Náklady na realizaci (včetně projektu)	16 781 520,00
Provozní náklady (1 rok)	35 280,00
Monitoring, inženýrská činnost	44 100,00
<b>Celkem</b>	<b>16 860 900,00</b>
<b>rezerva (10%)</b>	<b>1 686 090,00</b>
<b>Celkem s rezervou</b>	<b>18 546 990,00</b>

Tabulka 13: Odhad nákladů pro variantu E: Kombinovaný remediační systém

Položka	Kč. (bez DPH)
Náklady na realizaci (včetně projektu)	24 616 620,00
Provozní náklady (1 rok)	94 080,00
Monitoring, inženýrská činnost	44 100,00
<b>Celkem</b>	<b>24 754 800,00</b>
<b>rezerva (10%)</b>	<b>2 475 480,00</b>
<b>Celkem s rezervou</b>	<b>27 230 280,00</b>

Tabulka 14: Odhad nákladů pro variantu F: Čistička odpadních vod

Položka	Kč. (bez DPH)
Náklady na realizaci (včetně projektu)	21 800 000,00
Provozní náklady (1 rok)	15 200 000,00
190 000 m <sup>3</sup> x 80,- Kč/m <sup>3</sup>	
Monitoring, inženýrská činnost	500 000,00
<b>Celkem</b>	<b>37 500 000,00</b>
<b>rezerva (10%)</b>	<b>3 750 000,00</b>
<b>Celkem s rezervou</b>	<b>41 250 000,00</b>



## 10. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Jako potenciálně vhodné a dostatečně účinné byly vyhodnoceny a detailně byly posouzeny varianty:

- Varianta A: Aerobní mokřadní systém
- Varianta B: Anaerobní biodegradační systém – bioredukce v přírodním mokřadu
- Varianta C: Systém chemické redukce – propustná reakční bariéra (PRB)
- Varianta D: Sorpční remediační systém – biosorpce
- Varianta E: Kombinovaný remediační systém
- Varianta F: Čistička odpadních vod

Nejvhodnějším řešením, po vyhodnocení všech aspektů (proveditelnost, účinnost, rizika, ekonomické aspekty), byla zvolena Varianta E – kombinovaný remediační systém. Varianta E zároveň vyhovuje vstupním požadavkům:

- Technologie nevyžaduje neustálou obsluhu. Jedná se o pasivní remediační systém. (Není však zcela bezúdržbový.)
- Technologie nevyužívá drahých technologických prvků a přístrojového vybavení, a to s ohledem na odlehlost lokality.

Kombinovaný remediační systém (E) byl koncipován jako kombinace segmentů ze systémů A, C a D. Kombinovaný systém E zohledňuje jako celek výhody pilotně a provozně odzkoušených technologií a zároveň z hlediska efektivity odstraňování polutantů potlačuje nedostatky jednotlivých metod. Na rozdíl od samostatně fungujících technologií A, C a D je výhodou kombinovaného remediačního systému komplexní a vysoká účinnost eliminace všech sledovaných prioritních polutantů.

Za prioritní polutanty byly označeny následující látky:

- chlorované alifatické uhlovodíky (označeny CIU i CIA), s majoritním podílem dichlorethanu (1,2-DCA)
- hexachlorcyklohexan (HCH)
- chlorbenzen (CIB).

Nárazově byly zjištěny zvýšené koncentrace látek monocyklických aromatických uhlovodíků (BTEX) a organochlorových pesticidů DDX (DDD+DDE+DDT).

V závislosti na nastavení technologických parametrů a použití vhodných (testovaných) substrátů budou v navržených částech systému převažovat následující biochemické mechanismy:

1. Aerobní mokřadní systém: oxidativní rozklad CIB, srážení železa a manganu.
2. Chemická redukce - systém typu PRB: reduktivní dehalogenace izomerů HCH, CIB a CIU.
3. Sorpční biodegradační stupeň - biosorpce: simultánně probíhající sorpce a anaerobní biodegradace, primárně zaměřená na izomery HCH a CIU.

Studie možného umístění jednotlivých prvků výsledné kombinované remediační technologie byla zařazena do Přílohy 6.

Kombinovaná remediační jednotka čištění vod bude dimenzována tak, aby dosahovaná účinnost odstraňování obsažených kontaminantů byla min. 85%. Detailní design by měl být proveden na základě zkušebního pilotního provozu technologie. Cílem zkušebního provozu (2 roky) je optimalizovat systém tak, aby koncentrace prioritních kontaminantů v upravené vodě splňovaly požadavky Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. – Příloha 3, Tabulka 1b. Zároveň budou v rámci 2 letého zkušebního provozu identifikovány stavy (anomálie) v kvalitě vody na nátok do Libišské svodnice, které představují abnormální zátěž pro instalovaný remediační systém.

Nápravné opatření je vhodné realizovat v jednotlivých na sebe navazujících krocích (etapách) pro případ vzniku neočekávaných stavů či jevů. Změny v realizaci jedné části nápravného opatření mohou vyvolat potřebu změny v jiných souvisejících oblastech:

Jako optimální lze doporučit následující postup:

- Realizaci rozdělit na 3 etapy:
  - a. Terénní pilotní test (definování rozsahu testu)
  - b. Zkušební provoz technologie
  - c. Plný provoz technologie.
- Zpracování a projednání dokumentace pro územní řízení (DUR).
- Zpracování projektové dokumentace pro stavební řízení na pilotní provoz technologie.
- Realizace terénního pilotního testu (1-2 roky).
- Zpracování projektové dokumentace a stavební řízení pro realizaci plnoprovozního systému.
- Stavba a instalace technologie.
- Zkušební provoz a optimalizace technologie, včetně ověřovacího monitoringu (2 roky).
- Zpracování provozní dokumentace a zahájení plného provozu technologie, včetně provozního (kontrolního) monitoringu.

V Liberci dne 19. 1. 2024

## 11. POUŽITÁ LITERATURA A DOKUMENTACE

- [1] Jezerský Z. (2021): SPOLANA s.r.o., Dlouhodobý monitoring podzemní a povrchové vody, Výsledky monitoringu ve III Q 2021. Zpráva pro 54 kontrolní den. AQUATEST a.s., Praha.
- [2] Polách L., Kvapil P. (2015): Technicko-ekonomická studie sanace odvalu lomu Hájek, II. a III. etapa. AQUATEST a.s., Praha.
- [3] Šťastný J. a kol (2011): Aktualizovaná analýza rizik kontaminace podzemních vod celého areálu SPOLANA a.s. CZ BIJO a.s., Praha.
- [4] Šťastný J. (2018): SPOLANA a.s. Účelová aktualizace analýzy rizik pro areál společnosti SPOLANA a.s. Neratovice - 2018. CZ BIJO a.s., Praha.

### Další podklady:

- [5] Demek J. (2006): Zeměpisný lexikon ČSR – Hory a nížiny, Academia Praha.
- [6] Krásný J. et al. (2011): Podzemní vody České republiky, Academia.
- [7] Krásný J. (1986): Klasifikace transmisivity a její použití. – Geol. Průzk.
- [8] Mísař Z. a kol. (1983): Geologie ČSSR I – Český masiv, SPN Praha.
- [9] Šrámek O., Datel J., Mls J. (2000): Kontaminační hydrogeologie. Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. Praha.
- [10] Vlček V. a kol. (1984): Zeměpisný lexikon ČSR – Vodní toky a nádrže, Academia Praha.
- [11] Laube P. (2022): Územní plán obce Libiš.
- [12] Podklady poskytnuté Obecním úřadem Libiš.

### Metodické pokyny:

Metodický pokyn MŽP pro průzkum kontaminovaného území, (2005), Věstník MŽP, č. 9, září 2005.

Metodický pokyn MŽP - Vzorkování v sanační geologii, (2007), Věstník MŽP, č. 2, Příloha 2, únor 2007.

Metodický pokyn MŽP – Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit, červen 2007.

### Podklady z internetu:

Hydrogeologický informační systém VÚV T. G. M.	<a href="http://heis.vuv.cz/">http://heis.vuv.cz/</a>
Portál veřejné správy INSPIRE	<a href="http://geoportal.gov.cz/">http://geoportal.gov.cz/</a>
Česká Geologická Služba – Geofond	<a href="http://www.geology.cz/">http://www.geology.cz/</a>
Český hydrometeorologický ústav	<a href="http://www.chmu.cz">http://www.chmu.cz</a>
Mapový server	<a href="http://www.mapy.cz">http://www.mapy.cz</a>
Katastr nemovitostí	<a href="http://nahlizenidokn.cuzk.cz">http://nahlizenidokn.cuzk.cz</a>
SEKM 3 (Systém evidence kontaminovaných míst)	<a href="https://www.sekm.cz/">https://www.sekm.cz/</a>