

**IDENTIFIKAČNÍ LIST PROJEKTU:**

**Název projektu:** Rtuť na přítoku do VD Skalka

**Typ projektu:** Studie proveditelnosti

**Umístění projektu:** VD Skalka

**Obec s rozšířenou působností:** **Cheb**

**Statistická jednotka NUTS:** NUTS 2 – Severozápad  
NUTS 3 – Kraj Karlovarský

**Objednatel:** Povodí Ohře, státní podnik

**Zhotovitel:** AQUATEST, a.s.

**Autorský kolektiv:** Ing. František Titl (odpovědný řešitel)  
Ing. Jakub Doucha (zpracování dílčích kapitol)  
Mgr. Barbora Topinková (zpracování dílčích kapitol)  
Bc. Antonín Orgoň (zpracování GIS)

**OBSAH:**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. ÚVOD.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY.....</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE O ÚZEMÍ.....   | 8         |
| 2.1.1 Geografické vymezení lokality .....  | 8         |
| 2.1.2 Popis VD Skalka .....  | 9         |
| 2.1.3 Majetkoprávní poměry .....   | 11        |
| 2.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY.....   | 12        |
| 2.2.1 Hydrologické údaje.....  | 12        |
| 2.2.2 Geomorfologie území .....  | 13        |
| 2.2.3 Klimatické podmínky.....   | 14        |
| 2.2.4 Dotčená chráněná území.....  | 15        |
| 2.3 PRIMÁRNÍ A SEKUNDÁRNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ .....  | 16        |
| 2.4 DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST A NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ .....  | 18        |
| 2.4.1 Monitoring kvality vody .....  | 18        |
| 2.4.2 Sledování rtuti v hraničních tocích se SRN 2010.....   | 18        |
| 2.4.3 Monitoring plavitelných sedimentů.....   | 18        |
| 2.4.4 Monitoring sedimentů .....   | 19        |
| 2.5 HODNOCENÍ RIZIKA .....   | 20        |
| <b>3. AKTUÁLNĚ PROVEDENÉ PRŮZKUMNÉ PRÁCE, TESTY, ZKOUŠKY .....</b>                                       | <b>23</b> |
| 3.1 REKAPITULAČNÍ PŘEHLED PROVEDENÝCH PRACÍ.....   | 23        |
| 3.1.1 Odběr vzorků vody ve vodních tocích Ohře a Reslava, vodní nádrži Skalka a pod hrází VD Skalka .... | 23        |
| 3.1.2 Geodetické zaměření a určení mocnosti sedimentů .....  | 23        |
| 3.1.3 Odběr a rozbor vzorků sedimentu .....  | 33        |
| 3.1.4 Odběr a rozbor vzorků ryb.....   | 38        |
| 3.1.5 Vytvoření databáze.....  | 38        |
| 3.1.6 Průzkum příjezdových komunikací.....   | 38        |
| 3.2 VÝSLEDKY PRACÍ A VYPLÝVAJÍCÍ ZÁVĚRY .....  | 39        |
| 3.2.1 Určení objemu a kontaminace sedimentů .....  | 39        |
| 3.2.2 Výsledky odběrů a rozborů vzorků pro účely zatřídění podle zákona o odpadech .....                 | 40        |
| 3.2.3 Výsledky rozboru ryb .....   | 40        |
| 3.2.4 Hodnocení archivních rozborů .....   | 41        |
| 3.2.5 Příjezdové komunikace .....  | 41        |
| <b>4. CÍLE A CÍLOVÉ PARAMETRY NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....</b>   | <b>42</b> |
| 4.1 CÍLE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ .....   | 42        |
| 4.2 PRÁVNÍ RÁMEC ODSTRANĚNÍ SEDIMENTŮ.....   | 43        |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| <b>5.</b>  | <b>MOŽNOSTI SANACÍ A ULOŽENÍ SEDIMENTU .....</b>            | <b>45</b> |
| 5.1        | MOŽNOSTI DEKONTAMINACE SEDIMENTU .....                      | 45        |
| 5.2        | MOŽNOSTI TĚŽBY SEDIMENTU .....                              | 46        |
| 5.3        | MOŽNOSTI ULOŽENÍ SEDIMENTU .....                            | 47        |
| 5.4        | ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI .....                                 | 47        |
| <b>6.</b>  | <b>ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ.....</b>    | <b>47</b> |
| <b>7.</b>  | <b>BILANCE OBJEMU K REALIZACI NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ .....</b> | <b>49</b> |
| <b>8.</b>  | <b>TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....</b>                                | <b>49</b> |
| 8.1        | DEFINOVÁNÍ VARIANT .....                                    | 49        |
| 8.1.1      | <i>Varianta 1 – odtěžení horní části nádrže .....</i>       | <i>49</i> |
| 8.1.2      | <i>Varianta 2 - odtěžení celé nádrže .....</i>              | <i>50</i> |
| 8.2        | DOPLŇKOVÁ OPATŘENÍ PROTI VYPLAVOVÁNÍ SEDIMENTU .....        | 50        |
| <b>9.</b>  | <b>HODNOCENÍ VARIANT .....</b>                              | <b>50</b> |
| <b>10.</b> | <b>SHRnutí, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ .....</b>                   | <b>53</b> |
| 10.1       | SHRnutí STÁVAJÍCÍHO STAVU.....                              | 53        |
| 10.2       | SPOLUPRÁCE S BAVORSKOU STRANOU.....                         | 54        |
| 10.3       | OSTATNÍ ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ .....                           | 54        |
| <b>11.</b> | <b>CITOVANÉ A POUŽITÉ INFORMAČNÍ PRAMENY .....</b>          | <b>55</b> |

**SEZNAM OBRÁZKŮ V TEXTU:**

|               |   |    |
|---------------|---|----|
| Obrázek č.1:  | Vzorový příčný řez hrází a objekty (zdroj. <a href="http://www.poh.cz">www.poh.cz</a> ).....                | 11 |
| Obrázek č.2:  | Majetkoprávní poměry, katastrální území v okolí VD Skalka .....   | 12 |
| Obrázek č.3:  | Geologie území (zdroj: CENIA) .....   | 13 |
| Obrázek č.4:  | Rezervace Rathsam na horním konci VD skalka.....  | 16 |
| Obrázek č.5:  | Obsah Hg v plaveninách – Reslava horní bantam.....  | 19 |
| Obrázek č.6:  | Obsah Hg v plaveninách – Ohře Skalka odtok .....  | 19 |
| Obrázek č.7:  | Rozdělení způsobu zaměření povrchu a hloubky sedimentu měření .....   | 26 |
| Obrázek č.8:  | Příprava dat pro určení mocnosti sedimentu .....  | 28 |
| Obrázek č.9:  | TIN reprezentující reliéf dna, zaměřený v roce 1951.....  | 29 |
| Obrázek č.10: | TIN reprezentující reliéf dna, zaměřený v roce 2011. ....   | 30 |
| Obrázek č.11: | Zobrazení mocnosti sedimentu po odečtení vrstev 2011 a 1951 .....   | 31 |
| Obrázek č.12: | Zobrazení mocnosti sedimentu se zohledněním kontrolních odpichů.....  | 32 |
| Obrázek č.13: | Lokalizace míst odběru vzorků sedimentů .....   | 34 |
| Obrázek č.14: | Obsahy Hg přepočtené váhovým průměrem podle mocnosti, odběrná místa a lokalizace rizikového sedimentu ..... | 35 |
| Obrázek č.15: | Oblast rizikového sedimentu .....   | 39 |
| Obrázek č.16: | Rozdělení nádrže na části a pracovní úseky.....   | 48 |

**SEZNAM TABULEK V TEXTU:**

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| Tabulka č.1:  | VD Skalka z hlediska začlenění do útvarů povrchových vod .....                                   | 9  |
| Tabulka č.2:  | Základní parametry VD Skalka (zdroj <a href="http://www.poh.cz">www.poh.cz</a> ) .....           | 10 |
| Tabulka č.3:  | Rozdělení objemů nádrže .....  | 10 |
| Tabulka č.4:  | Základní hydrologické údaje .....  | 12 |
| Tabulka č.5:  | Dlouhodobé normály klimatických hodnot za období 1961–1990 – stanice Cheb (Zdroj: ČHMÚ) .....    | 14 |
| Tabulka č.6:  | Extrémní hodnoty meteorologických prvků (Zdroj: ČHMÚ) .....                                      | 15 |
| Tabulka č.7:  | Statistické hodnocení laboratorních rozborů Hg v sedimentech .....                               | 20 |
| Tabulka č.8:  | Litologický popis sedimentu .....  | 36 |
| Tabulka č.9:  | Statistická charakteristika souboru stanovení rtuti v sedimentech .....                          | 37 |
| Tabulka č.10: | Rozdělení četnosti .....   | 37 |
| Tabulka č.11: | Množství rizikového sedimentu .....  | 39 |
| Tabulka č.12: | Požadavky na obsahy škodlivin v sedimentech podle různých právních předpisů (mg/kg sušiny) ..... | 44 |
| Tabulka č.13: | Celková bilance sedimentu .....  | 49 |
| Tabulka č.14: | Bilance rizikového sedimentu v horní části nádrže .....  | 49 |
| Tabulka č.15: | Náklady na variantu 1A .....   | 51 |
| Tabulka č.16: | Náklady na variantu 1B .....   | 51 |
| Tabulka č.17: | Náklady na variantu 2A .....   | 52 |
| Tabulka č.18: | Náklady na variantu 2B .....   | 52 |
| Tabulka č.19: | Porovnání variant, navýšení nákladů o rezervu .....  | 53 |

**SEZNAM PŘÍLOH V TEXTOVÉ ČÁSTI**

|   |              |
|---|--------------|
| P.1 Umístění projektu - Karlovarský kraj  | M 1: 200 000 |
| P.2 Situace projektu - vodohospodářská mapa   | M 1: 100 000 |
| P.3 Situace projektu – základní mapa  | M 1: 10 000  |
| D Přílohy, dokumentující průzkumné a práce, realizované v rámci studie  |              |
| D.1 Fotodokumentace příjezdových komunikací   |              |
| D.2 Závěrečná zpráva: Odlov ryb a odběr vzorků jejich tkání na chemické analýzy v nádrži Skalka u Chebu (včetně výsledků laboratorních rozborů) |              |
| D.3 Technická zpráva – zaměření mocnosti dnových sedimentů VD Skalka  |              |

**SAMOSTATNÉ PŘÍLOHY:****I. Monitoring vody:**

Protokol o zkouškách č. 7657/10  
Protokol o zkouškách č. 8122/10  
Protokol o zkouškách č. 177/11  
Protokol o zkouškách č. 619/11  
Protokol o zkouškách č. 845/11

**II. Monitoring sedimentů:**

Protokol o zkouškách č. 2145/11  
Protokol o zkouškách č. 4130/11

**III. Hodnocení odpadů:**

Protokol o odběru odpadu č. BER-70/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-71/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-72/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-73/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-74/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-75/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-76/2011  
Protokol o odběru odpadu č. BER-77/2011  
Protokol o zkouškách č. 3074/11  
Protokol o zkouškách č. 3075/11  
Protokol o zkouškách č. 3076/11  
Protokol o zkouškách č. 3077/11  
Protokol o zkouškách č. 3078/11  
Protokol o zkouškách č. 3079/11  
Protokol o zkouškách č. 3080/11  
Protokol o zkouškách č. 3081/11  
Protokol o zkouškách č. 3082/11  
Protokol o zkouškách č. 3083/11  
Protokol o zkouškách č. 3084/11

Základní popis odpadu podle vyhlášky č 294/2005 Sb.

Komentář k rozboru vzorku č. 11961-2/11 v protokole o zkoušce č. 3074/11

**IV. Monitoring živin (rozbor archivních vzorků)**

Protokol o zkouškách č. 611/11

**OBSAH CD:**

Studie – Závěrečná zpráva – česká verze (včetně příloh), německá verze

Primární podklady pro stanovení objemu rybníčního sedimentu (\*.txt, \*.dwg, \*.dgn:

- Zaměřené bodové pole
- Profily
- Vrstevnice
- Zkušební sondy

Stanovení objemu rybníčního sedimentu (\*.shp)

- TIN1951
- TIN2011
- TIN DIFFERENCE
- Lokalizace rizikového sedimentu

# 1. ÚVOD

Na základě smlouvy o dílo uzavřené mezi společností AQUATEST a.s. (zhotovitel) a společností Povodí Ohře, státní podnik (objednatel) byla vyhotovena předkládaná studie proveditelnosti. Studie je podkladem pro výběr vhodného nápravného opatření a dalších souvisejících prací k realizaci nápravného opatření řešícího způsob naložení s dnovým sedimentem se zvýšeným obsahem rtuti, který se nachází v zátopě VD Skalka. Studie zahrnuje průzkumné práce v podobě zaměření a stanovení objemu sedimentu, chemických rozboru sedimentu, vody a obsahu rtuti v rybách.

Projekt je podporován Operační programem přeshraniční spolupráce Cíl3 Česká republika – Bavorsko 2007 – 2013 z Evropského fondu pro regionální rozvoj ERDF.

Vzhledem k velkému rozsahu znečištěného prostředí a složitým časovým a prostorovým souvislostem zahrnující celé povodí VD Skalka osnova předložené studie proveditelnosti volně vychází z Metodického pokynu MŽP „Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit“ vydanou v červnu 2007.

Náplní studie proveditelnosti jsou průzkumné práce a následná identifikace, rozpracování, hodnocení a porovnání variant nápravných opatření, která jsou uvažována pro lokalitu při zajišťování požadované úrovně redukce rizik z kontaminace sedimentu. Studie je zpracována v koordinaci se souběžným projektem bavorské strany.

## **Mezi hlavní cíle studie patří:**

- Monitoring zatížení, množství a rozložení sedimentů v nádrži
- Vyhodnocení vnosu rtuti na přítoku do nádrže
- Vyhodnocení zatížení rybí populace
- Návrhy opatření a jejich vyhodnocení

# 2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

## 2.1 VŠEOBECNÉ ÚDAJE O ÚZEMÍ

### 2.1.1 GEOGRAFICKÉ VYMEZENÍ LOKALITY

Předmětem studie je zátoka VD Skalka, ve které se vyskytuje sediment se zvýšeným obsahem rtuti.

VD Skalka je vybudováno na řece Ohři, říční km 242,410; číslo hydrologického pořadí 1-13-01-012 v Karlovarském kraji u města Cheb.

Nádrž Skalka má plochu povodí 672,52 km<sup>2</sup>, přitom přibližně 608,14 km<sup>2</sup> (tj. cca 90,4 %) se nachází na území Svobodného státu Bavorsko ve Spolkové republice Německo.



Hlavní přítoky do nádrže jsou řeka Ohře (německy Eger) a řeka Reslava (německy Röslau). Řeka Ohře má po soutok s Reslavou, plochu povodí 323,8 km<sup>2</sup>, řeka Reslava po ústí cca 314 km<sup>2</sup>. Jedním z hlavních přítoků Reslavy je říčka Kössein, která protéká městem Marktredwitz, kde se nachází primární, sanovaný zdroj znečištění – továrna na výrobu rtuti a jejích sloučenin (Chemici Fabrik Marktredwitz).

Zbytek povodí je odvodňován drobnými přítoky nádrže na českém území. Povodí na české straně má rozlohu 64,38 km<sup>2</sup>. Blízké okolí nádrže představuje kulturní krajina – obce, zemědělské pozemky a lesy. V blízkém okolí nádrže se nachází zástavba obcí a rekreačních (chatových) oblastí.

Z hlediska klasifikace územní celků NUTS se VD skalka nachází v regionu Severozápad (NUTS II - CZ04), v kraji Karlovarském (NUTS III - CZ041).

Z hlediska rozdělení povrchových vod na vodní útvary se jedná o následující vodní útvary (zdroj Plán oblasti povodí Ohře a Dolního Labe).

**Tabulka č.1: VD Skalka z hlediska začlenění do útvarů povrchových vod**

| poř. č. | č. VÚ        | Název útvaru povrchových vod stojatých | Hlavní povodí | Typ VÚ | Hloubka nádrže (m) | Doba zdržení (dny) | Vodní tok |
|---------|--------------|--|---------------|--------|--------------------|--------------------|-----------|
| 138     | 113010120001 | Nádrž Skalka                           | Labe          | 421222 | 3-15               | 10-365             | Ohře      |

| poř. č. | č. VÚ    | Název útvaru povrchových vod tekoucích | Plocha VÚ (km <sup>2</sup> ) | Plocha VÚ v ČR (km <sup>2</sup> ) | Hlavní povodí | V péči státu |
|---------|----------|--|------------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------|
| 6       | 13972000 | Reslava/Röslau po ústí do toku Ohře    | 316,162                      | 13,179                            | Labe          | D (Bavorsko) |
| 7       | 13979000 | Ohře po soutok s tokem Slatinský potok | 28,018                       | 28,018                            | Labe          | CZ           |

### 2.1.2 POPIS VD SKALKA

Vodní dílo Skalka je součástí vodohospodářské soustavy Skalka – Jesenice – Nechanice. Hlavním účelem vodního díla Skalka je v součinnosti s vodním dílem Jesenice kompenzační nadlejšování průtoků v řece Ohři až po profil Kadaň (pro zásobování tepelných elektráren a průmyslových podniků vodou), tj. zajišťování minimálního průtoku ve vodním toku Ohře v profilech Cheb, Karlovy Vary a Kadaň.

Dále je hlavním účelem vodního díla částečná ochrana území pod profilem hráze před povodněmi.

Vedlejšími účely vodního díla Skalka jsou výroba elektrické energie a dále rekreace včetně provozování vodních sportů a v neposlední řadě i zajištění podmínek pro rybochovné hospodaření na nádrži v rámci mimopstruhového rybářského revíru č. 431 040 Ohře 19.

Dalším účelem vodního díla je též likvidace následků případného havarijního zhoršení jakosti vody v toku Ohře (zvýšením průtoku dojde k naředění případného havarijního znečištění, udržení alespoň minimálního obsahu rozpuštěného kyslíku ve

vodě a tím i zachování samočisticích procesů v řece Ohři).

Stavba hráze vodního díla Skalka na řece Ohři v říčním kilometru 242,41 byla dokončena v prosinci 1964. Plného nadržení vody bylo dosaženo již v listopadu 1964.

VD Skalka je vodním dílem I. kategorie dle vyhlášky Mze 471/2001Sb. ze 14. 12. 2001 o odborném technicko-bezpečnostním dohledu nad vodními díly.

Základní hydrologické parametry a rozdělení objemů VD Skalka jsou v následujících tabulkách:

**Tabulka č.2: Základní parametry VD Skalka (zdroj [www.poh.cz](http://www.poh.cz))**

| Hydrologické údaje  |                        |
|---|------------------------|
| Plocha povodí /A/   | 671,92 km <sup>2</sup> |
| Průměrná dlouhodobá roční hodnota srážek /P <sub>a</sub> /  | 760 mm                 |
| Průměrná dlouhodobá roční hodnota průtoku /Q <sub>a</sub> / | 6220 l/s               |
| Průměrný 355denní průtok** /Q <sub>355d</sub> /             | 950 l/s                |
| Stoletý průtok /Q <sub>100</sub> /                          | 277 m <sup>3</sup> /s  |
| Kapacitní průtoky   |                        |
| Minimální průtok pod hrází /MQ/ v profilu limnigrafu Cheb   | 1 m <sup>3</sup> /s    |
| Neškodný průtok pod vodním dílem /O <sub>neš</sub> /        | 45 m <sup>3</sup> /s   |

**Tabulka č.3: Rozdělení objemů nádrže**

| Rozdělení objemů nádrže                           |                 |                       |               |
|---|-----------------|-----------------------|---------------|
| Parametr  | Kóta hladiny    | Objem                 | Zatop. plocha |
|   | [m n.m.]        | [mil.m <sup>3</sup> ] | [ha]          |
| Prostor stálého nadržení                          | 430,00 – 435,60 | 0,911                 | 73            |
| zásobní prostor – letní (VII. – IX.)              | 435,60 – 442,20 | 13,659                | 333,7         |
| Zásobní prostor – zimní (I. – III.)               | 435,60 – 437,60 | 2,424                 | 183           |
| Ochranný ovladatelný prostor – letní (VII. – IX.) | 442,20 – 442,60 | 1,349                 | 340           |
| Ochranný ovladatelný prostor – zimní (I. – III.)  | 437,60 – 442,60 | 12,554                | 340           |
| Celkový ovladatelný prostor                       | 430,00 – 442,60 | 15,919                | 340           |
| Ochranný neovladatelný prostor                    | 442,60 – 443,60 | 3,636                 | 378           |
| Celkový prostor nádrže                            | 430,00 – 443,60 | 19,555                | 378           |

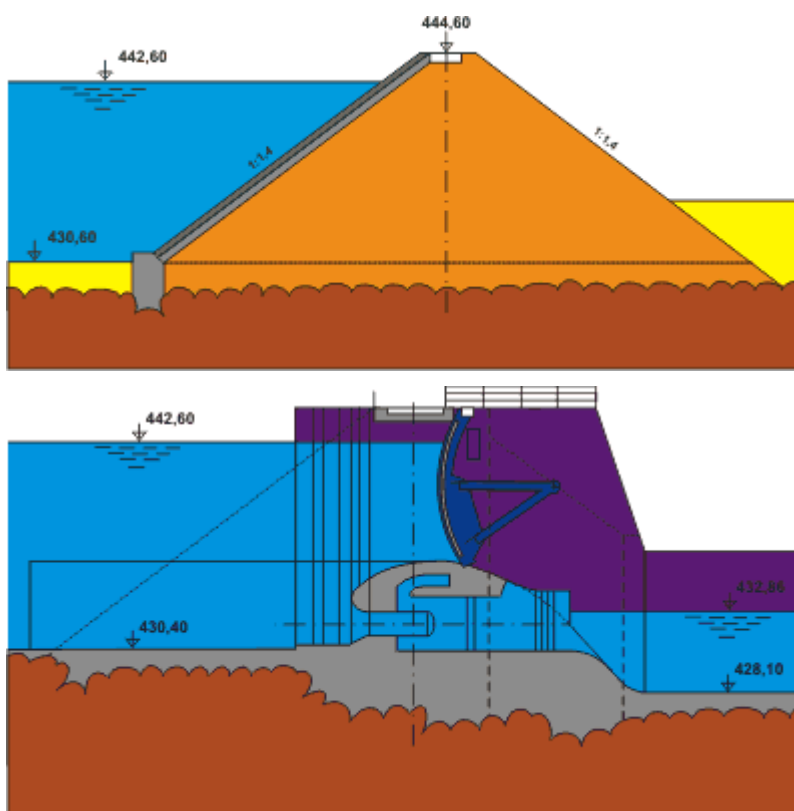
Vzdouvací objekt VD Skalka je představován přímou, sypanou, kamenitou hrází s návodním betonovým těsnícím pláštěm. Kóta koruny hráze je 444,60 m n. m., délka 115 m a šířka hráze v koruně je 4 m. Maximální výška hráze nad terénem je 14,6 m.

Jako výpustné zařízení jsou u dna nádrže umístěny dvě spodní výpusti o průměru DN 1200 mm. Kapacita těchto výpustí je při hladině letního zásobního prostoru 2x12,4 m<sup>3</sup>/s.

Pro převádění velkých vod slouží dva bezpečnostní přelivy. Původní přeliv je hrazen ocelovým segmentem ovládaným zvedacím mechanismem s elektr. pohonem

pomocí Gallových řetězů. Šířka přelivné hrany přelivu je 9,5 m, kóta koruny pevného přelivu 435,60 m n. m., výška segmentu je 7,0 m. Celková kapacita tohoto přelivu s vyhrazeným segmentem při max. hladině v nádrži je 390 m<sup>3</sup>/s. Doplnkový přeliv je hrazen dutou jezovou klapkou s hydraulickým pohonem. Kóta koruny sklopené klapky je 438 m n. m., šířka klapky je 7 m, hrazená výška klapkou 4,6 – 4,8 m. Celková kapacita přelivu se sklopenou klapkou při max. hladině v nádrži je 169 m<sup>3</sup>/s. Celková kapacita obou přelivů při max. hladině v nádrži je 559 m<sup>3</sup>/s.

Na VD Skalka je se nachází Malá vodní elektrárna Skalka. MVE Skalka je umístěna při pravém břehu v novém objektu. Převod vodní energie zajišťují dvě Kaplanovy horizontální turbíny typu S se spádem 4,7-9,7 m a s maximální hltností 2 x 4,5 m<sup>3</sup>/s. Turbíny pohání asynchronní generátor trojfázový s rotorem nakrátko s instalovaným výkonem 2 x 350 kW.



Obrázek č.1: Vzorový příčný řez hrází a objekty (zdroj. [www.poh.cz](http://www.poh.cz))

### 2.1.3 MAJETKOPRÁVNÍ POMĚRY

Zátopa VD Skalka se nachází v katastrálním území Cheb 650919 na parcelách č. 514/1 (výměra 1 147 691 m<sup>2</sup>), 514/4 (výměra 2 355 014 m<sup>2</sup>) a 514/19 (výměra 375 406 m<sup>2</sup>). Tyto pozemky jsou ve vlastnictví České republiky, právo nakládat s majetkem státu má Povodí Ohře, státní podnik, Bezručova 4219, Chomutov, 430 03. Těleso přehrady s technickými objekty a koryto toku Ohře nad a pod nádrží se také nacházejí ve vlastnictví státu. Pozemky v okolí nádrže se nacházejí na katastrálních územích Skalka u Chebu, Cetnov, Bříza nad Ohří, Pomezná, Rybáře u Libé, Pomezí nad Ohří, Dolní Hraničná, Tůně a Podhoří u Chebu.



Obrázek č.2: Majetkoprávní poměry, katastrální území v okolí VD Skalka

## 2.2 PŘÍRODNÍ POMĚRY

### 2.2.1 HYDROLOGICKÉ ÚDAJE

Základní hydrologické údaje jsou zjištěny z [3] pro profil VD Skalka.

Tabulka č.4: Základní hydrologické údaje

| A<br>(km <sup>2</sup> ) | Qa<br>(m <sup>3</sup> /s) | N-leté průtoky (m <sup>3</sup> /s) |                |                 |                 |                  |
|-------------------------|---------------------------|------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                         |                           | Q <sub>1</sub>                     | Q <sub>5</sub> | Q <sub>10</sub> | Q <sub>50</sub> | Q <sub>100</sub> |
| 689                     | 6,32                      | 71                                 | 134            | 165             | 244             | 280              |

Pozn. Údaje platí pro profil VD Skalka, vodní tok Ohře, ČHP 1-13-01-014, datum aktualizace 03/2006

| A<br>(km <sup>2</sup> ) | M-denní průtoky (Q <sub>Md</sub> ) v l/s |                  |                  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|-------------------------|--|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                         | Q <sub>M30</sub>                         | Q <sub>M60</sub> | Q <sub>M90</sub> | Q <sub>M120</sub> | Q <sub>M150</sub> | Q <sub>M180</sub> | Q <sub>M210</sub> | Q <sub>M240</sub> | Q <sub>M270</sub> | Q <sub>M300</sub> | Q <sub>M330</sub> | Q <sub>M355</sub> | Q <sub>M364</sub> |
| 671,9                   | 13900                                    | 9880             | 7770             | 6400              | 5340              | 4470              | 3790              | 3170              | 2610              | 2110              | 1550              | 950               | 510               |

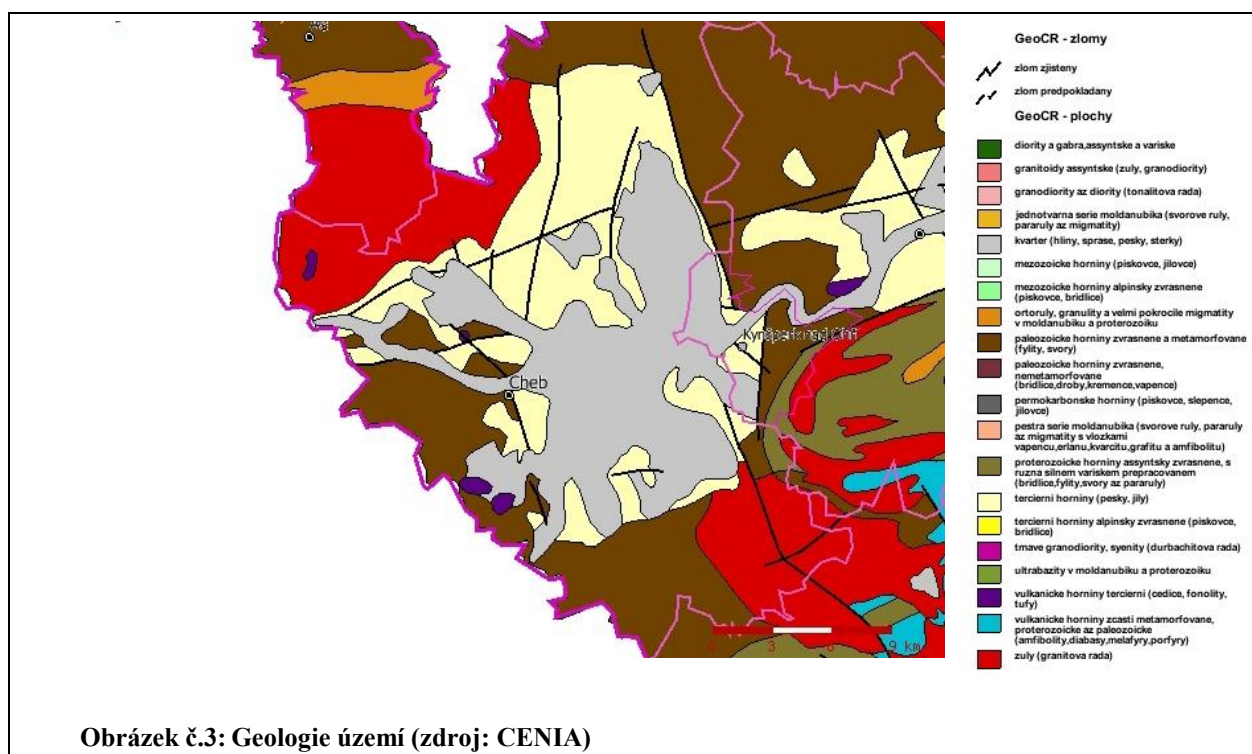
Pozn. Údaje platí pro profil VD Skalka, vodní tok Ohře, ČHP 1-13-01-012

## 2.2.2 GEOMORFOLOGIE ÚZEMÍ

Z geomorfologického hlediska se zařazuje povodí VN Skalka do Krušnohorské subprovincie a dále dle uvedené detailní geomorfologické klasifikace

- Systém: Hercynský systém
- Subsystém: Česká vysočina
- Provincie: Česká vysočina
- Subprovincie: Krušnohorská subprovincie
- Oblast: Podkrušnohorská oblast 8 – **celek Chebská pánev**  
Krušnohorská hornatina 7 – **celek Smrčiny**
  - podcelek Hazlovská vrchovina
  - podcelek Ašská vrchovina
  - podcelek Chebská pahorkatina

Pramenná oblast české části povodí a většina jižních břehů VN Skalka leží na celku Smrčiny. Jen část povodí přiléhající ze severu k přítoku nádrže leží na celku Chebská pánev.





### 2.2.3 KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Karlovarský kraj lze zařadit do několika oblastí s typickými klimatickými charakteristikami. Důvodem rozložení klimatických oblastí je proměnlivá nadmořská výška, srážkový stín hraničních hor a další mezoklimatické vlivy.

#### 2.2.3.1 TEPLoty

Svou polohou náleží povodí VN Skalka do klimatické oblasti mírně teplá, mírně vlhká - MT2 (klasifikace dle Quitta). Směrem na sever k Ašskému výběžku a Krušným horám přechází do oblasti mírně teplé, vlhké vrchovinné MT4.

Jedná se oblast mírně teplou s charakteristickým středoevropským klimatem, s mírným létem a mírnou zimou. Průměrná roční teplota se v daném regionu pohybuje v intervalu 7 - 8 °C a roční souhrn srážek v intervalu 550 – 700 mm. Nejtepleji je v nižších partiích Ohře, směrem k Ašskému výběžku do oblasti Smrčin průměrná teplota klesá.

#### 2.2.3.2 SRÁŽKY A DLOUHODOBÝ KLIMATICKÝ NORMÁL

Roční úhrn srážek podobně jako v ostatních oblastech ČR v posledních letech silněji osciluje. Dle ČHMÚ činily v roce 2008 průměrné srážky v Karlovarském kraji 717 mm.

**Tabulka č.5: Dlouhodobé normály klimatických hodnot za období 1961–1990 – stanice Cheb (Zdroj: ČHMÚ)**

| Měsíc                          |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      | Rok    |
|--------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|--------|
| 1.                             | 2.   | 3.    | 4.    | 5.    | 6.    | 7.    | 8.    | 9.    | 10.   | 11.  | 12.  |        |
| Průměrná teplota vzduchu (° C) |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |        |
| -2,5                           | -1,2 | 2,4   | 6,7   | 11,7  | 15,0  | 16,5  | 15,8  | 12,5  | 7,8   | 2,4  | -1,0 | 7,2    |
| Úhrn srážek (mm)               |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |        |
| 36,0                           | 29,4 | 34,8  | 38,3  | 56,0  | 66,6  | 59,2  | 68,9  | 48,4  | 37,5  | 41,1 | 43,9 | 560,1  |
| Trvání slunečního svitu (h)    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |      |      |        |
| 38,9                           | 65,4 | 107,2 | 141,9 | 183,4 | 187,6 | 195,9 | 185,4 | 139,4 | 103,7 | 40,0 | 31,3 | 1420,1 |

Ve srovnání s dlouhodobým klimatickým normálem (1961-1990) byl v roce 2008 průměrný úhrn srážek na úrovni 105 % normálu.

V letech 1998 – 2002 byla při porovnání srážkových úhrnů s dlouhodobým klimatickým normálem patrna tendence nárůstu. Tato tendence však v dalších letech nepokračovala a při porovnání dlouhodobých výsledků let 1995 – 2008 podniku Povodí Ohře, s.p. s výsledky ČHMÚ nedošlo ke vzniku výraznějšího trendu odklonu od normálu. Důležitější skutečností je však nárůst amplitudy oscilace od dlouhodobého normálu.

Následující tabulka uvádí některé extrémní hodnoty klimatu naměřené meteorologickou stanicí ČHMÚ - Cheb.

**Tabulka č.6: Extrémní hodnoty meteorologických prvků (Zdroj: ČHMÚ)**

| Rok  | Nejvyšší denní maximální teplota vzduchu |              | Nejnižší denní minimální teplota vzduchu |              | Nejvyšší denní úhrn srážek |              | Nejvyšší denní výška sněhové pokrývky |              |
|------|--|--------------|--|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------------|--------------|
|      | °C                                       | datum měření | °C                                       | datum měření | mm                         | datum měření | cm                                    | datum měření |
| 1999 | 32,2                                     | 5.7.         | -14,9                                    | 12.2.        | 26,4                       | 2.6.         | 14                                    | 18.2.        |
| 2000 | 34,7                                     | 21.6.        | -17,0                                    | 24.1.        | 19,7                       | 1.10.        | 9                                     | 19.2.        |
| 2001 | 31,5                                     | 15.8.        | -13,1                                    | 24.12.       | 71,4                       | 7.7.         | 26                                    | 31.12.       |
| 2002 | 31,8                                     | 20.6.        | -22,6                                    | 6.1.         | 27,5                       | 11.8.        | 31                                    | 1.1.         |
| 2003 | 35,6                                     | 13.8.        | -15,7                                    | 18.2.        | 21,9                       | 11.9.        | 15                                    | 3.2.         |
| 2004 | 31,6                                     | 12.8.        | -20,4                                    | 24.1.        | 40,2                       | 8.7.         | 15                                    | 7.1.         |
| 2005 | 34,7                                     | 29.7.        | -17,2                                    | 2.3.         | 36,5                       | 14.8.        | 19                                    | 13.3.        |
| 2006 | 34,1                                     | 20.7.        | -15,9                                    | 19.1.        | 30,5                       | 27.5.        | 27                                    | 11.2.        |
| 2007 | 35,8                                     | 16.7.        | -11,6                                    | 26.1.        | 53,6                       | 28.5.        | 17                                    | 27.1.        |
| 2008 | 31,5                                     | 22.6.        | -10,5                                    | 17.2.        | 38,6                       | 11.4.        | 15                                    | 13.12.       |

## 2.2.4 DOTČENÁ CHRÁNĚNÁ ÚZEMÍ

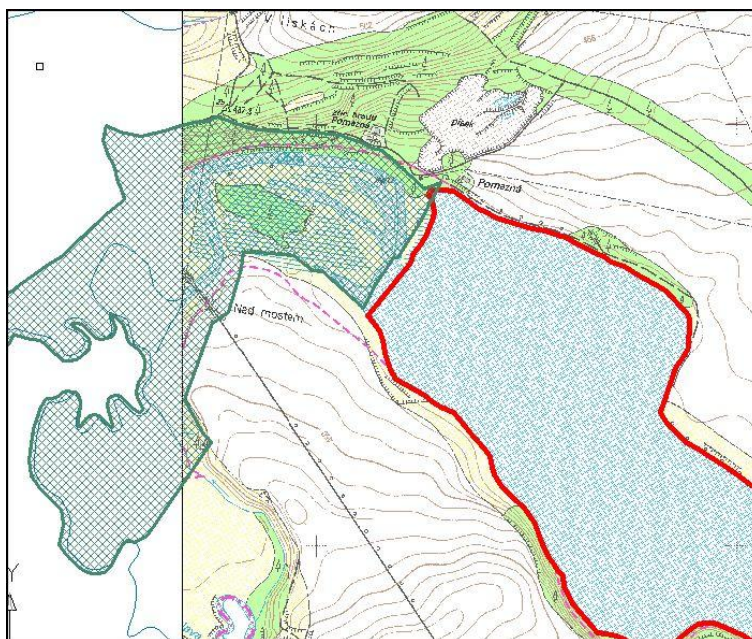
Na západním okraji zájmové lokality se nachází přírodní rezervace Rathsam [8]

Přírodní rezervace Rathsam (v roce 1990 vyhlášena jako přírodní výtvar a v roce 1998 jako rezervace, kód 1259, kategorie PR, rozloha 49,31 ha) chrání meandrující soutok Ohře a Reslavy a přilehlé mokřady. Východní část rezervace byla v minulosti narušena postavením hraničních zátarasů. V jižní části rezervace se nacházela ještě na konci války obec Rathsam, která ležela na levém břehu Reslavy, která přitéká do Ohře na hranici s Německem. Byla to menší osada s 16 domy a asi 80 německými obyvateli. Po odsunu v roce 1945 již osada nebyla dosídlena a zanikla tak rychle, že jí ani nestačili dát české jméno. Postupně se prostor osady Rathsam proměnil v louky a už neexistují ani původní přístupové cesty.

Rezervace je cenným systémem biotopů vhodných pro přežívání širokého spektra rostlin a živočichů. Cena Rathsamu spočívá především v malé narušenosti přírodních stanovišť, jejichž soubor je cenným biocentrem, přesahujícím svým významem hranice regionu. Celková bilance zajímavostí přírodní rezervace Rathsam rozhodně není zanedbatelná. Kvalita živočišné složky v ní výrazně převažuje. K živočichům (bobr evropský, vydra říční, velevrub a několik druhů rákosníků) je nutné připojit ještě několik vzácnějších druhů ryb, například bolena dravého, z ptáků pak určitě ledňáčka říčního a žluvu hajní. Pozorována byla také užovka obojková, která se na Chebsku objevuje daleko méně často než jinde. Samostatným a do jisté míry unikátním biotopem je bývalá pískovna v Pomezné, která leží v ochranném pásmu rezervace a je registrována jako významný krajinný prvek.

Zdejší fauna čítá více než 20 druhů vážek (např. vážka podhorní, šídlatka kroužkovaná, atd.) a především mimořádně druhově bohaté zastoupení obojživelníků (celkem 10 druhů), kteří se zde v trvale zamokřených depresích úspěšně rozmnožují. Za zmínku rozhodně stojí ropucha krátkonohá, blatnice skvrnitá, rosnička zelená a čolek velký.

Složením méně výrazný vegetační kryt rezervace především vytváří pro výskyt vzácných druhů živočichů vhodné podmínky. Druhově zajímavější je především podrost svahového lesa u Pomezne (třtina rákosovitá, plicník tmavý, podbílek šupinatý, ptačinec velkokvětý, pižmovka mošusová) a některé plochy v mokřadech a mokřích loukách, kde byly zaznamenány například bukvice lékařská, olešník kmínolistý, kakost bahenní nebo kosatec žlutý. Problémem porostů široké říční nivy je šíření konkurenčně silných druhů bylin, které postupně omezují pestrost společenstev. Patří mezi ně například nejen u nás domácí tráva, chrastice rákosovitá, ale i nepůvodní netýkavka žláznatá. Řešením vzrůstající uniformity rostlinstva v rezervaci snad bude návrat extenzivního kosení nebo spásání luk v nivě Ohře, který je hlavním bodem plánu péče o Rathsam.



Obrázek č.4: Rezervace Rathsam na horním konci VD skalka

## 2.3 PRIMÁRNÍ A SEKUNDÁRNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

Primárním zdrojem antropogenního znečištění nádrže Skalka byl chemický závod (Chemical Fabrik Marktredwitz) v německém městě Marktredwitz, kde se v letech 1788-1985 vyráběly anorganické a organické sloučeniny rtuti. Během výroby docházelo k úkapům sloučenin rtuti a postupné kontaminaci podloží pod areálem závodu. Rtuť znečišťovala také říčku Kösseine, do které byla zaústěna dešťová kanalizace z areálu chemického závodu. Kösseine je hlavním přítokem řeky Reslavy. Po dobu téměř 200 let byla tedy řeka Reslava a následně Ohře zatěžovány znečištěním rtuť.

Po vnosu rtuti do recipientu se sloučeniny rtuti vázaly na částice sedimentu a



vstupovaly do různých chemických vazeb. Sekundárním zdrojem znečištění se pak stal kontaminovaný říční sediment – splaveniny. Ty byly a jsou pravidelně při vyšších průtocích erodovány a uvedeny do pohybu. Při snížených průtocích se splaveniny usazovaly a usazují v nivě podél toku, v konvexních obloucích a ve zdržích nad vzdouvacími objekty na toku. Vzhledem k dlouhodobému provozu chemického závodu tak došlo k postupnému znečištění sedimentu a zemin v nivě toků Kössein, Reslava a Ohře. VD Skalka je první velká vodní nádrž pod primárním zdrojem a tak zde docházelo a dochází ke konečné sedimentaci většiny splavenin z kontaminovaného povodí.

V roce 1985 byla výroba v chemickém závodě Marktredwitz zastavena a v roce 1996 byl realizován projekt sanace kontaminovaných zemin pod areálem. Dnes se v místě areálu nachází obchodní prostory, kino a budova parkoviště. Po sanaci chemického závodu byly vytěženy i kontaminované sedimenty z říčky Kösseine a započalo se i s odtěžováním kontaminovaných zdrží na Reslavě.

Příčinou zvýšené sekundární kontaminace vody, splavenin a plavenin v posledních letech je současný trend revitalizací a rozvolňování břehů koryta Reslavy, kdy dochází k změnám splaveninového režimu. Pravděpodobně dochází k zvýšené erozi břehů a tím i zvýšenému vnosu splavenin do prostoru zátopy VD Skalka. Tento proces je patrný například v prostoru obce Wölsau, kde po odstranění opevnění břehů říčky Kössein je patrná eroze levého břehu a říčka Kössein začíná meandrovat. Dalších míst sekundární kontaminace, kde dochází ke spontánní, nebo vyvolané erozi je podle sdělení německé strany více. Koncentrace rtuti v zeminách v těchto lokalitách dosahuje řádově stovky mg/kg. Lokalizaci a dokumentaci těchto zdrojů sekundárního znečištění provádí německá strana ve své části projektu. Výsledky svého terénního šetření německá strana nepochybně předá české straně do ukončení projektu.

Na zvýšeném transportu kontaminovaných splavenin a plavenin v minulosti se dále velkou měrou podílel proces likvidace a rekultivace objektu bývalé tepelné elektrárny Arzberg na řece Reslavě, při kterém došlo k rozsáhlému přesunu hmot z bývalých nádrží na provozní vodu, těžba sedimentů v těchto nádržích a likvidace a rekultivace popelové skládky.

Sedimenty se zvýšeným obsahem Hg je, nebo bude možno nalézt v záplavovém území následujících vodních toků:

- a) říčky Kössein z Marktredwitz až po soutok s Reslavou
- b) řeky Reslavy od soutoku s říčkou Kössein až po soutok s Ohří
- c) a nepochybně v záplavovém území řeky Ohře od soutoku s Reslavou až do vtoku do vodního díla Skalka;
- d) v záplavě vodního díla Skalka
- e) v sedimentech v záplavovém území řeky Ohře pod nádrží Skalka.

## 2.4 DOSAVADNÍ PROZKOUMANOST A NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

### 2.4.1 MONITORING KVALITY VODY

Údaje o kvalitě vody od roku 1990 jsou k dispozici v databázích Povodí Ohře, s.p. Kvalita vody je 1x měsíčně sledována v celé řadě ukazatelů (včetně chlorofylu) jak na přítocích do nádrže, tak na odtoku vody z nádrže. Dále je zavedeno monitorování vody přímo v nádrži. Je pravidelně sledován profil Ohře – hranice, reprezentující vstup řeky Ohře do nádrže, profil Reslava Pomezí – hranice, reprezentující vstup řeky Reslavy do nádrže a profil Skalka – odtok. Kromě toho jsou v letním období (v době, kdy je možné bez rizika vyplout na nezamrzlou hladinu nádrže) prováděny zonace v samotné nádrži, od roku 2004 na třech místech – u hráze, uprostřed nádrže a v tzv. směsné zóně na začátku vzduť nádrže. U hráze jsou sledovány 4 horizonty, uprostřed nádrže 3 horizonty a ve směsné zóně, kde hloubka nepřesahuje 3 m, je sledována kvalita vody na hladině a u dna nádrže. Průhlednost vody je měřena od roku 2002. Údaje o teplotě vody a vzduchu jsou zaznamenávány dlouhodobě a jsou k dispozici na dispečinku Povodí Ohře, s.p.

### 2.4.2 SLEDOVÁNÍ RTUTI V HRANIČNÍCH TOCÍCH SE SRN 2010

V roce 2010 bylo podnikem Povodí Ohře prováděno sledování rtuti ve vodě, v sedimentu a ve svalovině ryb [4].

Bylo provedeno stanovení ve vodě. Z měření roku 2010 a dlouhodobých měření vyplývá, že zatížení řeky Ohře v profilu nad soutokem s Reslavou zůstává z hlediska Hg zcela zanedbatelné (hodnoty pod 0,05 µg Hg/l.)

Výsledky ze sledování profilu na Reslavě ukazují na zvýšený obsah rtuti ve vodě. Nejvyšší hodnoty v roce 2010 byly zaznamenány v měsíci březen (0,43 µg Hg/l) a září (1,22 µg Hg/l).

V časovém období 1977-2010 dochází k spíše k snižování koncentrací, avšak v roce 2010 byl zjištěn nejvyšší roční průměr od roku 1998 0,20 µg Hg/l.

Stanovení v sedimentech v roce 2010. Sedimenty jsou odebírány od roku 1983 odebírány z odběrných zařízení instalovaných nad dnem toku Reslavy. V roce 2010 byla zatím zaznamenána nejvyšší průměrná hodnota 435 mg Hg/kg org. sušiny od počátku sledování. Měřeny jsou rovněž hodnoty na odtoku z VD Skalka.

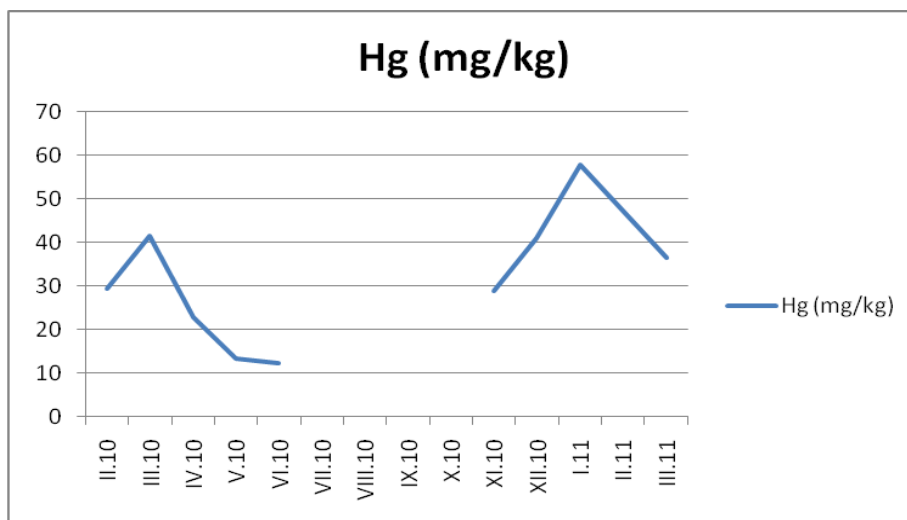
Stanovení rtuti v rybách v roce 2011. Především dravé ryby obsahují vyšší koncentrace rtuti ve svalovině. Požadovaný limit 1 mg/kg byl u dravých ryb překročen až více než dvakrát.

Výsledky monitoringu za rok 2011 naznačují, že se úroveň obsahu rtuti v řece Reslavě nesnižuje. Nalezené hodnoty v tomto roce patří k nejvyšším hodnotám od počátku sledování.

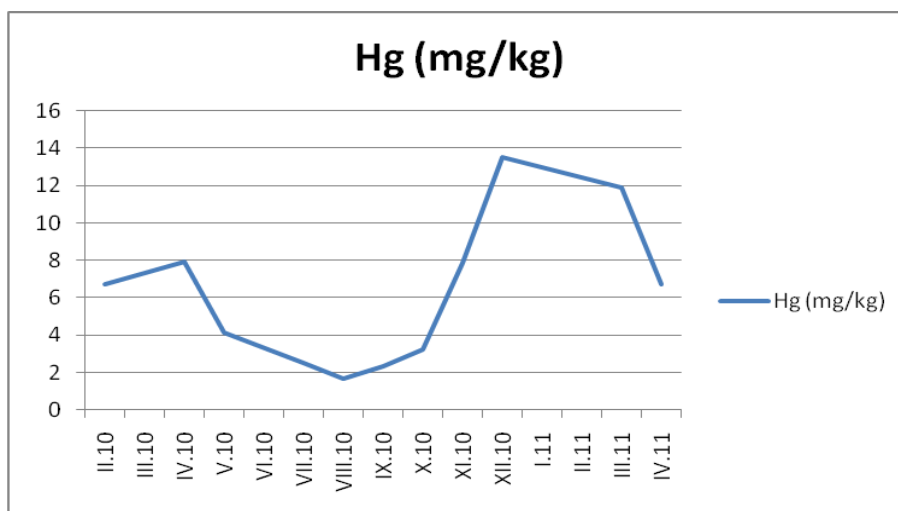
### 2.4.3 MONITORING PLAVITELNÝCH SEDIMENTŮ

Monitoring plavitelných sedimentů je prováděn zadavatelem průběžně několik let, v roce 2010 byly instalovány plovoucí vzorkovače shodné se vzorkovači používanými bavorskou stranou. Rozbory plavitelných sedimentů, které zadavatel poskytl dokladují,

že obsah rtuti v plaveninách se pravidelně zvyšuje v průběhu zimních měsíců za zvýšených průtoků. Z laboratorních rozborů vyplývá, že obsah Hg v řádu jednotek mg/kg v plavitelných sedimentech je možno sledovat i pod hrází VD Skalka.



Obrázek č.5: Obsah Hg v plaveninách – Reslava horní bantam



Obrázek č.6: Obsah Hg v plaveninách – Ohře Skalka odtok

#### 2.4.4 MONITORING SEDIMENTŮ

Předaný soubor výsledků archivních laboratorních testů sedimentů v záplavě vodního díla Skalka obsahuje stejně jako rozborů z nové série vzorků provedených v rámci tohoto projektu značně nehomogenní charakteristiky souboru dat. Základní statistická charakteristika je uvedena v následující tabulce.

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Počet vzorků            | 168     |
| Minimum                 | 1,78    |
| Maximum                 | 84,5    |
| Rozsah                  | 82,72   |
| Průměr                  | 12,9    |
| Standardní odchylka     | 15,83   |
| Variace                 | 1,22723 |
| Šikmost                 | 2,717   |
| Kurtosis                | 6,963   |
| Kolmogorov-Smirnov stat | 0,34    |

Tabulka č.7: Statistické hodnocení laboratorních rozborů Hg v sedimentech

## 2.5 HODNOCENÍ RIZIKA

Rtuť a její sloučeniny patří mezi jedny z nejtoxičtějších látek vyskytujících se v ekosystémech. Jejich výskyt a transport je odlišný od ostatních těžkých kovů v důsledku vysoké tenze par elementární rtuti a vysoké reaktivity iontů rtuti se sloučeninami obsahujícími koncové alkylové a thiolové skupiny.

Rtuť se v ekosystémech vyskytuje ve velkém množství chemických forem lišících se vzájemně chemickými, fyzikálními i toxikologickými vlastnostmi. Z anorganických rozpuštěných forem rtuti se vyskytují elementární  $\text{Hg}(0)$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $[\text{HgOH}]^+$ ,  $[\text{Hg}(\text{OH})_2](\text{aq})$  a chlorokomplexy, které dominují především při vyšších koncentracích chloridů ve vodě, kdy je současně koncentrace iontu  $\text{Hg}^{2+}$  zanedbatelná. Chlorokomplexy jsou velice stabilní a maskují reaktivitu iontu  $\text{Cl}^-$ . V atmosféře je přítomno přes 95% elementární rtuti, naopak v sedimentech a povrchových vodách se rtuť nejčastěji vyskytuje v oxidačním stavu +II, a to především ve vazbě na ligandy obsahující thiolové skupiny  $-\text{SH}$ . V malém množství je elementární rtuť ve vodách přítomna v plynné formě, ale vzhledem k těkavosti rychle přechází do atmosféry. Naopak iontové nebo komplexní sloučeniny navázané na pevné částice klesají vodním sloupcem ke dnu a ukládají se v sedimentech. Z organických forem výskytu je třeba uvést především alkylmerkurisloučeniny, především methylmerkurichlorid ( $\text{CH}_3\text{HgCl}$ ) a dimethylrtuť ( $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ ). V závislosti na složení vody a hodnotě pH se tvoří rovnováha mezi jednotlivými formami výskytu; kation  $\text{CH}_3\text{Hg}^+$  existuje ve vodném roztoku jako aquakomplex  $(\text{CH}_3\text{HgOH})^{2+}$  a chová se jako slabá kyselina, za jiných podmínek převažuje  $\text{CH}_3\text{HgOH}$ . Výraznou tendenci k akumulaci v potravních řetězcích vykazují především organokovové sloučeniny rtuti, halogenidy methylrtuti. Organické formy rtuti snadno vstupují do potravních řetězců díky své lyofilní povaze, díky které jsou snadněji vstřebávány a akumulovány než sloučeniny anorganické.

Rtuť se coby globální polutant vyskytuje ve všech složkách životního prostředí a je součástí celé řady komplexních biogeochemických cyklů. Zdrojem rtuti v povrchových vodách atmosférické srážky kontaminované spalováním fosilních paliv, průmyslových odpadních vod a úpravy rud. Zdrojem rtuti v povrchových vodách také mohou být

sedimenty a půdy, které jsou dlouhodobě ve styku s kontaminovanou vodou. Biogeochemickými přeměnami akumulovaných sloučenin rtuti vznikají jednak těkavé sloučeniny rtuti, které unikají do atmosféry, jednak dochází k vymývání rtuti atmosférickými srážkami. Celkový biogeochemický cyklus rtuti zahrnuje uvolnění rtuti  $\text{Hg}(0)$  a nově vzniklých těkavých sloučenin rtuti  $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$  z půdy, hornin, povrchových a odpadních vod, obohacených o antropogenní emise, jejich transport za současné transformace atmosférou, ukládání sloučenin zpět na zemi a v povrchových vodách, sorpci sloučenin rtuti na zrna sedimentů nebo půdy, její absorpci živými organismy, transformaci jednotlivých chemických forem rtuti a jejich bioakumulaci. Pro nevratné vázání rtuti v biosféře jsou významné thiolové skupiny  $-\text{SH}$  přítomné v molekulách tvořících rozpuštěný organický uhlík (DOC), tj. v hydrofobní frakci v podobě huminových a fulvových kyselin.

Transport a rozdělení rtuti v povrchových vodách a sedimentech jsou ovlivněny konečnou formou sloučeniny rtuti a převládajícím procesem distribuce rtuti je sorpce sloučenin rtuti na částičky sedimentu (především při současném vysokém obsahu Fe a Al). Rtuť je rovněž vysoce sorbována huminovými materiály a rašelinou. Až 70% rtuti rozpuštěné ve vodách bývá vázáno na organickou matici s nejvyšší koncentrací na rozhraní voda/sediment. Sloučeniny rtuti vázané na organickou matici mohou být transportovány odtokem z kontaminovaného ekosystému do jiného, mohou být uvolněny z organické matrice chemickou nebo biologickou redukcí na elementární rtuť nebo mohou být biologickou cestou přeměněny na těkavé organické formy rtuti. Nejdůležitějším a převládajícím transformačním procesem rtuti ve vodách je biotransformace. Anorganické sloučeniny rtuti vstupující do vodního prostředí mohou být velice snadno přeměněny na sloučeniny methylrtuti pomocí mikrobiálně řízené methylace za přítomnosti methylkobalaminových sloučenin. Mechanismus methylace rtuti probíhá za aerobních i anaerobních podmínek neenzymatickou methylací rtuťnatých iontů za přítomnosti různých kmenů bakterií v sedimentech (*Bifidobacterium*, *Chromobacterium*, *Methanobacterium*, *Pseudomonas*, *Escherichia*). Rychlost methylace rtuti závisí na koncentraci rtuťnatých iontů, methylkobalaminových sloučenin a přítomnosti organických i anorganických komplexotvorných látek, koncentraci kyslíku ve vodě, pH (ideální hodnota 4,7) a množství a charakteru rozpuštěných organických látek. Se zvyšující se koncentrací DOC se snižuje methylace  $\text{Hg}^{2+}$ , protože ion je rychle sorbován na organické částice a není přístupný methylaci. Dialkylové sloučeniny rtuti (dimethylrtuť) jsou těkavé, ve vodě špatně rozpustné látky, které snadno přecházejí do atmosféry. Elementární rtuť je ve vodě vytvářena demethylací  $\text{MeHg}$  nebo redukcí  $\text{Hg}^{2+}$  a je následně uvolňována do atmosféry. Účinnost této redukce je navyšována intenzitou slunečního záření a inhibována vyšší koncentrací chloridových iontů.

Sloučeniny rtuti přítomné v sedimentech podléhají stejným chemickým a biochemickým transformacím jako ve vodách.  $\text{Hg}^{2+}$  tvoří komplexy s chloridovými a hydroxidovými ionty přítomnými v sedimentech a to v závislosti na pH a složení sedimentů. Organokovové sloučeniny rtuti jsou zde rovněž formovány a degradovány mikrobiálními nebo abiotickými procesy. Při vysokých koncentracích  $\text{Hg}^{2+}$  v sedimentech dochází ke snížení rychlosti methylace rtuťnatého iontu způsobené úhynem mikroorganismů. Míšením sedimentu (např. v ústí řeky) se výrazně zvyšuje vrstva sedimentu ve kterém aktivně probíhá methylace. Proces methylace je současně podporován vyšším přísunem  $(\text{SO}_4)^{2-}$ ,  $\text{Hg}^{2+}$  a DOC do spodních vrstev sedimentu a odvodem vzniklé  $\text{MeHg}$  do okolní vody.

Kontaminace vodních ekosystémů rtutí významně ovlivňuje organismy na nejvyšších trofických úrovních potravního řetězce a významně ovlivňuje zdraví člověka a piscivorních ptáků. Vysoká bioakumulační schopnost organokovových sloučenin rtuti, která je spjatá s jejich lyofilní povahou, jim umožňuje snadný prostup biologickými membránami. Akumulační koncentrační koeficient rtuti je u některých organismů až 106. Akumulační schopnost jednotlivých specií rtuti závisí na lipofilitě molekuly a reaktivitě sloučenin rtuti s vnitrobuněčnými ligandami. Za přirozené pozadí v podzemních vodách se považuje 0,1 µg/l, v povrchových vodách je průměrná koncentrace 0,15 µg/l a nejvyšší přípustná koncentrace rtuti ve vodách ČR je 0,1 µg/l. Přípustný limit ve svalovině dravých ryb je 0,6 mg/kg, u ostatních je to 0,1 mg/kg. Poločas vylučování methylrtuti z organismu ryb je cca 2,5 roku.

Vodními organismy jsou sloučeniny rtuti přijímány buď přímo z vody (resp. sedimentu) adsorpcí přes povrch těla nebo respiračními orgány, nebo potravou. Rostliny přijímají rtuť přes kořenový systém, ve které je také nejvíce akumulována. Schopnost přijímat sloučeniny rtuti vzrůstá u rostlin s vyšší povrchovou plochou (např. u řas) a je ovlivněn také pH sedimentu, přítomností organických kyselin a šířkou humusové vrstvy. Obsah celkové rtuti i methylrtuti ve vodních organismech vzrůstá s trofickou úrovní potravní pyramidy, přičemž bezobratlé organismy obsahují cca 50% celkové organokovové rtuti, kdežto piscivorní ptáci mohou mít ve svalovině až 95% rtuti. Ryby akumulují sloučeniny rtuti z potravy i vodního prostředí a to především ve formě methylrtuti. Piscivorní ptáci a savci jako predátoři akumulují rtuť v tkáních v nejvyšší míře a to především v játrech a ledvinách.

Toxicita jednotlivých specií rtuti závisí na jejich chemických a fyzikálních vlastnostech, na jejich množství, cestě intoxikace a době expozice. U rostlin způsobuje expozice rtutí redukci fotosyntézy a inhibici metabolismu organel v cytoplasmě, nejtoxičtější formou je methylrtuť. U ryb se intoxikace rtutí projevuje nižšími hmotnostními přírůstky. Vodní savci a ptáci jsou exponováni nejvíce sloučeninami methylrtuti v potravě. Toxické účinky na tyto organismy závisí na trofické úrovni zkonsumovaných ryb, obsahu rtuti v potravě a hmotnosti živočichů. Intoxikace rtutí se u vodních živočichů a ptáků projevuje neurologickými účinky a dále reprodukčními problémy, poraněními jater a ledvin a vyšší embryonální úmrtností. Expoziční cesta rtuti u lidí je nejčastěji orální, dermální a inhalační. Inhalační expozice nastává díky vdechování par elementární rtuti, při orální expozici jsou do organismu přijímány především anorganické méně toxické formy rtuti. Organokovové sloučeniny jsou z hlediska toxikologického nejnebezpečnější. Akumulují se v tukových tkáních, sorbují se v gastrointestinálním traktu, snadno pronikají bariérami krev-mozek a placentou a ukládají se v ledvinách a vlasech. Intoxikace rtutí u člověka se projevuje imunologickými, neurologickými, reprodukčními, vývojovými, genotoxickými a karcinogenními účinky.



### **3. AKTUÁLNĚ PROVEDENÉ PRŮZKUMNÉ PRÁCE, TESTY, ZKOUŠKY**

#### **3.1 REKAPITULAČNÍ PŘEHLED PROVEDENÝCH PRACÍ**

##### **3.1.1 ODBĚR VZORKŮ VODY VE VODNÍCH TOCÍCH OHŘE A RESLAVA, VODNÍ NÁDRŽI SKALKA A POD HRÁZÍ VD SKALKA**

Monitoring vody byl prováděn primárně za zvýšených vodních stavů a s klesající tendencí průtoku, odběry vzorků byl prováděny na definovaných odběrných místech zadavatele, a to na odběrných místech číslo: 10151, 100101, 100103, 1101, 1102, 1103, 1105, 1107 a na vlastním odběrném místě pod silničním mostem Cheb – Pomezí na levém břehu.

Monitoring vody byl proveden ve dnech 24.11. 2010 (9 vzorků), 13.12. 2010 (5 vzorků), 12.1. 2011 (4 vzorky), 3.2. 2011 (4 vzorky) a 14.2. 2011 (9 vzorků).

Dne 12.1. 2011 byl odběr proveden za začínající povodňové epizody, skupina vzorkařů provedla výjezd po kulminaci této epizody 15.1., ale odběr vzorků nemohl být proveden, protože stálá vzorkovací místa byla nepřístupná z důvodu vysokého vodního stavu.

##### **3.1.1.1 VÝSLEDKY MONITORINGU VODY**

S výjimkou vzorků odebraných dne 24.11. 2010 byly všechny rozbory na obsah rtuti ve vodě pod hranicí stanovitelnosti.

Ve vzorku odebraném na vzorkovacím místě 1105 na řece Reslavě ze dne 24.11. 2011 byl stanoven obsah Hg ve vodě 0,384 µg/l. Na ostatních vzorkovacích místech odebrané vzorky toho dne vykazovaly koncentraci Hg v setinách µg/l.

##### **3.1.2 GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ A URČENÍ MOCNOSTI SEDIMENTŮ**

##### **3.1.2.1 GEODETICKÉ ZAMĚŘENÍ A PŘÍPRAVA DAT**

Bylo provedeno geodetické zaměření stávajícího povrchu dna v nádrži, zjištění původního dna nádrže před napuštěním a porovnáním těchto vrstev byla odhadnuta mocnost sedimentu a jeho objem v nádrži.

Geodetické zaměření provedla firma Gefos a.s. Práce a přípravy na zakázce začaly v listopadu 2010, měřická část a její zpracování bylo kvůli nepříznivým přírodním podmínkám (sníh, led, mráz, zvýšená hladina) započato až na konci února 2011. Využito bylo snížené zimní hladiny (kóta hladiny 437,60 m n. m.)

Technologie a metodika zpracování:

K zjištění stávajícího stavu dna nádrže a mocnosti sedimentů vodní nádrže Skalka bylo použito několik měřických metod. Metody byly navrženy tak, aby byl zajištěn maximální vypovídací výsledek. Celé měření bylo závislé na přírodních podmínkách, především hloubce vody v nádrži a rozsahu částí zátopy nad a pod hladinou zimní hladiny. Bylo využito geodetického zaměření a zaměření dna z lodi vybavené ultrazvukovým snímačem.

Určení objemů zemního tělesa – sedimentu v nádrži bylo provedeno porovnáním současného zaměřeného stavu s výchozím stavem, představujícím stav před napuštěním nádrže. Za tento výchozí stav, byl vzat mapový podklad z roku 1951, tedy vzniklý před zatopením nádrže, který byl digitalizován.

První etapa – zjištění výchozího stavu byla provedena z klasických výškopisných papírových map z roku 1951. Tyto mapy byly digitalizovány, následně vektorizovány, polohově transformovány za pomoci známých bodů a následně byly znovu vygenerovány vrstevnice. Přesnost určení absolutní výšky takto vygenerovaných vrstevnic je dána zaprvé přesností samotných historických map. Směrodatnou odchylku určení absolutní výšky na těchto digitalizovaných podkladech je možno odhadnout hodnotou  $\delta Z \leq \pm 0,5 - 0,8$  m.

V nezatopené části nádrže, kde probíhalo geodetické zaměřování, byly provedeny doplňující zkušební odpichy ocelovou tyčí k zjištění mocnosti sedimentů porovnáním nalezeného tvrdého dna s daty získanými z mapových podkladů z roku 1951. Celkem bylo provedeno 664 odpichů. Původní povrch byl v této části pomocí zjištěných hloubek kalibrován.

Druhá etapa - zaměření současného dna VD Skalka byla provedena několika nejmodernějšími způsoby používanými v České Republice. Metody měření byly omezeny zatopením poloviny dna Vodní nádrže Skalka a to i při upuštění vody na zimní hladinu a volným průtokem Ohře celou nádrží. Druhá etapa byla proto rozdělena na dvě části – zatopenou část od přehrady do cca poloviny nádrže a na nezatopenou část vzniklou upuštěním vody.

Zatopená část nádrže byla skenována speciální měřicí lodí, která byla vybavena dvěma ultrazvukovými vysílači (echoloty) určenými pro měření hloubky dna a mocnosti sedimentů. První vysílač má frekvenci měření 200 kHz pro hloubku až do 200 metrů a druhý vysílač má frekvenci měření 24 kHz pro sedimenty s možností určit mocnost sedimentů až 20 metrů celkově hlubokých. Pro určení polohy lodi v každém okamžiku slouží dvojice přijímačů GNSS (jeden přijímač je umístěn na předem definovaném referenčním bodu v blízkosti lokality a prostřednictvím radiomodemu vysílá korekční data druhému přijímači, který je umístěn na lodi. Eliminace chyb měření způsobený proudící vodou (náklon a trim) byl proveden přístrojem Gyrotrack. Pořízená data v souřadnicích x, y, z, jsou transformována do souřadnicového systému S-JTSK.

Parametry echolotu jsou následující:

- minimální hloubka měření je 1 metr
- maximální hloubka měření je 200 metrů
- maximální hloubka sedimentů pod dnem 20 metrů
- Přesnost měření hloubky je 0.02 metru + 0,2 % rozsahu
- Přesnost určení polohy je 25 cm.

Touto metodou bylo zaměřeno cca 129 ha, viz. obrázek č. 7 (fialově vyznačeno území zaměřené měřicí lodí, ostatní plocha zaměřena geodeticky z povrchu)

Druhá, nezatopená část Vodní nádrže Skalka byla měřena kombinací dvou geodetických metod měření. Část byla změřena klasicky, totální stanicí Leica TC 1205 s přesností, vzhledem k použitému bodovému poli,  $\sigma_{XY} \leq 0,14$  m a  $\sigma_Z \leq 0,20$  m a dále



přístrojem GNSS Leica TC 1200 se stejnou výslednou přesností.

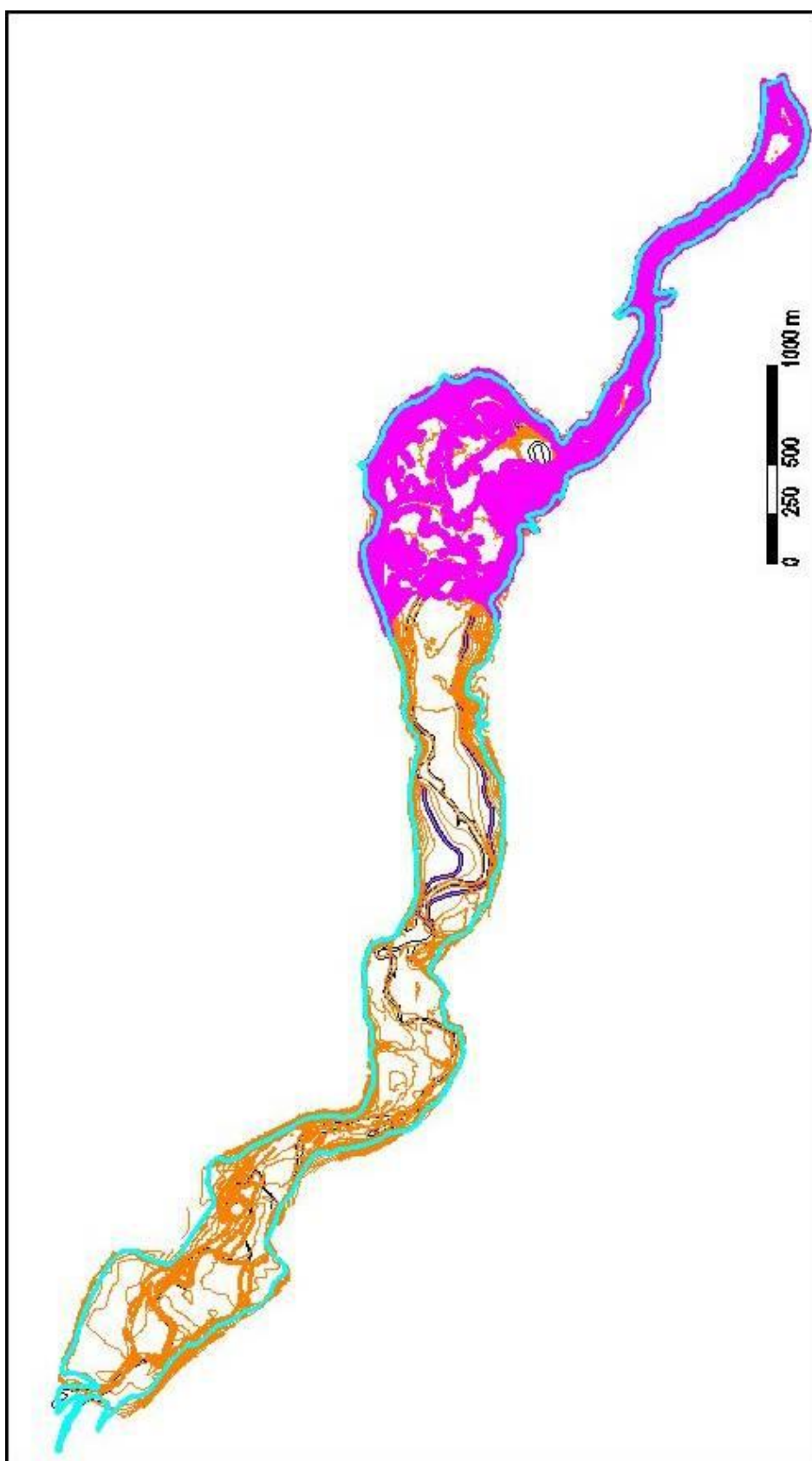
Dále byl k měření použit pozemní laserový skener Leica HDS 3000 s dosahem měření v ideálních podmínkách 150-200 metrů se sběrem bodů 6000 bodů/sekunda.

Průměrný bodový rastr měření byl zvolen 20 x 20cm. Vlastní přesnost skeneru na dobře identifikovatelné body je udávána apriorní směrodatnou odchylkou prostorového určení bodu  $\sigma \leq 6$  mm, což představuje směrodatnou odchylku v jedné souřadnici  $\sigma_x \leq 2,5$  mm a v rovině  $\sigma_P \leq 4$  mm. V daném případě, s ohledem na charakter měřených bodů (dno nádrže = bahno) a způsob připojení do jednotného systému, je výsledná přesnost minimálně stejná, resp. vyšší než u výše uvedených klasických metod.

V tomto území - nezatopená část, byly navíc ještě prováděny zkušební odpichy ocelovou tyčí k zjištění mocnosti sedimentů porovnáním nalezeného tvrdého dna s daty získanými z mapových podkladů z roku 1951.

Pro obě etapy, dno z roku 1951 a roku 2011 byl vytvořen digitální 3D model dna vodní nádrže.

Dále byly vytvořeny seznamy souřadnic a výkresy bodové sítě 5x5 metrů pro podklady z roku 1951 a výsledné zaměření z roku 2011. Data byla připravena do formátů pro následnou analýzu mocnosti sedimentu.



Obrázek č.7: Rozdělení způsobu zaměření povrchu a hloubky sedimentu měření

### **3.1.2.2 URČENÍ MOCNOSTI SEDIMENTŮ**

Objem sedimentu vodní nádrže Skalka byl určen v prostředí programu ArcMap od společnosti ESRI. Byla použita licence ArcINFO, včetně extenze 3D Analyst. Výchozím souřadnicovým systémem byl zvolen S-JTSK (Křováková projekce). Pro analýzu použita data z předchozí etapy zaměření. Jednalo se o:

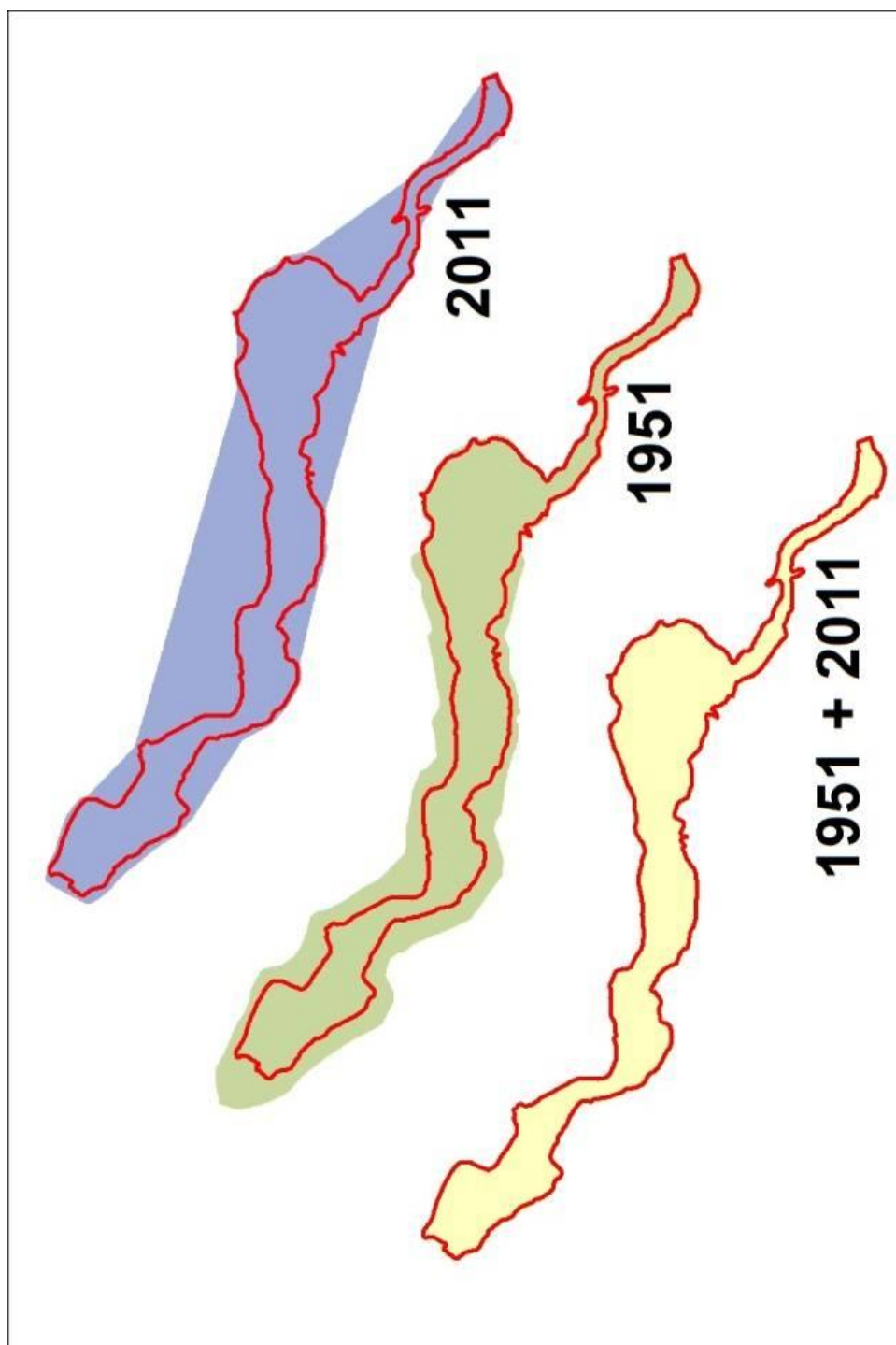
- 1) reliéf v roce 1951 (pravidelné bodové pole ve formátu TXT, krok 5m)
- 2) geodeticky zaměřený stav dna vodní nádrže Skalka v roce 2011 (pravidelné bodové pole ve formátu TXT, krok 5m)
- 3) obrys vodní nádrže Skalka (formát DXF)
- 4) průběh vodního toku Ohře v roce 1951 (formát DXF)
- 5) Kontrolní odpichy – bodové zjištění hloubky sedimentu (TXT).

#### **Příprava dat:**

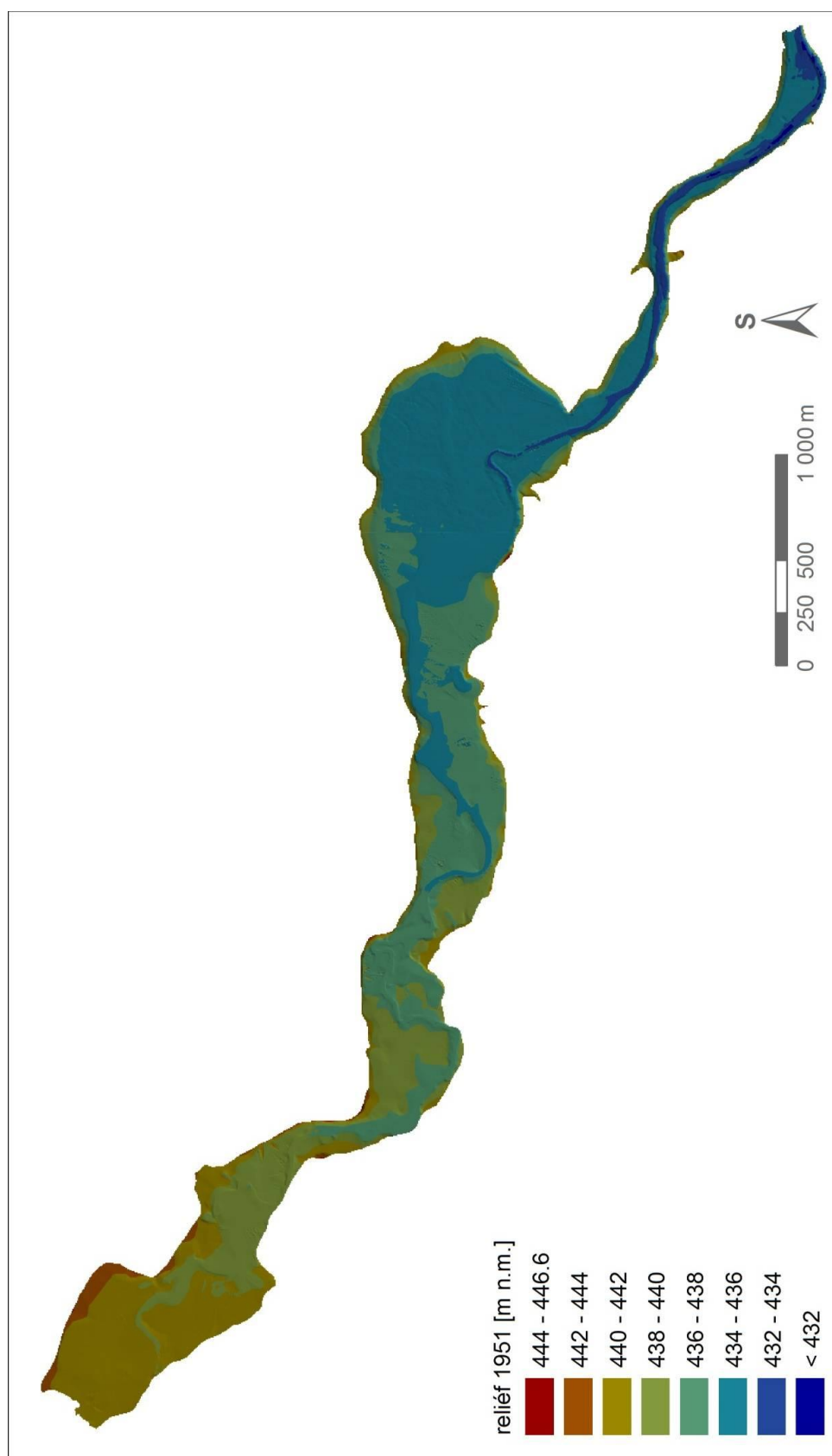
Data byla exportována z formátu \*.txt do SHP vrstev, které lze primárně zpracovávat v programu ArcMap.

#### **Postup při analýze dat:**

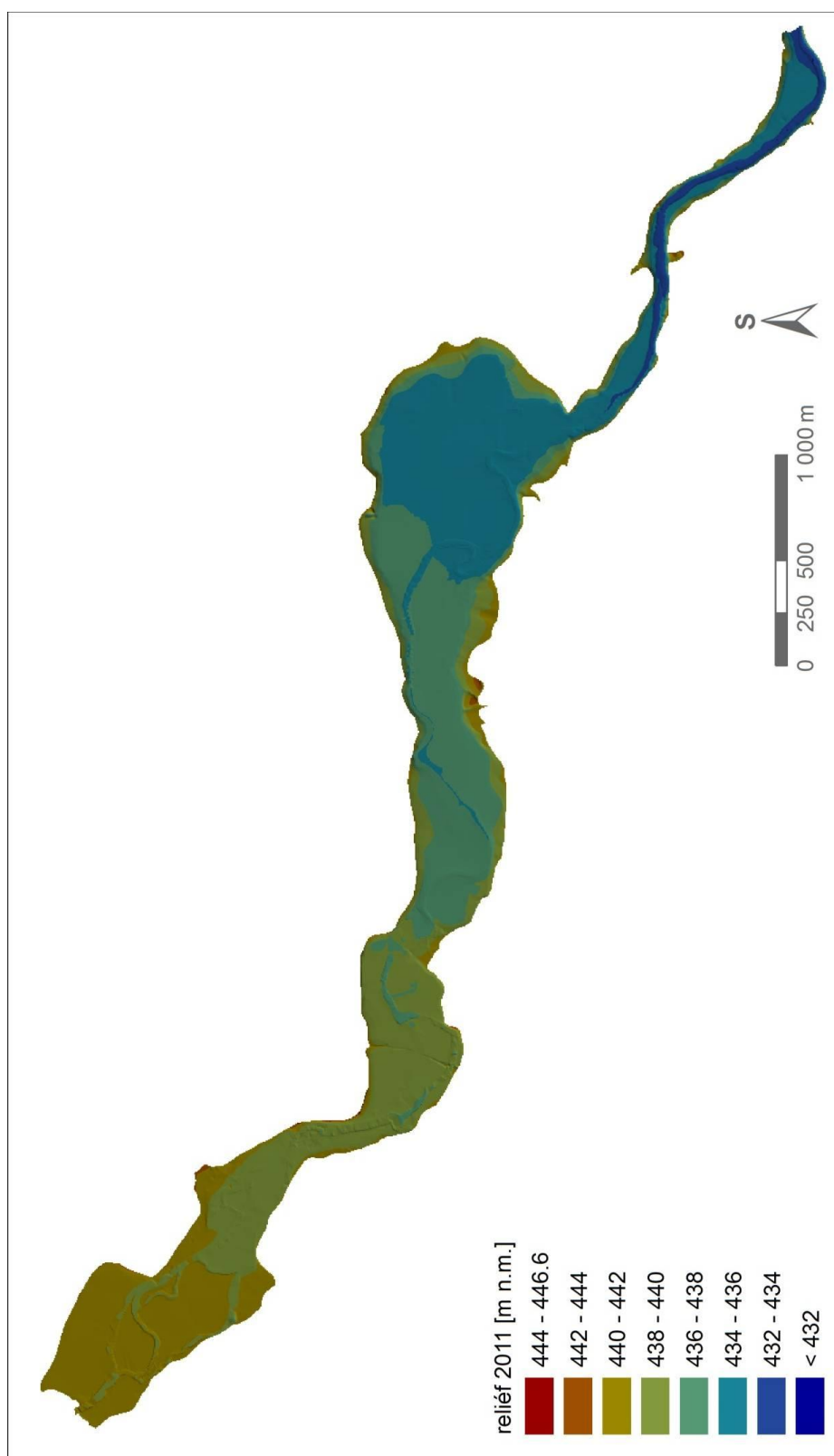
V prostředí ArcMap byla bodová pole zobrazena a následně exportována do bodové vrstvy SHP. Každá z bodových vrstev měla odlišný rozsah dat. Plocha dat pro rok 1951 přesahovala rozsah zaměření roku 2011. Pro sjednocení plochy obou zdrojů dat byl použit obrys vodní nádrže Skalka, kterým byly obě bodové vrstvy (1951 i 2011) prostorovým dotazem oříznuty. Výsledkem tedy byly 2 bodové vrstvy stejného rozsahu (121 661 bodů), viz obr. č. 8 a 9. V dalším kroku bylo provedeno odečtení hodnot nadmořské výšky obou vrstev, jejímž výsledkem je mocnost sedimentu (obr.10). Vzhledem k nepřesnostem vektorizované mapy bylo zjištěno, že některých místech se nachází nulová nebo záporná hodnota mocnosti, což neodpovídalo provedeným kontrolním odpichům. Na závěr byly tedy zohledněny provedené kontrolní odpichy, které byly provedeny na 660 místech v nádrži. Byl vytvořen kontrolní povrch úrovní hloubek odpichů a zjištěna průměrná hloubka odpichů 1 m. Tato hodnota byla odhadem snížena na 0,75 (vliv snížení mocnosti v krajích nádrže) a hodnota 0,75 m byla započítána v místech s nulovou nebo zápornou hodnotou. Výsledná vrstva zobrazující mocnosti sedimentu je zobrazena na obr. 12.



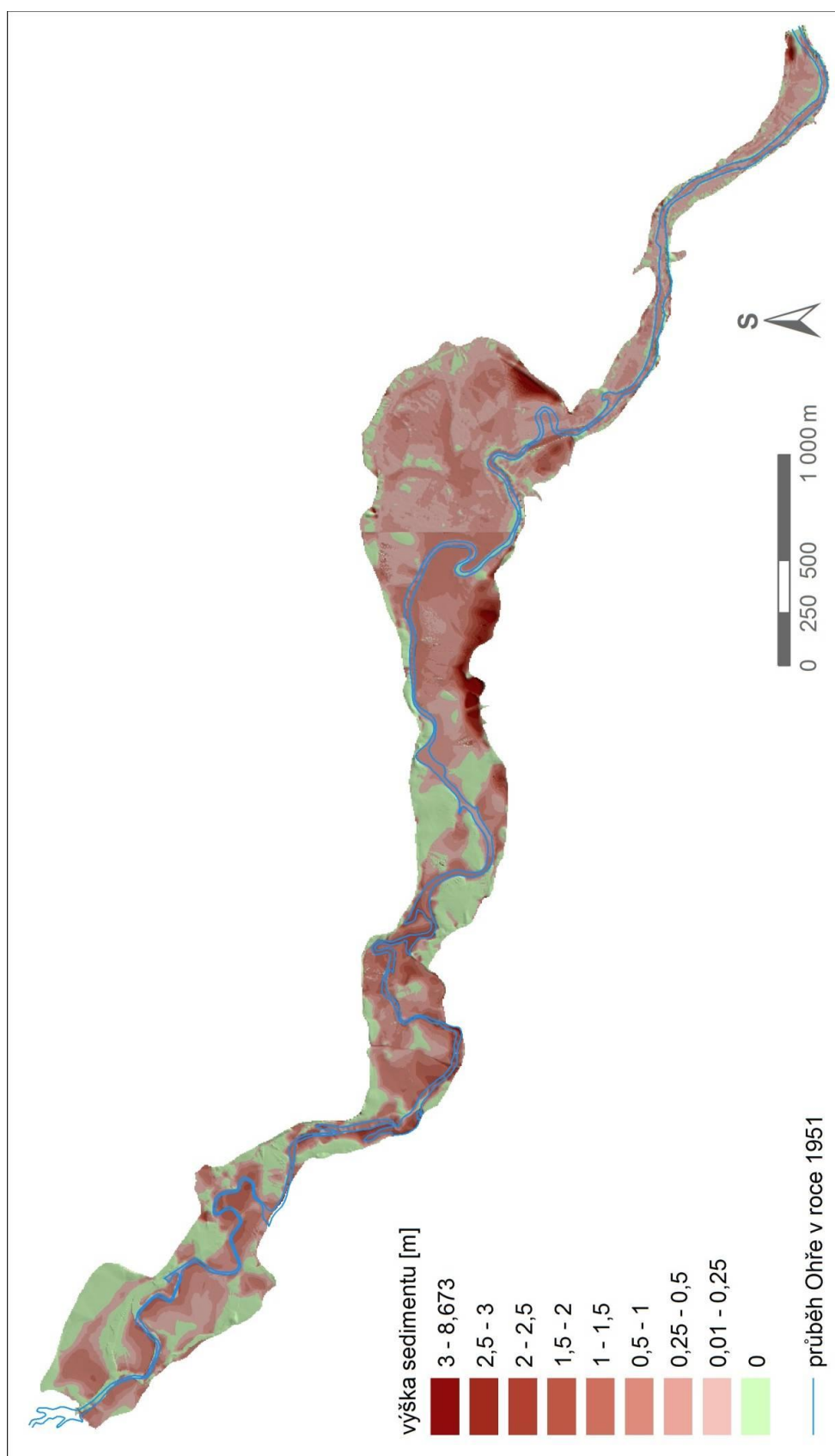
Obrázek č.8: Příprava dat pro určení mocnosti sedimentu



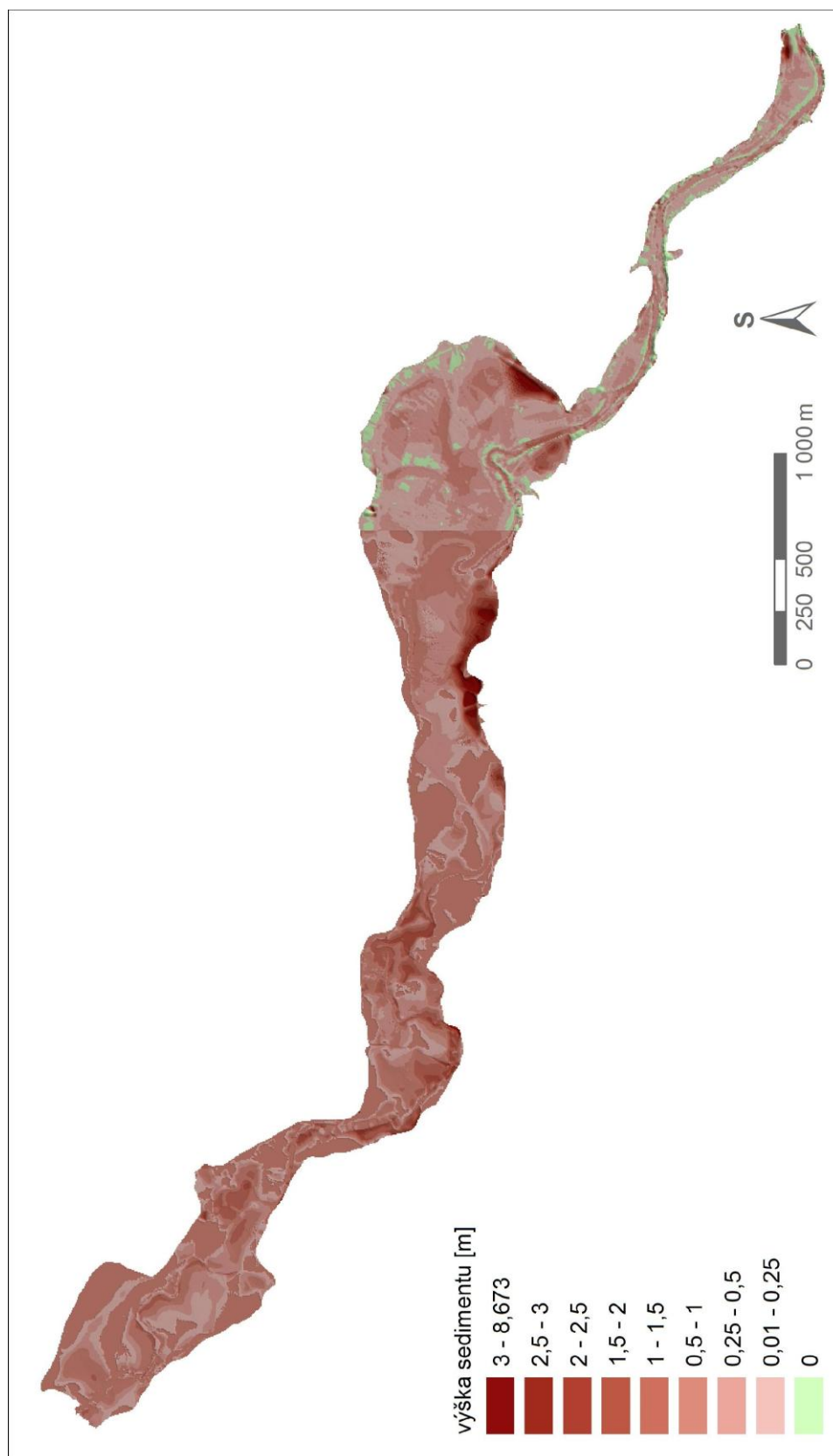
Obrázek č.9: TIN reprezentující reliéf dna, zaměřený v roce 1951.



Obrázek č.10: TIN reprezentující reliéf dna, zaměřený v roce 2011.



Obrázek č.11: Zobrazení mocnosti sedimentu po odečtení vrstev 2011 a 1951



Obrázek č.12: Zobrazení mocnosti sedimentu se zohledněním kontrolních odpichů



V oblasti Velké zátoky lze lehce rozlišit přechod mezi 2 různými metodami pořízení dat.

Závěrem je potřeba upozornit na poměrně velkou odchylku v primárních datech, konkrétně u bodového pole reliéfu k roku 1951. Při tvorbě této datové sady mohly vzniknout chyby už při digitalizaci, transformaci, ale také při následné interpretaci do vrstevnic za pomoci interpolačních metod. Je počítáno s možnou chybou 0,5 – 0,8m, což může výrazně ovlivnit výsledný objem. V místech, kde byla data pořizována z lodi (zhruba třetina celé plochy nádrže) jsou data poměrně přesná, proto lze celkovou chybu vztahenou k celé ploše nádrže snížit přibližně o 30%.

### **3.1.3 ODBĚR A ROZBORY VZORKŮ SEDIMENTU**

Vzorkování sedimentu:

Vzorkování sedimentů proběhlo 11.4 a 12.4 2011, vzorkařská skupina odebrala celkem 50 vzorků z 25 míst v zátopě vodního díla Skalka.

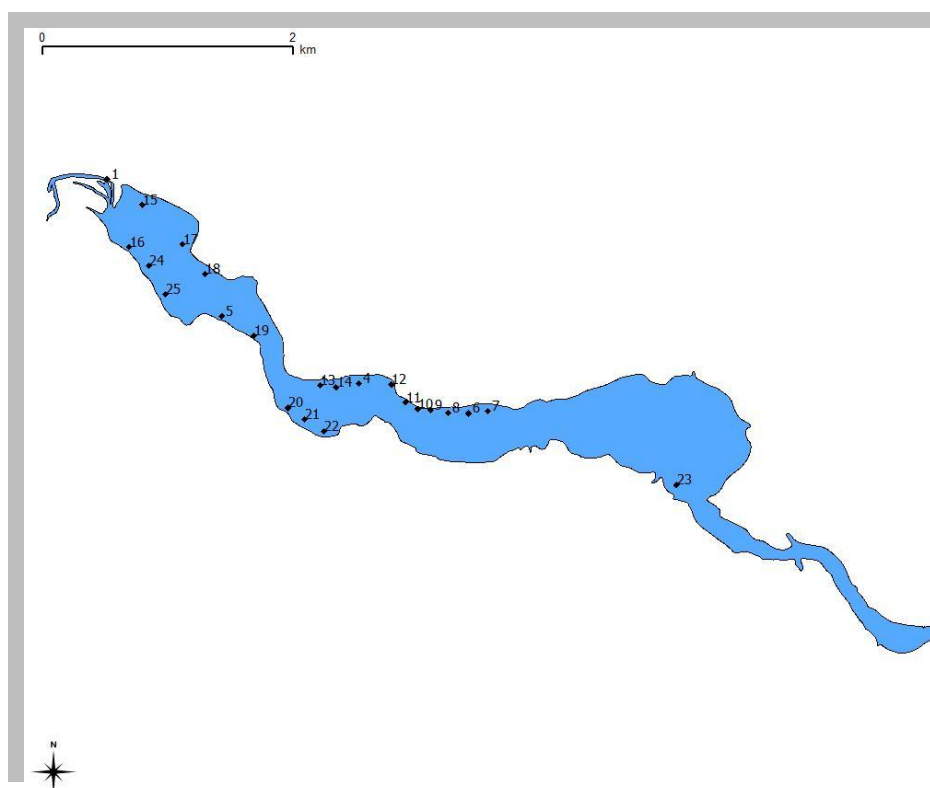
Stanovení metodiky odběru vzorků se ukázalo jako problematické, protože vzhledem k situaci (zimní hladina, nehomogenní sediment, deštivé počasí) nebylo možno odhadnout s jaký typ materiálu a s jakou konzistencí bude vzorkován.

Byly zkoušeny tři metodiky odběru:

- a) pístový vzorkovník
- b) rašelinová sonda
- c) Edelmannův ruční vrták

Pístový vzorkovník se neosvědčil z důvodu vysoké viskozity sedimentu, rašelinová sonda se ukázala jako nevhodná z důvodu vysokého podílu klastického materiálu (písek, štěrčík) v sedimentu. Jako nejvhodnější způsob odběru vzorku se tedy jeví Edelmannův zemní vrták. Při vzorkování je ovšem nutno věnovat pozornost kontinuitě odvrtní jednotlivých vrstev a přesné navazování odlišitelných litologických poloh. Z tohoto důvodu bylo nutno některé vzorky odebírat několikrát.

Obrázek č.13: Lokalizace míst odběru vzorků sedimentů



Bylo odebráno 50 vzorků z 25 odběrných míst. Makroskopicky odlišitelné polohy byly vzorkovány jako samostatný vzorek.

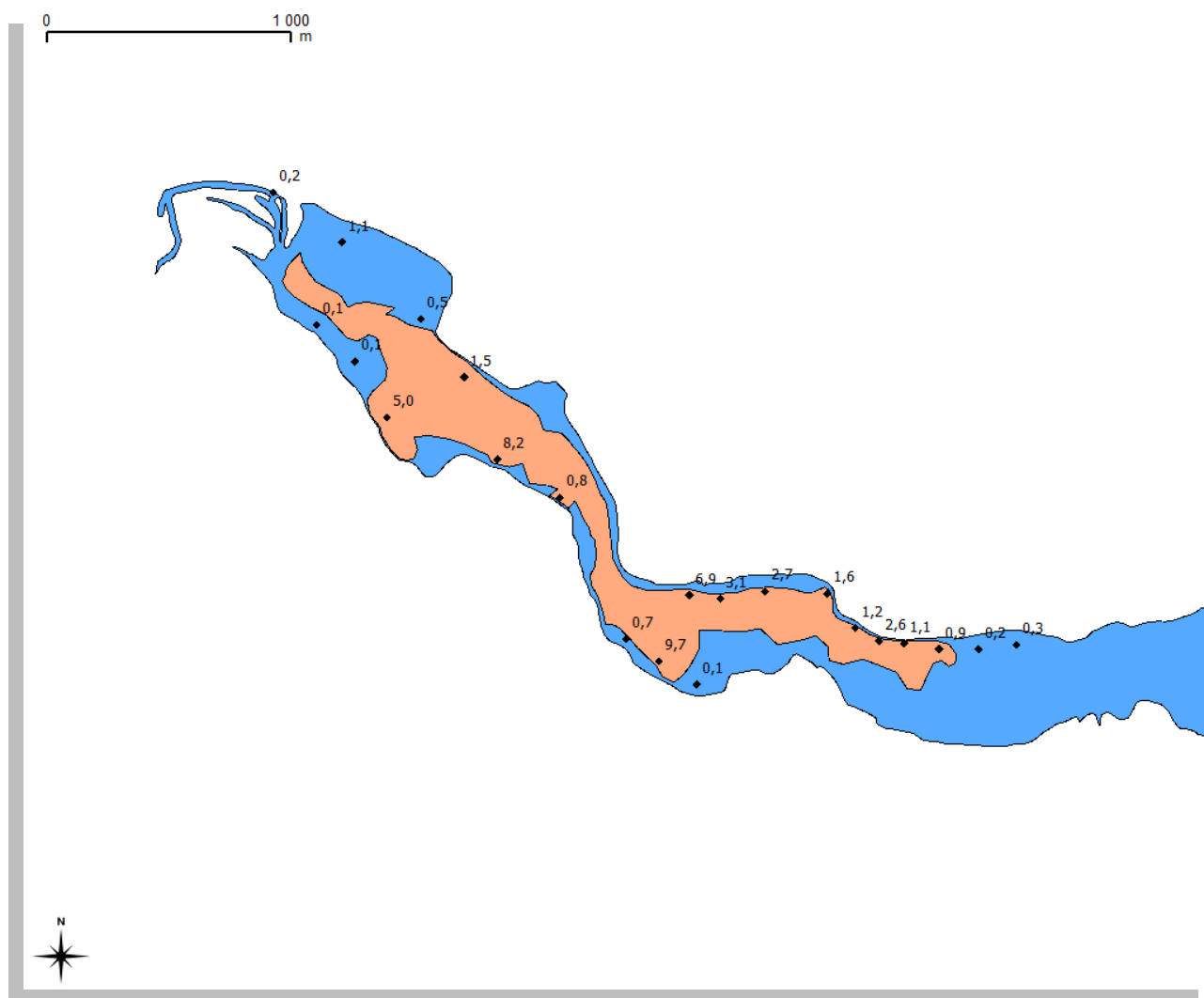
Později byl odebrán ještě jeden srovnávací vzorek odebraný z prostoru Ottova jezu na řece pod hrází VD Skalka (označení jako vzorek 26/1). V prostoru Ottova je plošně uplatněno zpevnění dna kamenným záhozem. Z tohoto důvodu je velmi obtížné zde najít sediment, který poskytne srovnání se sedimentem v prostoru zátopy vodního díla Skalka. Přesto se takový sediment podařilo lokalizovat a odebrat v blízkosti levého břehu řeky v oblasti nadržení Ottova jezu. Vzorek obsahoval jak jílový podíl, tak podíl organického detritu, což je v tomto případě rozhodující pro srovnání koncentrace rtuti. Vzorek je označen 26/1 a jeho rozbor ukázal hodnotu 0,329 mg Hg/kg. Tato hodnota ovšem může představovat jak mírné zvýšení obsahu rtuti vlivem přínosu splavenin, tak i mírně zvýšenou hodnotu přirozeného pozadí v oblasti krystalinika, tvořeného metamorfovanými horninami typu svoru a fylitu. V této otázce nejsme schopni zaujmout jednoznačné stanovisko.

Vzorky sedimentu byly odebrány pomocí Edelmannova ručního vrtáku z celkem 26 odběrných míst do hloubky maximálně 1,3 m (z každého místa ozn. 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 bylo odebráno jeden až tři vzorky sedimentů). Následně byly vzorky pomocí lopatky homogenizovány, kvartovány a převedeny do speciálních vzorkovnic (viz protokol o odběru sedimentu BER-68/11 a BER-69/11). Po odběru byly vzorky uloženy do chladicího boxu a transportovány do akreditované laboratoře AQUATEST a.s.

Na následujícím obrázku je patrné geografické rozmístění odběrných míst podél

obou břehů vodního díla.

**Obrázek č.14: Obsahy Hg přepočtené váhovým průměrem podle mocnosti, odběrná místa a lokalizace rizikového sedimentu**



Sedimentační podmínky v záplavě horní části vodního díla Skalka můžeme charakterizovat jako velmi dynamickou sedimentaci deltového typu s typickou vertikálně i horizontálně se rychle měnící zrnitostí sedimentů. Místa jsou zřetelné autochtonní sedimentační patrie (např. původní koryto řeky Ohře), ale většina sedimentů se jeví jako několikrát přeplavené sedimenty alochtonního původu. Tento stav koresponduje s vysokými průtoky na řece Reslavě a Ohři, kde v součtu mohou v zimním období průtoky dosahovat 50 – 70 m<sup>3</sup>/s.

V následující tabulce jsou uvedeny stručné litologické popisy hornin pořízené při vzorkování sedimentů.

**Tabulka č.8: Litologický popis sedimentu**

| č.vzorku | hl. od (m) | hl. do (m) | mocnost (m) | Litologický popis sedimentu                                       | Obsah Hg (mg/kg) |
|----------|------------|------------|-------------|---|------------------|
| 1        | 0          | 0,5        | 0,5         | jíl, tmavě šedý, slídnatý, zbytky organických látek               | 0,218            |
| 4/1      | 0          | 0,4        | 0,4         | prach písčité, hnědý s příměsí organických látek                  | 4,74             |
| 4/2      | 0,4        | 1          | 0,6         | šterčik, světle hnědý   | 1,54             |
| 5/1      | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl, světle hnědý, prachový, slídnatý, s pásy limonitu            | 14,5             |
| 5/2      | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl, světle šedý, slabě prachový, s pásy limonitu                 | 3,96             |
| 6/1      | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl prachový, slabě písčité s organickou příměsí, rezavě zbarvený | 0,32             |
| 6/2      | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl tmavě šedý s organickou příměsí                               | 0,102            |
| 7/1      | 0          | 0,2        | 0,2         | prach hnědý slabě písčité s organickou příměsí                    | 0,892            |
| 7/2      | 0,2        | 0,5        | 0,3         | prach jílovitý, světle šedý s organickou příměsí                  | 0,1              |
| 7/3      | 0,5        | 1          | 0,5         | jíl prachový světle šedý rezavě zbarvený                          | 0,132            |
| 8/1      | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl hnědý, slabě písčité, organická příměs                        | 1,81             |
| 8/2      | 0,2        | 0,4        | 0,2         | jíl světle hnědý, slabě písčité, org. Příměs                      | 0,165            |
| 8/3      | 0,4        | 0,6        | 0,2         | jíl světle hnědý, okrově zbarvený, slabě písčité                  | 0,139            |
| 9/1      | 0          | 0,2        | 0,2         | písek jílovitý, hnědý, organická příměs                           | 0,335            |
| 9/2      | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl písčité, hnědý, organická příměs                              | 2,75             |
| 9/3      | 0,5        | 1          | 0,5         | jíl písčité, světle hnědý, organická příměs                       | 0,462            |
| 10/1     | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl tmavě hnědý, slabě písčité, organická příměs                  | 3,91             |
| 10/2     | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl světle šedohnědý, organická příměs                            | 3,53             |
| 10/3     | 0,5        | 1          | 0,5         | jíl šedý s organickou příměsí                                     | 0,761            |
| 11/1     | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl tmavě hnědý, slabě písčité, organická příměs, slídnatý        | 4,04             |
| 11/2     | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl šedohnědý s organickou příměsí                                | 0,811            |
| 11/3     | 0,5        | 1          | 0,5         | jíl šedohnědý, slabě písčité                                      | 0,263            |
| 12/1     | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl šedohnědý písčité s organickými zbytky                        | 0,647            |
| 12/2     | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl tmavě hnědý s organickou příměsí                              | 0,994            |
| 12/3     | 0,5        | 1          | 0,5         | jíl šedohnědý, org.   | 2,42             |
| 12/4     | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl tmavě hnědý s org. Příměsí                                    | 5,72             |
| 13/1     | 0          | 0,5        | 0,5         | jíl šedohnědý s organickými zbytky                                | 12,4             |
| 13/2     | 0,5        | 0,7        | 0,2         | jíl šedohnědý rezavě zbarvený                                     | 1,31             |
| 13/3     | 0,7        | 1          | 0,3         | jíl šedý  | 0,346            |
| 14/1     | 0          | 0,2        | 0,2         | jíl šedohnědý s organickou příměsí                                | 11,8             |
| 14/2     | 0,2        | 0,5        | 0,3         | jíl šedý okrově zbarvený, org.                                    | 1,61             |
| 14/3     | 0,5        | 1          | 0,5         | jíl šedý  | 0,493            |
| 15/1     | 0          | 0,2        | 0,2         | písek hrubozrnný až šterčik, slídnatý, org.                       | 0,1              |
| 15/2     | 0,2        | 0,7        | 0,5         | písek hrubozrnný až střednězrnný, slídnatý, org.                  | 0,13             |
| 16/1     | 0          | 0,4        | 0,4         | jíl šedý, slídnatý, org. zbytky                                   | 0,1              |
| 16/2     | 0,4        | 1          | 0,6         | jíl šedý, s pásy písku, org.                                      | 0,1              |
| 17/1     | 0          | 0,4        | 0,4         | jíl prachově písčité rezavě šedý slídnatý                         | 0,676            |
| 17/2     | 0,4        | 1,3        | 0,9         | jíl šedohnědý písčité proplásky šterčiku slídnatý s org.          | 0,398            |
| 18/1     | 0          | 0,15       | 0,15        | jíl prachový šedohnědý pásy limonitu slídnatý                     | 9,51             |
| 18/2     | 0,15       | 1,3        | 1,15        | šterčik rezavě hnědý slídnatý org.                                | 0,532            |
| 19/1     | 0          | 1          | 1           | jíl okrově hnědý, zbarvený limonitem                              | 0,837            |

|      |     |     |     |   |       |
|------|-----|-----|-----|---|-------|
| 20/1 | 0   | 0,5 | 0,5 | prach písčité, hnědý s příměsí organických látek  | 1,05  |
| 20/2 | 0,5 | 1   | 0,5 | písek, hnědý, prachový s přechodem do hrubozrnného písku  | 0,256 |
| 21/1 | 0   | 0,5 | 0,5 | jíl prachový, světle hnědý, slídnatý, konkrece limonitu, org.                                       | 7,26  |
| 21/2 | 0,5 | 1   | 0,5 | jíl prachový hnědý, org.  | 12,2  |
| 22   | 0   | 0,5 | 0,5 | jíl šedý rezavě páskovaný slídnatý nepravidelné proplástky hrubozrnného písku                       | 0,103 |
| 23   | 0   | 0,5 | 0,5 | jíl písčité, světlehnědý, slídnatý, org., s valounky ruly a křemene                                 | 0,1   |
| 24/1 | 0   | 0,2 | 0,2 | jíl šedý, bez organiky  | 0,1   |
| 25/1 | 0   | 0,4 | 0,4 | písek, jílovitý, sv. hnědý, slídnatý  | 6,87  |
| 25/2 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | písek sv. hnědý slídnatý  | 3,09  |
| 26/1 | 0   | 0,2 | 0,2 | jíl pracově písčité, slídnatý, s valounky křemene a jemnozrnné ruly, s příměsí recentních splavenin | 0,329 |

Celkový obsah rtuti v odebraných vzorcích je možno označit jako velmi zvýšený oproti pozadí v regionu, v tělese sedimentů však není možno jednoznačně popsat zdroj zátěže. Zvýšený obsah rtuti vykazují nerovnoměrně všechny zjištěné sedimenty, od písků, přes prach až po polohy jílu. Rozhodující se zdá být obsah organické příměsi ve formě detritu, který je přítomen ve všech zrnitostních kategoriích sedimentů. Tomuto faktu odpovídají i statistické charakteristiky souboru vzorků, které nemají charakter Gaussova rozdělení.

**Tabulka č.9: Statistická charakteristika souboru stanovení rtuti v sedimentech**

| Parametr                | Hg      |
|-------------------------|---------|
| Počet vzorků            | 51      |
| Minimum                 | 0,1     |
| Maximum                 | 14,5    |
| Rozsah                  | 14,4    |
| Průměr                  | 2,489   |
| Standardní odchylka     | 3,692   |
| Koeficient variace      | 1,48315 |
| Šikmost                 | 1,95    |
| Kolmogorov-Smirnov test | 0,261   |

**Tabulka č.10: Rozdělení četností**

| Hodnoty | Četnosti |
|---------|----------|
| 2       | 36       |
| 4       | 5        |
| 6       | 3        |
| 8       | 2        |
| 10      | 1        |
| 12      | 1        |
| 14      | 2        |
| 16      | 1        |

Analýza rozdělení četností obsahu Hg v sedimentech a soubor ukazatelů statistických charakteristik jasně ukazuje na nerovnoměrnost rozložení obsahu Hg v sedimentu a nemožnost vysledovat nějakou makroskopickou závislost, nebo vazbu na podmínky sedimentace. Tato skutečnost jasně ukazuje na mechanismus vnosu rtuti

do záplavy vodního díla Skalka. T tohoto důvodu se domníváme, že vnos rtuti je spojen s fyzikálně – chemickou vazbou Hg na jílové minerály a na organický detrit. V případě organického detritu je pravděpodobně rtuť vázána na anaerobně se rozkládající organickou hmotu. Při tomto procesu vznikají huminové látky charakteru huminových a fulvokyselin, které se svou velkou schopností vytvářet fyzikálně – chemickou vazbu kovovými prvky stávají transportním médiem pro kovovou rtuť a další kovy.

Tomuto faktu by měly odpovídat i zvýšené obsahy Hg a kovů obecně v plaveninách.

Cílem průzkumných prací dále bylo ověření, zda rybniční sediment odpovídá příloze č. 9 k zákonu č. 185/2001 Sb. (zákon č. 9/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony) z důvodu jeho dalšího využití na povrchu terénu.

Sediment byl popsán dle vyhlášky č.294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu.

Výsledky jsou obsaženy v kapitole 3.2.2 a příloze D1-D3.

Vzhledem k hladině zimní hladině vody v nádrži a vzhledem k tomu obsah rtuti generelně klesá od vtoku Ohře do nádrže směrem k hrázi, bylo vzorkování prováděno pouze v horní části nádrže. Ve spodní části nádrže neočekáváme sedimenty se vysokým obsahem Hg vzhledem k převládajícímu písčitému charakteru sedimentace, v těchto písčích nebyly patrné nositelé znečištění rtutí, tedy jílové minerály a organický detrit.

Výjimkou může být sediment v oblasti zvané Velké zátoka, kde odběr sedimentu z technických důvodů nebyl možný.

### **3.1.4 ODBĚR A ROZBORY VZORKŮ RYB**

V termínu 27.4 - 28.4. 2011 byl proveden odlov ryb a odběr vzorků tkání (svalovina, játra, ledviny) u 11 indikátorových druhů ryb z nádrže Skalka u Chebu. Následně byly vzorky analyzovány na obsah celkové rtuti. Z požadovaných druhů se nepodařilo odlovit tolstolobika bílého a parmu obecnou. Tyto druhy byly nahrazeny úhořem říčním a perlínem ostrobřichým. Zhotovitelem prací byla Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod (FROV JU), Jihočeské výzkumné centrum akvakultury a biodiverzity hydrocenóz (CENAKVA). Závěr a výsledky jsou popsány v kapitole 3.2.3.

Kompletní zpráva je obsažena v příloze D.4

### **3.1.5 VYTVOŘENÍ DATABÁZE**

Databáze dat byla vytvořena v programu MS ACCESS a jsou v ní uvedeny veškeré zhotoviteli známé rozbory vody, sedimentů a ryb.

Struktura dráze je poplatná svému účelu, je vytvořena jako účelová databáze propojující všechny zkoumané aspekty problematiky rtuti ve vodním díle Skalka.

### **3.1.6 PRŮZKUM PŘÍJEZDOVÝCH KOMUNIKACÍ**

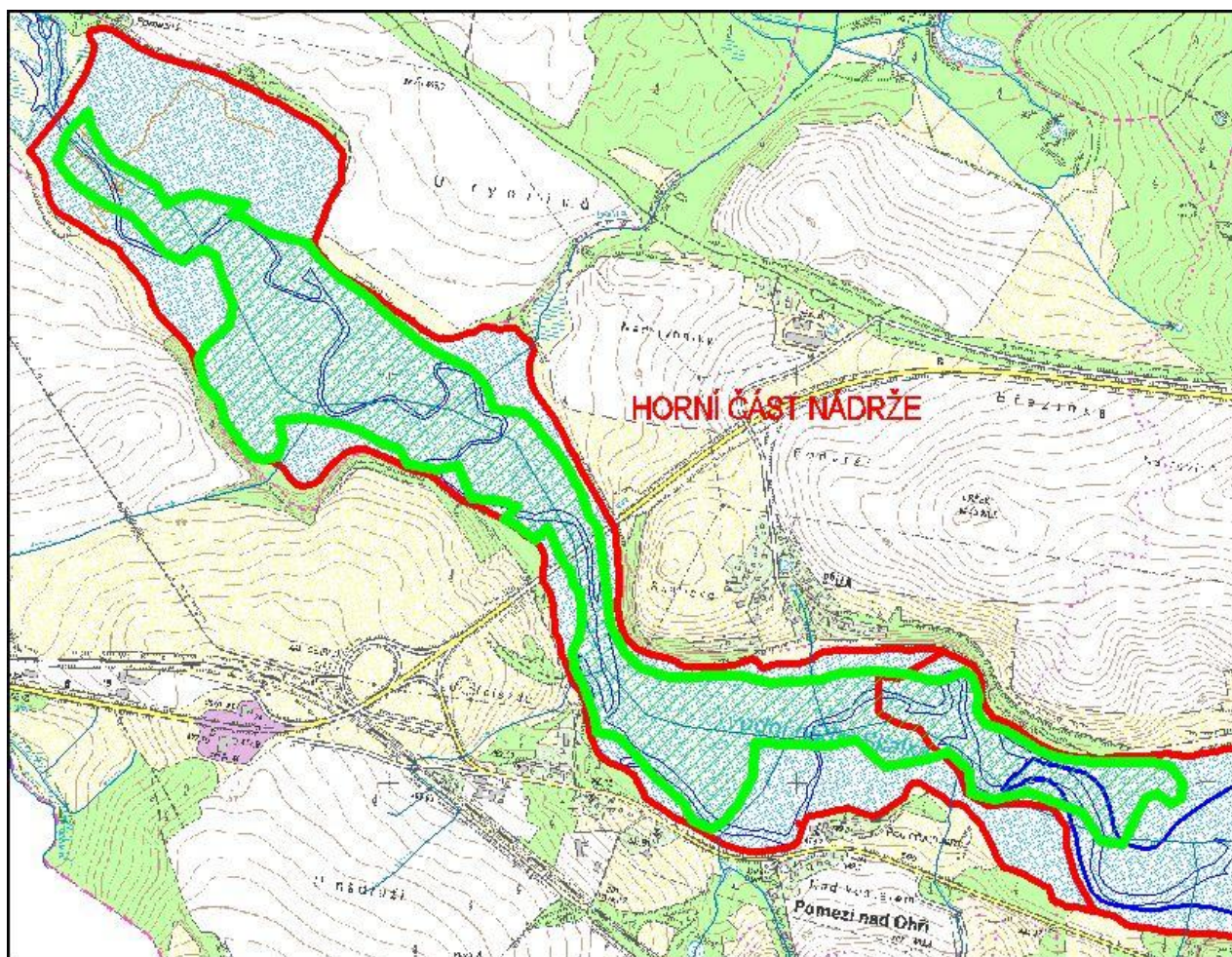


Dne 9.5. 2011 byl proveden terénní průzkum zaměřený na komunikace potenciálně využitelné pro příjezd mechanizace do zátopy nádrže a odvoz sedimentu. Výsledky terénního průzkumu ukazuje kapitola 3.2.5.

## 3.2 VÝSLEDKY PRACÍ A VYPLÝVAJÍCÍ ZÁVĚRY

### 3.2.1 URČENÍ OBJEMU A KONTAMINACE SEDIMENTŮ

Podle provedených rozborů a podle odhadu sedimentačních procesů zohledňujících morfologii dna a vlivu bočních přítoků byla určena plocha rizikového sedimentu. Tato plocha určuje sediment, u kterého je možné překročení limitu koncentrace Hg 0,8 mg/kg sušiny. Vymezená plocha je zobrazena zeleným polygonem na obrázku č. 15. V tabulce č. 11 je uvedeno množství tohoto sedimentu.



Obrázek č.15: Oblast rizikového sedimentu

Tabulka č.11: Množství rizikového sedimentu

| Oblast                   | Plocha         |     | Objem sedimentu |                     | Objem |
|--------------------------|----------------|-----|-----------------|---------------------|-------|
|                          | m <sup>2</sup> | ha  | m <sup>3</sup>  | tis. m <sup>3</sup> | %     |
| Horní část nádrže celkem | 1 285 700      | 129 | 844 288         | 844                 | 100   |
| Z toho rizikový sediment | 672 175        | 67  | 455 626         | 456                 | 54    |

### **3.2.2 VÝSLEDKY ODBĚRŮ A ROZBORŮ VZORKŮ PRO ÚČELY ZATŘÍZENÍ PODLE ZÁKONA O ODPADECH**

Z výsledků rozborů uvedených v příloze (Protokol o zkouškách č. 3074/11) vyplývá, že vzorek sedimentu vyhovuje plně rozsahu přílohy č.9 zákona č. 9/2009 Sb. a vytěžený sediment může být využit k zavážení podzemních prostor a k úpravám povrchu terénu v souladu s tímto zákonem.

Dle vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu byl proveden základní popis odpadu:

#### **Základní popis odpadu:**

Název: Zemina a kamení neuvedené pod číslem 17 05 03

Kat. č: 17 05 04

Kategorie: O

Výčet nebezpečných vlastností: nemá nebezpečné vlastnosti

Fyzikální vlastnosti odpadu (konzistence, barva, zápach apod.): sediment jílovitě písčitý

Mísitelnost odpadu s jinými druhy odpadů: nejsou nežádoucí chemické reakce

Údaje o vyluhovatelnosti – odpad vyhovuje třídě vyluhovatelnosti: odpad splňuje tab. 2.1 II.třída vyluhovatelnosti vyhl č.294/05

Odpad splňuje podmínky pro přijetí na skládku skupiny : S-O

Způsob a postup úpravy odpadu před uložením na skládku: bez úpravy

Opatření, která jsou na skládce třeba učinit po přijetí odpadu: žádná

Stanovení kritických ukazatelů, které budou sledovány v průběhu opakovaných dodávek odpadu: obsah Hg v sušině během sanačního zásahu

### **3.2.3 VÝSLEDKY ROZBORU RYB**

Výsledky ukazují, že se v analyzovaných tkáních ryb především dravých druhů ryb (bolen, candát, okoun, úhoř) z nádrže Skalka nacházely velmi vysoké hodnoty obsahu celkové rtuti často několikanásobně převyšující stávající hygienický limit. Hygienický limit byl překročen u většiny analyzovaných vzorků svaloviny dravých i nedravých ryb. Pouze koncentrace Hg ve tkáních kapra nepřekračovaly tento limit. Nejnižší hodnoty obsahu Hg byly zjištěny u kapra obecného, který je do nádrže uměle vysazován a není tedy vhodným indikátorovým druhem, který by odrážel skutečné zatížení nádrže.

U většiny analyzovaných druhů byly nejvyšší koncentrace nalézány ve svalovině, v případě cejna v játrech a v případě bolena v ledvinách. V lokalitách s běžnou úrovní zatížení vodního prostředí rtutí jsou v případě ryb nacházeny nejvyšší koncentrace rtuti ve svalovině. V případě aktuální významné kontaminace jsou nalézány srovnatelné koncentrace i v játrech a v ledvinách. Toto je případ lokality Skalka.

Rtuť se je kov, který se kumuluje v organismech v průběhu jejich života. V případě ryb jsou nejvyšší koncentrace tohoto kovu nalézány v tkáních starých dravců (např. štika, bolen, okoun, úhoř, candát), kteří stojí na vrcholu potravních řetězců ve vodním prostředí. Porovnávat úroveň kontaminace různých druhů mezi sebou je při tomto počtu



vzorků pouze orientační. Jednoznačně je zřetelný rozdíl mezi dravými a nedravými druhy.

Na základě porovnání obsahu rtuti ve svalovině ryb mezi roky 2003, 2007 a 2011 není zřejmá významná tendence změn. Mezi jednotlivými porovnáváním odběry docházelo ke změnám koncentrací Hg v rozmezí přibližně 0,5 mg.kg<sup>-1</sup>, tento rozdíl může být způsoben např. rozdílným věkem ryb, které byly analyzovány v jednotlivých letech.

Kompletní zpráva je obsažena v příloze D2

### **3.2.4 HODNOCENÍ ARCHIVNÍCH ROZBORŮ**

Archivní rozborů vzorků byly začleněny do databáze vzorků a byly hodnoceny v časových a prostorových souvislostech.

### **3.2.5 PŘÍJEZDOVÉ KOMUNIKACE**

Komunikace, které vedou k zátopě nádrže, byly odborným odhadem posouzeny z hlediska využitelnosti pro pohyb mechanizace a přesun zeminy. Kriteria byla jejich druh, stavební stav, šířka, délka k napojení na hlavní komunikaci a charakter území, kterým procházejí. Fotodokumentace komunikací je v příloze D1

Hlavní komunikací vedoucí od VD Skalka je komunikace I. tř. č. 6 (E48) tato komunikace je ve správě Ředitelství silnic a dálnic ČR. Další hlavní komunikací, která bude při převozu použita je komunikace II. tř. č. 606 mezi Chebem a napojením na E48, tato komunikace je ve správě organizace Krajská správa a údržba silnic Karlovarského kraje. Další potenciálně využitelnou komunikací bude silnice III. tř. č. 21328 pro napojení od Pomezné na E48 a silnice III. tř. č. 21320 od obce Skalka po napojení na E48, tyto silnice jsou ve správě organizace Krajská správa a údržba silnic Karlovarského kraje. Ostatní potenciálně dotčené cesty a pozemky jsou ve vlastnictví obcí, státu a soukromých osob.

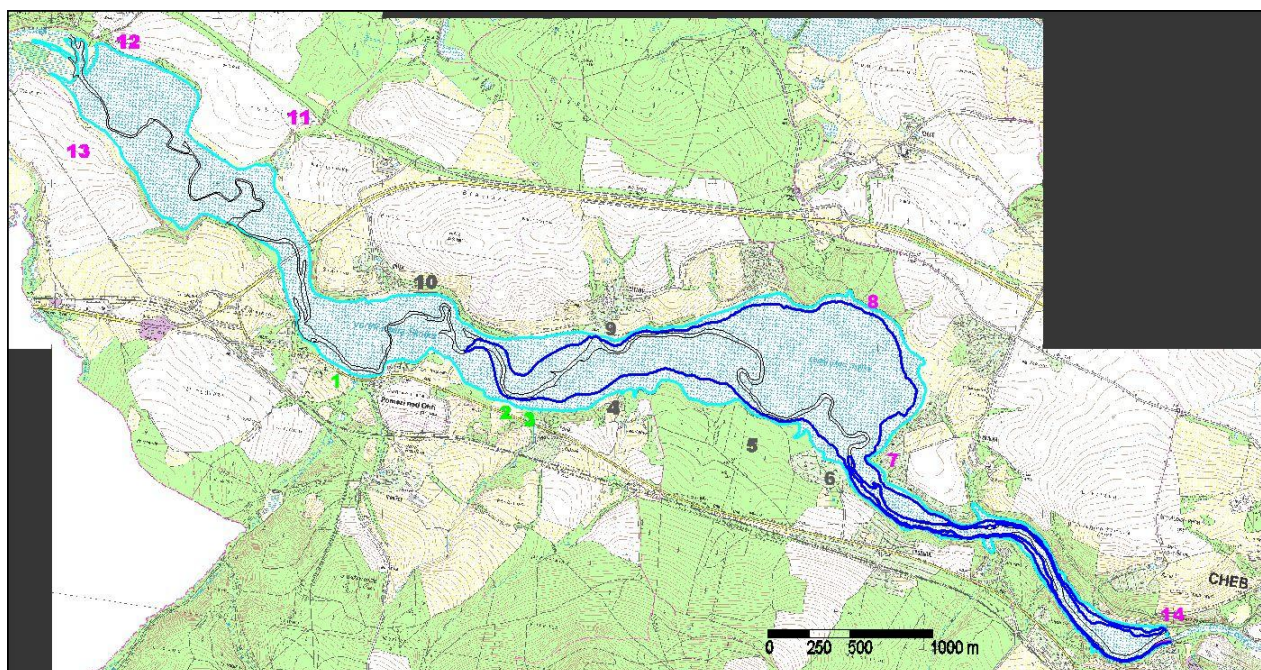
V souvislosti s využitím komunikací je nutné zdůraznit že, budou sloužit k přesunu velkého množství sedimentu za při využití celkem cca 100-250 tisíc cest nákladních aut o hmotnosti cca 30 t a může dojít k poškození těchto komunikací. Potřeba příjezdu do zátopy bude záležet na zvoleném způsobu realizace. Jednotlivé úseky nádrže lze propojit vnitrostaveništní komunikací.

Zatřídění bylo provedeno do tří kategorií – vhodné, podmíněčně vhodné, nevhodné

Jako vhodné přístupy pro odvoz sedimentu jsou určeny přístupy č. 1,2,3, které navazují.

Přímo na komunikaci č. 606. Komunikace je zde vede v blízkosti pravého břehu. Břeh je v těchto místech pozvolný.

Přístupy č. 7,8,11,12,13 lze považovat za podmíněčně vhodné. Jejich využití je nutno dále posoudit v závislosti na zvoleném postupu prací. V případě příjezdů 11 a 13 by bylo nutné vybudovat přejezdy přes pozemky polí. Přístup 12 by byl zkomplikován blízkostí lokality Rathsam a Pomezná. U Přístupu 8 by se muselo dořešit vedení přes lesní pozemky a prudký sklon břehu. U přístupu 7 a 14 je komplikací prudký sklon svahu a trasa přes obydlené (rekreační) lokality. Nutné by bylo zpevnění a rekonstrukce stávajících komunikací do napojení na E48.



Přístupy č. 4,5,6,9 a 10 nejsou jako příjezdové cesty doporučeny. Využití by představovalo dobudování delších úseků zpevněných cest mimo zátopu, průjezd mechanizace rekreačními osadami a komplikované majetkoprávní vztahy k pozemkům .

## 4. CÍLE A CÍLOVÉ PARAMETRY NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

### 4.1 CÍLE NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Cíle nápravných opatření souvisejí jednak s odstraněním ekologické zátěže rtuti a jednak s odstraněním sedimentu jakožto jedné z příčin rozvoje sinic v nádrži.

Obecnými cíly nápravných opatření je:

- Zlepšení vodohospodářské funkce VD Skalka – zvýšení retenčního objemu (nadlepšování průtoků, povodňová ochrana).
- Zlepšení rekreačního potenciálu nádrže zlepšením vlastností vody (rekreace, rybaření, agroturistika)
- Zamezení vnosu rtuti do potravinového řetězce živočichů vyskytujících se v dané lokalitě včetně obyvatel, odstranění zdravotního rizika.
- Zajištění dobrého stavu i v budoucnu

Z hlediska legislativních požadavků se jedná:

- Obecně naplnění cílů směrnice WFD 2000/60/ES promítnutých do Plánu oblasti povodí Ohře a Dolního Labe
- Splnění nařízení č. 61/2003., ukazatele a hodnoty přípustného znečištění povrchových vod

- Splnění limitů vyhlášky č. 159/2003 Sb., kterou se stanoví povrchové vody určené ke koupání
- Směrnice ES č. 221/2002, kde jsou stanoveny maximální hygienické limity některých kontaminujících látek v potravinách

## **4.2 PRÁVNÍ RÁMEC ODSTRANĚNÍ SEDIMENTŮ**

Nakládání se sedimentem je vázáno na následující právní předpisy:

- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech
- vyhláška č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě
- vyhláška č. 294/2005., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu
- ČBÚ č. **99/1992 Sb.**, o zřizování, provozu, zajištění a likvidaci zařízení pro ukládání odpadů v podzemních prostorech

Požadavky na obsahy škodlivin v sedimentech podle různých právních předpisů (mg/kg sušiny) ukazuje tabulka č. 12 (převzato z [5]).

**Tabulka č.12: Požadavky na obsahy škodlivin v sedimentech podle různých právních předpisů (mg/kg sušiny)**

| Předpis            | Příloha č. 9 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech , v platném znění  | Tabulka č. 10.1 vyhlášky č. 294/2005 Sb.                              | Vyhláška o používání sedimentů na zemědělské půdě č. 257/2009   |
|--------------------|--|---|---|
| Ukazatel           | Limitní hodnoty koncentrací škodlivin ve vytěžených zeminách a hlušinách, včetně sedimentů z vodních nádrží a koryt vodních toků | Požadavky na obsah škodlivin v odpadech využívaných na povrchu terénu | Limitní hodnoty rizikových prvků a rizikových látek v sedimentu |
| As                 | 30   | 10  | 30  |
| Ba                 | 600  |   |   |
| Be                 | 5  |   | 5   |
| Cd                 | 2,5  | 1   | 1   |
| Co                 | 30   |   | 30  |
| Cr                 |  | 200   | 200   |
| Cu                 | 100  |   | 100   |
| Hg <sup>1)</sup>   | 0,8  | 0,8   | 0,8   |
| Ni                 | 80   | 80  | 80  |
| Pb                 | 100  | 100   | 100   |
| V                  | 180  | 180   | 180   |
| Zn                 | 600  |   | 300   |
| BTEX <sup>2)</sup> | 0,6  | 0,4   | 0,4   |
| PAU <sup>3)</sup>  | 6  | 6   | 6   |
| PCB <sup>4)</sup>  | 0,2  | 0,2   | 0,2   |
| uhlovodíky C10-C40 | 300  | 300   | 300   |
| Trichlorethylen    | 0,05   |   |   |
| Tetrachlorethylen  | 0,05   |   |   |
| EOX                |  | 1   |   |
| DDT                |  |   | 0,1   |

Možnosti využití sedimentů z VD Skalka jsou následující (upraveno z [5]):

**a)** využití na zemědělské půdě podle podmínek vyhlášky č. 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě

Sediment, jenž vyhoví příloze č. 1 vyhlášky č. 257/2009 Sb., není při využití na zemědělské půdě odpadem. Pokud zároveň splní přísnější limity přílohy č. 3 vyhlášky č. 257/2009 Sb. nemusí být testovány půdy, kde má být tento sediment využit. Pokud sediment vyhoví příloze č. 1, ale nevyhoví poměrně přísným limitům přílohy č. 3, musí být testována půda, kde má být využit a aplikace sedimentu musí být ošetřena bilančním výpočtem přípustnosti plánované aplikace.

Z důvodu požadavku na enormní ochranu zemědělských půd a možná rizika daná devastací zemědělské půdy nesprávným využitím sedimentů byly limity přílohy č. 3 nastaveny na poměrně přísné úrovni. Princip bilančního výpočtu aplikace sedimentu v poměru max. 1:3 k hloubce ornice by měl být dostatečný, aby půdy při splnění limitů chránil. Omezení aplikace je dáno nejen dodržením (splněním limitů mimo jiné i na obsah skeletu), ale také dalšími požadavky, zejména dodržením maximální aplikační dávky, dodržením maximálního poměru 1:3 (s dalším omezením v případě malé



mocnosti orniční vrstvy).

Z hlediska množství a nejisté kvality je tento způsob pro sediment z VD Skalka použitelný pouze v omezeném rozsahu.

**b)** využití sedimentu jako ne-odpadu na pozemcích mimo zemědělské půdy podle § 2 odst. 1 písm. h) a přílohy č. 9 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech v platném znění;

Sediment z vodního toku či nádrže nemusí být předáván druhým osobám v dikci zákona o odpadech, pokud splní limit přílohy č. 9 zákona. Toto je teoretické legislativní zatížení pro navržené uložení sedimentu.

**c)** využití sedimentu jako suroviny pro výrobu kompostu coby registrovaného hnojiva nebo v zařízení provozovaném dle vyhlášky č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady;

Z hlediska množství a nejisté kvality je tento způsob pro sediment z VD Skalka použitelný pouze v omezeném rozsahu.

**d)** využití sedimentu jako odpadu ve smyslu vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu, přílohy č. 11 vyhlášky.

Využití sedimentu jako odpadu ve smyslu vyhlášky č. 294/2005 Sb., přílohy č. 11 je vázáno na splnění přísných limitů (obecně až nereálné např. u arsenu) v tabulce č. 10.1 vyhlášky a při využití více než 1000 tun také na posouzení rizika podle vyhlášky ČBÚ č. 99/1992 Sb. v platném znění.

Z hlediska množství a nejisté kvality je tento způsob pro sediment z VD Skalka pravděpodobný pro určitou část sedimentu.

## **5. MOŽNOSTI SANACÍ A ULOŽENÍ SEDIMENTU**

### **5.1 MOŽNOSTI DEKONTAMINACE SEDIMENTU**

Úvodem můžeme odpovědně prohlásit, že nám není znám podobný rozsah znečištění rtutí, jako v případě Chemische Fabrik Marktredwitz. K porovnání navrhovaných opatření s obdobnými sanačními zásahy v rámci EU, nebo ve světě prostě nemáme podklady. Stejně jedinečná byla i technologie sanace půdy a staveb v areálu CFM, která byla vyvinuta společností HARBAUER ve spolupráci s US EPA pouze pro tento sanační zásah a nikde jinde na světě nebyla později v obdobném rozsahu použita.

Dekontaminace pevné fáze zasažené rtutí je nejčastěji prováděna metodami solidifikace/stabilizace, termální desorpce a vitrifikace a to především on site nebo ex situ. Možnost dekontaminace sedimentů kontaminovaných rtutí in situ se omezuje na metodu odtěžby spojenou s následnou doplňkovou fytořemediací a air strippingem.

Samotný projekt sanace dnových sedimentů nádrže Skalka by měl být v souladu s výsledky analýzy rizik a předpokládaným využitím nádrže. Odstranění dnových sedimentů odtěžbou vykáže jednak funkci sanační (přímé odstranění rtuti z prostředí) a jednak funkci podpůrnou (zvýšení vodního sloupce a ozdravení nádrže zasažené

výskytem sinic). Jako sanační metoda se tedy jeví coby primární a může být doprovázeno podpůrnými metodami fytořemediace a air strippingu. Fytořemediace je metoda, která přímo odstraňuje rtuť z povrchové vody a sedimentů pomocí biologických transformací v rostlinných tkáních. Některé vodní rostliny, např. vodní kapradí (*Azolla caroliniana*) vázat velké množství rtuti ve formě  $\text{Hg}^{2+}$  a to až  $578 \text{ mg/dm}^3$  v sušině, čehož se využívá při jejím odstranění z vodních ekosystémů. V rámci pilotních testů byly také zkoušeny vodní rostliny rodu *Oryza sativa* a *Populus deltoides* (dle US EPA), které prokazatelně produkují enzymy, jež převádějí iontovou formu rtuti na elementární. Analýza rizik tedy může na základě výsledků doporučit využití mokřadů jako podpůrného sanačního opatření po odtěžbě. Rozpuštěnou a sorbovanou; elementární rtuť ve vodním sloupci lze také uvolnit provzdušňováním, což je významné především v anoxických a anaerobních podmínkách, protože elementární rtuť za přítomnosti kyslíku poměrně snadno oxiduje na rozpustnější  $\text{HgO}$ .

Pro přesné určení vhodné technologie je v rámci analýzy rizik nutno provést speciální analýzu jednotlivých forem rtuti (organická, elementární, iontová) včetně jejich poměrového zastoupení a aktualizace koncepčního modelu migrace rtuti v zasažených ekosystémech. Metodika tohoto průzkumu počítá s odběrem vzorků sedimentů, povrchové vody z nádrže a vzorků rostlin, na nichž bude provedena analýza celkového obsahu rtuti a dále speciální analýza jednotlivých forem rtuti ( $\text{Hg}_{\text{tot.}}$ ,  $\text{Hg}(0)$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ , methylrtuť, dimethylrtuť) metodou HPLC. K tomuto účelu by měly být vzorky odebírány v profilech rozmístěných po celé délce nádrže v rozsahu kroku á 100 m, na každé straně nádrže po 1 ks vzorku. Celkem lze předpokládat odběr cca 120 ks vzorků sedimentů, 30 ks vzorků vod a 15 ks vzorků rostlinných tkání, z nichž by mělo být cca 25 ks vybráno ke speciální analýze. Vzhledem k provedeným analýzám lze předpokládat, že v nádrži Skalka je většina rtuti vázána na hnílokal a to ve formě elementární. Rtuť je vázána na částičky organického detritu působením fyzikálně-chemických vazeb na molekuly huminových a fulvokyselin.

## 5.2 MOŽNOSTI TĚŽBY SEDIMENTU

V současné době existují následující koncepce odstranění sedimentu:

Suchou cestou na vypuštěné nádrži s použitím strojů pro zemní práce. Po vypuštění nádrže dojde k relativnímu vysušení sedimentů, což je podpořeno funkcí odvodňovacích rigolů svedených do hlavního odvodňovacího příkopu – původního koryta. Technologický postup závisí především na mocnosti vrstvy nánosů, na únosnosti dna pro těžkou mechanizaci a na stupni propustnosti dna. Bahno je odebíráno rypadlem nebo nakladačem nebo hrnuto buldozerem, nakládáno na dopravní prostředek a odváženo. Únosnost dna rozhoduje o použití kolové, či pásové mechanizace a o rozsahu budování dočasných panelových vozovek. Před vlastní těžbou je zátoka rozdělena na okrsky podle kvality a charakteru bahna za účelem selektivní odtěžby.

Mokrou cestou pomocí sacích bagrů plovoucích na hladině. Sedimenty jsou odsávány ve směsi s vodou a čerpány přímo na plochu určení nebo do lagun k dalšímu odvodnění.

Další metody pomocí korečkových rypadel nebo odstřelem bahna.

Předběžně je navržen způsob odstranění sedimentu suchou cestou na vysušené nádrži s použitím strojů pro zemní práce. Tento způsob minimalizuje rozvíření



kontaminovaného sedimentu. Mokrou cestou může být odtěžena dolní část nádrže, a prostory pod nevypustitelnou hladinou.

### **5.3 MOŽNOSTI ULOŽENÍ SEDIMENTU**

Prostor pro uložení sedimentu bude určen jeho kvalitou a množstvím. V rámci předložené SP nejsou konkrétní místa uložení navržena. Podstatná bude minimalizace převozové vzdálenosti, protože náklady na dopravu činí významnou část nákladů.

V odhadu nákladů SP není uvažováno s využitím skládek registrovaných v Atlasu zařízení pro nakládání s odpady [7]. Tyto skládky mají omezenou kapacitu a jsou určeny především pro jiné typy odpadů. Těžený sediment může být na těchto zařízeních částečně využit k prokládání vrstev nebo rekultivaci skládek. Jedná se o skládky ostatních odpadů (S-OO) Tisová u Sokolova, Vintířov, Božíčany, Bražec u Hradiště a Černošín v okolí do cca 40 km od nádrže.

Z Plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje [6] a jsou vytipovány následující lokality zahlazování důlních prostor a složišť v okrese Sokolov: Nové Sedlo, Krásno, Vřesová a Družba. Tyto plošně rozsáhlé prostory jsou navrženy předběžně a bude nutné dále projednat a posoudit možnosti uložení z hledisek: hydrogeologické posouzení vlivu na podzemní vody, koordinace s plány rekultivace, koordinace s plány těžby a odpadové politiky Karlovarského kraje.

### **5.4 ALTERNATIVNÍ MOŽNOSTI**

Alternativou k odtěžení sedimentu by mohlo být překrytí sedimentu inertní vrstvou materiálu. Proti této variantě hovoří jednak dostupnost inertního, nejspíše jílového materiálu, který by se musel vozit pravděpodobně z prostoru Sokolova (30 km), ale hlavně trvanlivost takového opatření s ohledem na zvýšené přítoky v zimních měsících a s tím spojenou erozí dna a břehů v zátopě.

## **6. ZÁKLADNÍ KONCEPČNÍ NÁVRH NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ**

Vzhledem k zjištěným faktům o kontaminaci sedimentu je jako jediné nápravné opatření uvažováno odtěžení maximálního množství sedimentu. Nulová varianta není rozpracována, variantu, která neuvažuje s provedením jakýchkoli opatření doporučujeme posoudit v rámci doporučené analýzy rizik.

Nádrž je rozdělena na horní, střední a dolní část. Horní část nádrže, kde proběhl monitoring kvality sedimentu, představuje plochu zátopy, která se nachází nad úrovní zimní provozní hladiny. Jedná se o část nádrže od zhlaví po úroveň obce Pomezí nad Ohří. V horní části je navrženo odstranění sedimentu ve dvou úsecích. Rozdělení na úseky je provedeno z kvůli možnosti držení hladiny na cca 438 m.n.m, tj. mírně nad zimní hladinou při pracích na úseku 1. Rozdělení na úseky umožní usazování zvráceného sedimentu v níže ležícím úseku a jeho následné odtěžení v rámci další etapy.

Střední část nádrže představuje úsek nádrže mezi Cetnovem a Skalkou. Jedná se především o tzv. „břicho“ nádrže. Dolní část nádrže představuje nejužší část délky cca 2,2 km nad přehradou. V střední a dolní části nádrže neproběhl monitoring

koncentrací rtuti dnových sedimentů, odtěžení sedimentů je zde předběžně také doporučeno.

Přesto, že částice se zvýšeným obsahem rtuti se nacházejí v jednotlivých vrstvách sedimentu, není z důvodu pracnosti navržena odtěžba v jednotlivých vrstvách. Mocnosti a plošné rozmístění v nádrži je natolik variabilní, že odtěžba po vrstvách standardními a ekonomicky dostupnými metodami není reálná.

Ponechána je možnost na přesnější lokalizaci více kontaminovaných zón během detailního monitoringu v rámci dalších průzkumných prací nebo během realizace.

Z hlediska časového postupu prací bude záležet na požadavcích na její vodohospodářské a energetické využití. Doba odtěžby bude záležet na množství nasazené mechanizace. Doba je odhadnuta na 2-4 roky pro horní část nádrže a 3-5 let pro střední a spodní část nádrže.

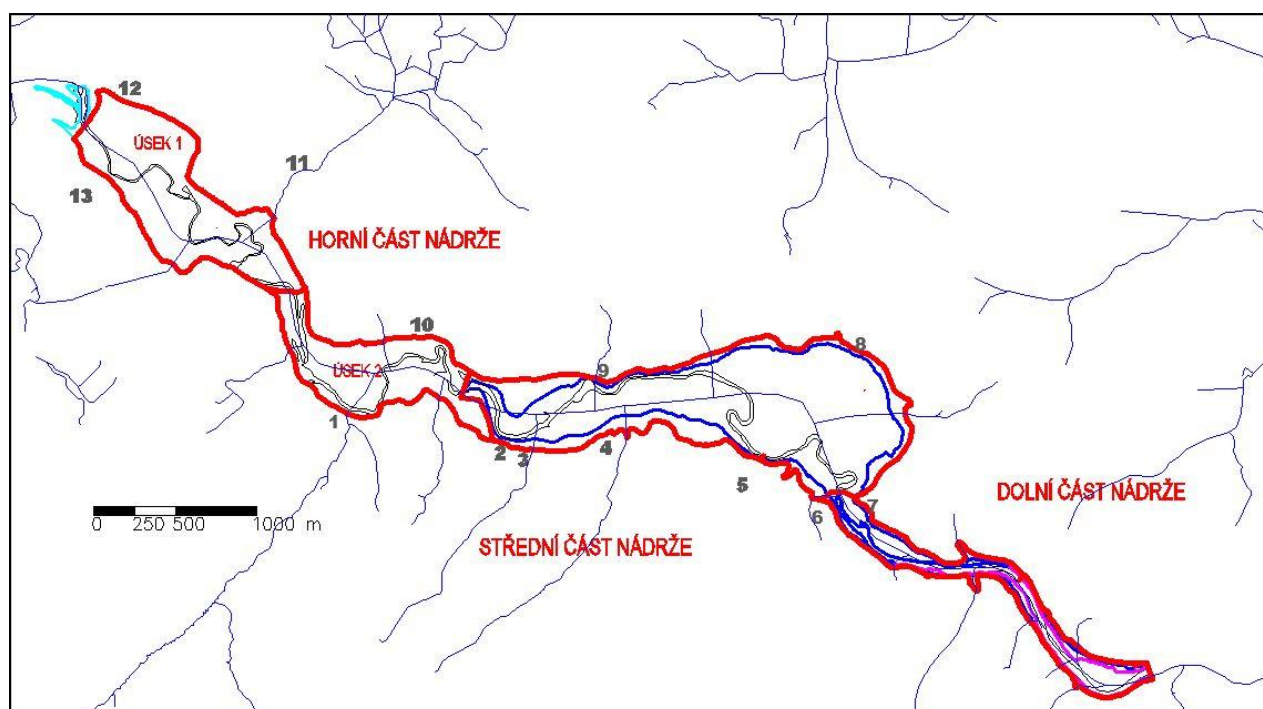
Dle provedených rozborů sediment vyhověl kritériím přílohy č. 9 zákona č.9/2009 Sb. Vytěžený sediment může být využit k zavážení podzemních prostor a k úpravám povrchu terénu. Pro uložení sedimentu je proto navrženo využití důlních prostor v lokalitě Sokolova a alternativně k uložení na povrch v okolí nádrže. Tyto možnosti však nejsou prozatím blíže projednány.

Náklady na odvoz a uložení přitom představují velkou část celkových nákladů.

Vzhledem k nízké účinnosti fytoimediačních zásahů a vysokým nákladům na dekontaminační metody nejsou tato opatření navržena.

Navrženy jsou **varianta 1 – odtěžení horní části nádrže** a **varianta 2 – odtěžení celé nádrže**.

Díličí varianty 1A, 1B a 2A a 2B zohledňují různá místa a způsob uložení sedimentu s ohledem na jeho rizikovost (viz. kapitola 3.2.1)



Obrázek č.16: Rozdělení nádrže na části a pracovní úseky

## 7. BILANCE OBJEMU K REALIZACI NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ

Tabulky č. 13 a 14 zobrazují bilanci objemů a ploch jednotlivých částí zátopy

**Tabulka č.13: Celková bilance sedimentu**

| Oblast                        | Plocha           |            | Objem sedimentu  |                     | Prům. hl. sedimentu |
|-------------------------------|------------------|------------|------------------|---------------------|---------------------|
|                               | m <sup>2</sup>   | ha         | m <sup>3</sup>   | tis. m <sup>3</sup> | m                   |
| Horní část nádrže             | 1 285 700        | 129        | 844 288          | 844                 | 0,66                |
| Úsek 1                        | 672 175          | 67         | 455 626          | 456                 |                     |
| Úsek 2                        | 664 950          | 66         | 444 686          | 445                 |                     |
| Střední část nádrže           | 1 409 075        | 141        | 751 386          | 751                 | 0,56                |
| Dolní část nádrže             | 346 750          | 35         | 84 635           | 85                  | 0,32                |
| <b>Nádrž VD Skalka celkem</b> | <b>3 041 525</b> | <b>304</b> | <b>1 680 308</b> | <b>1 680</b>        | <b>0,58</b>         |

**Tabulka č.14: Bilance rizikového sedimentu v horní části nádrže**

| Oblast                                  | Plocha         |     | Objem sedimentu |                     | Objem |
|---|----------------|-----|-----------------|---------------------|-------|
|   | m <sup>2</sup> | ha  | m <sup>3</sup>  | tis. m <sup>3</sup> | %     |
| Horní část nádrže celkem                | 1 285 700      | 129 | 844 288         | 844                 | 100   |
| Z toho rizikový sediment                | 672 175        | 67  | 455 626         | 456                 | 54    |
| Rizikový sediment úsek 1                | 362 775        | 36  | 212 092         | 212                 |       |
| Rizikový sediment úsek 2                | 309 400        | 31  | 243 534         | 244                 |       |
| Nerizikový sediment – horní část nádrže | 613 525        | 61  | 388 662         | 389                 | 46    |

## 8. TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

### 8.1 DEFINOVÁNÍ VARIANT

#### 8.1.1 VARIANTA 1 – ODTĚŽENÍ HORNÍ ČÁSTI NÁDRŽE

V této variantě bude odtěžen sediment v horní části nádrže. Navrženo je provést ve dvou úsecích. Úsek 1 představuje plochu od zhlaví nádrže po most na silnici II. třídy číslo 606. Úsek 2 představuje část do mostu k úrovni zimní hladiny.

Navrženo je odstranění sedimentu suchou cestou. Před odtěžbou proběhne vypuštění nádrže na požadovanou úroveň a vysušení sedimentu přirozenou cestou a za pomoci odvodňovacích rigolů. Odvodňovací rigoly budou budovány dle zrnitosti sedimentu a morfologie dna. Předpokládá se jejich vzdálenost po cca 50-ti metrech. Pro pojezd nákladních automobilů bude zhotovena hlavní staveništní komunikace z betonových panelů po obvodu zátopy. Z této cesty budou odbočovat vedlejší staveništní komunikace. Hustota sítě staveništních komunikací bude záviset na použité mechanizaci a dosažení potřebné únosnosti dna. Předpokládáme vybudovat staveništní komunikace v pružích po cca 100 m tak, aby vzdálenost pro přepravu sedimentu hrnutím

byla do 50 m. Koryto řeky Ohře a jejích přítoků v zátopě bude překonáno pomocí přejezdů. Bude se jednat o dočasné mosty nebo propustky navržené na návrhový průtok cca  $Q_1$ .

Příjezdové trasy do horního úseku části 1 (příjezdy 11, 12, 13) bude nutné pro účely stavby majetkoprávně a technicky připravit.

Do úseku 2 se předpokládá přístup z příjezdu 1,2 nebo 3. Pro účely staveništních komunikací bude vhodné využít bývalou cestu v zátopě, která je nad okolním terénem mírně vyvýšena. Na této cestě by v místě bývalého mostu u příjezdu 1 mohla být vybudována dočasná mostní konstrukce.

Varianta 1A počítá s přesunem odtěženého sedimentu do okolí Sokolova na vzdálenost 35 km. Varianta 1B počítá s přesunem rizikového sedimentu do okolí Sokolova na vzdálenost 35 km a přesunem nerizikového sedimentu do okolí nádrže na vzdálenost do 10 km.

### **8.1.2 VARIANTA 2 - ODTĚŽENÍ CELÉ NÁDRŽE**

V této variantě, je navržen obdobný technologický postup, jako ve variantě 1. Odtěžen bude sediment z celého prostoru nádrže.

Varianta 2A počítá s odvozem celého objemu nádrže do lokality Sokolova, varianta 2B počítá s odvezení 50% sedimentu do lokality Sokolova a 50% pro uložení na terén v okolí nádrže.

## **8.2 DOPLŇKOVÁ OPATŘENÍ PROTI VYPLAVOVÁNÍ SEDIMENTU**

Jako opatření proti vyplavování sedimentu během provádění prací, který by mohl následně kontaminovat koryto pod přehradou, je navrženo zkapacitnění koryta v zátopě na hodnotu  $Q_2 = \text{cca } 100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Zkapacitnění bude provedeno rozšířením nebo doplněním stávajícího koryta novým souběžným korytem, jehož dno bude opevněno geotextilií. Během prací v korytě bude navíc postaven objekt pro filtraci splavenin. Bude se jednat o dřevěnou nebo kovovou přehrážku rozměrů cca 3x30 m doplněnou o vyměnitelné pásy z filtračního materiálu (textilie). Průměrný průtok korytem v zátopě činí  $6,32 \text{ m}^3/\text{s}$ . Toto opatření může být nahrazeno i organizačními opatřeními postupu odtěžby.

## **9. HODNOCENÍ VARIANT**

Varianty jsou hodnoceny pouze z ekonomického hlediska. Je zřejmé, že ideálním stavem a doporučenou variantou bude odtěžení sedimentu z celé zátopy nádrže. V této variantě je odstraněno nejvíce kontaminovaného sedimentu a vliv na splnění cílů bude nejvyšší. Je zřejmé, že celkové náklady výrazně ovlivní vzdálenost odvozu sedimentu.

**Tabulka č.15: Náklady na variantu 1A**

|   |                |              |                |                      |
|---|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Varianta 1A odtěžení horní části nádrže               |                |              |                |                      |
| Objem sedimentu                                       |                | 844 288      | m <sup>3</sup> |                      |
| Plocha horní části nádrže                             |                | 1 409 075    | m <sup>2</sup> |                      |
| Vzdálenost odvozu                                     |                | 35           | km             |                      |
| <b>Zemní práce v zátopě</b>                           | <b>MJ</b>      | <b>počet</b> | <b>Kč/MJ</b>   | <b>celkem Kč</b>     |
| Odstranění křovin a stromů                            | m <sup>2</sup> | 25 000       | 70             | 1 750 000            |
| Výkopy sediment                                       | m <sup>3</sup> | 844 288      | 100            | 84 428 765           |
| Vodorovné přemístění nánosů v zátopě                  | m <sup>3</sup> | 1 409 075    | 50             | 70 453 750           |
| Výkopy odvodňovací rýhy                               | m <sup>3</sup> | 42 272       | 70             | 2 959 058            |
| Převoz sedimentu                                      | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Dočasná vozovka s panelů (dvojnásobné použití panelů) | m <sup>2</sup> | 31 704       | 1000           | 31 704 188           |
| Odvoz 1 m <sup>3</sup> na vzdálenost 35 km            | m <sup>3</sup> | 844 288      | 875            | 738 751 694          |
| Uložení sedimentu v místě odvozu                      | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Uložení sypanin                                       | m <sup>3</sup> | 844 288      | 50             | 42 214 383           |
| Doplňková opatření                                    | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Úpravy koryta v pro převedení povodňových průtoků     | m              | 4 000        | 5000           | 20 000 000           |
| Objekt pro zachycení sedimentu ve vzhledu             | ks             | 5            | 500000         | 2 500 000            |
| Staveništní přejezdy hl. koryta a přítoků v zátopě    | ks             | 20           | 50000          | 1 000 000            |
| Obnova cest podél nádrže                              | m <sup>2</sup> | 20 000       | 1500           | 30 000 000           |
| <b>Celkem</b>   |                |              |                | <b>1 025 761 836</b> |
| Cena za 1 m <sup>3</sup> sedimentu                    |                |              |                | <b>1 215</b>         |

**Tabulka č.16: Náklady na variantu 1B**

|  |                |              |                |                    |
|--|----------------|--------------|----------------|--------------------|
| Varianta 1B odtěžení horní části nádrže                  |                |              |                |                    |
| Objem sedimentu  |                | 844 288      | m <sup>3</sup> |                    |
| Plocha horní části nádrže                                |                | 1 409 075    | m <sup>2</sup> |                    |
| Vzdálenost odvozu rizikový sediment                      |                | 35           | km             |                    |
| Vzdálenost odvozu ostatní sediment                       |                | 5            | km             |                    |
| <b>Zemní práce v zátopě</b>                              | <b>MJ</b>      | <b>počet</b> | <b>Kč/MJ</b>   | <b>celkem Kč</b>   |
| Odstranění křovin a stromů                               | m <sup>2</sup> | 25 000       | 70             | 1 750 000          |
| Výkopy sediment  | m <sup>3</sup> | 844 288      | 100            | 84 428 765         |
| Vodorovné přemístění nánosů v zátopě                     | m <sup>3</sup> | 1 409 075    | 50             | 70 453 750         |
| Výkopy odvodňovací rýhy                                  | m <sup>3</sup> | 42 272       | 70             | 2 959 058          |
| Převoz sedimentu   | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem             |
| Dočasná vozovka s panelů (dvojnásobná obrátovost panelů) | m <sup>2</sup> | 31 704       | 1000           | 31 704 188         |
| Odvoz 1 m <sup>3</sup> na vzdálenost 35 km               | m <sup>3</sup> | 455 626      | 875            | 398 672 684        |
| Odvoz 1 m <sup>3</sup> na vzdálenost 10 km               | m <sup>3</sup> | 388 662      | 125            | 48 582 716         |
| Uložení sedimentu v místě odvozu                         | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem             |
| Uložení sypanin  | m <sup>3</sup> | 844 288      | 50             | 42 214 383         |
| Doplňková opatření                                       | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem             |
| Úpravy koryta v pro převedení povodňových průtoků        | m              | 4 000        | 5000           | 20 000 000         |
| Objekt pro zachycení sedimentu ve vzhledu                | ks             | 5            | 500000         | 2 500 000          |
| Staveništní přejezdy hl. koryta a přítoků v zátopě       | ks             | 20           | 50000          | 1 000 000          |
| Obnova cest podél nádrže                                 | m <sup>2</sup> | 20 000       | 1500           | 30 000 000         |
| <b>Celkem</b>  |                |              |                | <b>734 265 543</b> |
| Cena za 1 m <sup>3</sup> sedimentu                       |                |              |                | <b>870</b>         |



**Tabulka č.17: Náklady na variantu 2A**

|  |                |              |                |                      |
|--|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Varianta 2A odtěžení celé nádrže                         |                |              |                |                      |
| Objem sedimentu  |                | 1 680 308    | m <sup>3</sup> |                      |
| Plocha horní části nádrže                                |                | 3 041 525    | m <sup>2</sup> |                      |
| Vzdálenost odvozu  |                | 35           | km             |                      |
| <b>Zemní práce v zátopě</b>                              | <b>MJ</b>      | <b>počet</b> | <b>Kč/MJ</b>   | <b>celkem Kč</b>     |
| Odstranění křovin a stromů                               | m <sup>2</sup> | 25 000       | 70             | 1 750 000            |
| Výkopy sediment  | m <sup>3</sup> | 1 680 308    | 100            | 168 030 810          |
| Vodorovné přemístění nánosů v zátopě                     | m <sup>3</sup> | 3 041 525    | 50             | 152 076 250          |
| Výkopy odvodňovací rýhy                                  | m <sup>3</sup> | 91 246       | 70             | 6 387 203            |
| Převoz sedimentu   | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Dočasná vozovka s panelů (dvojnásobná obratovost panelů) | m <sup>2</sup> | 68 434       | 1000           | 68 434 313           |
| Odvoz 1 m <sup>3</sup> na vzdálenost 35 km               | m <sup>3</sup> | 1 680 308    | 875            | 1 470 269 588        |
| Uložení sedimentu v místě odvozu                         | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Uložení sypanin  | m <sup>3</sup> | 1 680 308    | 50             | 84 015 405           |
| Doplňková opatření                                       | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Úpravy koryta v pro převedení povodňových průtoků        | m              | 7 000        | 5000           | 35 000 000           |
| Objekt pro zachycení sedimentu ve vzhledu                | ks             | 10           | 500000         | 5 000 000            |
| Staveništní přejezdy hl. koryta a přítoků v zátopě       | ks             | 40           | 50000          | 2 000 000            |
| Obnova cest podél nádrže                                 | m <sup>2</sup> | 40 000       | 1500           | 60 000 000           |
| <b>Celkem</b>  |                |              |                | <b>2 052 963 568</b> |
| Cena za 1 m <sup>3</sup> sedimentu                       |                |              |                | <b>1 222</b>         |

**Tabulka č.18: Náklady na variantu 2B**

|  |                |              |                |                      |
|--|----------------|--------------|----------------|----------------------|
| Varianta 2B odtěžení celé nádrže                         |                |              |                |                      |
| Objem sedimentu  |                | 1 680 308    | m <sup>3</sup> |                      |
| Plocha horní části nádrže                                |                | 3 041 525    | m <sup>2</sup> |                      |
| Vzdálenost odvozu 50%                                    |                | 35           | km             |                      |
| Vzdálenost odvozu 50%                                    |                | 5            | km             |                      |
| <b>Zemní práce v zátopě</b>                              | <b>MJ</b>      | <b>počet</b> | <b>Kč/MJ</b>   | <b>celkem Kč</b>     |
| Odstranění křovin a stromů                               | m <sup>2</sup> | 25 000       | 70             | 1 750 000            |
| Výkopy sediment  | m <sup>3</sup> | 1 680 308    | 100            | 168 030 810          |
| Vodorovné přemístění nánosů v zátopě                     | m <sup>3</sup> | 3 041 525    | 50             | 152 076 250          |
| Výkopy odvodňovací rýhy                                  | m <sup>3</sup> | 91 246       | 70             | 6 387 203            |
| Převoz sedimentu   | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Dočasná vozovka s panelů (dvojnásobná obratovost panelů) | m <sup>2</sup> | 68 434       | 1000           | 68 434 313           |
| Odvoz 1 m <sup>3</sup> na vzdálenost 35 km               | m <sup>3</sup> | 840 154      | 875            | 735 134 794          |
| Odvoz 1 m <sup>3</sup> na vzdálenost 10 km               | m <sup>3</sup> | 840 154      | 125            | 105 019 256          |
| Uložení sedimentu v místě odvozu                         | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Uložení sypanin  | m <sup>3</sup> | 1 680 308    | 50             | 84 015 405           |
| Doplňková opatření                                       | MJ             | počet        | Kč/MJ          | celkem               |
| Úpravy koryta v pro převedení povodňových průtoků        | m              | 7 000        | 5000           | 35 000 000           |
| Objekt pro zachycení sedimentu ve vzhledu                | ks             | 10           | 500000         | 5 000 000            |
| Staveništní přejezdy hl. koryta a přítoků v zátopě       | ks             | 20           | 50000          | 1 000 000            |
| Obnova cest podél nádrže                                 | m <sup>2</sup> | 40 000       | 1500           | 60 000 000           |
| <b>Celkem</b>  |                |              |                | <b>1 421 848 030</b> |
| Cena za 1 m <sup>3</sup> sedimentu                       |                |              |                | <b>846</b>           |



V následující tabulce jsou shrnuty náklady na jednotlivé varianty. Náklady jsou zvýšeny o bezpečnostní rezervu 25%. Výsledná cena může být navíc navýšena zpoplatněním za uložení sedimentu jako odpadu.

**Tabulka č.19: Porovnání variant, navýšení nákladů o rezervu**

| Varianta | Objem sedimentu     | Náklady | Náklady navýšené o rezervu |
|----------|---------------------|---------|----------------------------|
|          | tis. m <sup>3</sup> | mil. Kč | 25%                        |
| 1A       | 844                 | 1026    | 1282                       |
| 1B       | 844                 | 734     | 918                        |
| 2A       | 1 680               | 2053    | 2566                       |
| 2B       | 1 680               | 1422    | 1777                       |

## 10. SHRUTÍ, ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ

### 10.1 SHRUTÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

Je nepochybné, že sediment v zátopě vodního díla Skalka je dlouhodobě kontaminován přínosem rtuti do sedimentačního prostoru a tento stav ovlivňuje biotop v nádrži, jehož vrcholem v zátopě je populace dravých ryb, jejichž maso a orgány vykazují až trojnásobné překročení hygienických norem. Další šíření kontaminace mimo prostor vodního díla, například prostřednictvím ptáků, v tuto chvíli považujeme za nevýznamné. Ani na české, ani bavorské straně není známo jiné šíření kontaminace Hg než prostřednictvím sedimentu, plavenin a vody.

Lze očekávat, že vnos rtuti do zátopy VD Skalka s ohledem na probíhající revitalizační opatření na německé straně bude pokračovat po několik dalších desítek let. Bez znalosti očekávaných výsledků německé části nelze projektu nelze rozsah a dobu trvání vnosu upřesnit.

V současné době neznáme jiný způsob likvidace této významné ekologické zátěže než je odtěžení rybničního sedimentu, minimálně v oblasti označené polygonem rizikového sedimentu (viz. obrázek č. 15).

Doplňkové sanační metody, jako je air stripping a fytořemediace považujeme za doplňkové způsoby a je možno je použít jako možné způsoby likvidace silně znečištěné zbytkové vody (air stripping), nebo při konečné sanaci zbytkového znečištění po provedení odtěžby (fytořemediace). Vždy ale jejich uplatnění uvažujeme v pouze lokálním měřítku, nikoli jako rozhodující opatření.

Odtěžený materiál, nebo jeho převážná část s velkou pravděpodobností nebude odpadem ve smyslu současné legislativy a bude možno ho ukládat na povrch terénu.

Náklady na realizaci jsou odhadnuty ve variantách na výši cca 1,5-2,5 miliardy Kč (varianta s odtěžením veškerého sedimentu), náklady na další předprojektovou a projektovou přípravu lze odhadnout na dalších 20-50 mil. Kč. Doba předprojektové přípravy a projektové přípravy se může pohybovat v rozmezí 1-3 roky. Následnou

realizaci pak z časového hlediska odhadujeme na období 3-8 let podle nasazené technologie a způsobu uložení odtěženého materiálu.

## **10.2 SPOLUPRÁCE S BAVORSKOU STRANOU**

Z dosud provedených prací a výsledků pracovních jednání s bavorskou stranou je zřejmé, že vnos rtuti do nádrže Skalka bude pokračovat v souvislosti s uplatňováním revitalizací toku, nebo přírodě blízkých protipovodňových opatření v úseku říčky Kössein od Marktredwitz po soutok s Reslavou a Reslavy po soutok s Ohří bez přijetí opatření několik dalších desítek let.

Kromě odstranění sedimentů je tedy nutné věnovat pozornost minimalizaci budoucího vnosu kontaminovaného sedimentu do prostoru vodního díla.

Tato opatření jsou možná pouze na bavorské straně, z tohoto důvodu je kromě odtěžení sedimentu doporučena výstavba nádrže na řece Reslavě na německém území. Nádrž by měla mít rozměry optimálně navržené pro účely ukládání sedimentu.

Ve spolupráci s bavorskou stranou provést je žádoucí provést identifikaci a deskripci úseků vodního toku Ohře od soutoku s Reslavou po vtok do záplavy nádrže Skalka stejnou metodikou, jaká je uplatňována na bavorské straně.

Po provedení těchto prací bude možno udělat kompletní inventuru ohnisek sekundárního znečištění a stanovit tak možný rozsah a intenzitu budoucího vnosu kontaminované vody, splavenin a plavenin do nádrže Skalka.

## **10.3 OSTATNÍ ZÁVĚRY A DOPORUČENÍ**

Projekt bude pravděpodobně zařazen do procesu posuzování vlivu na životní prostředí (EIA) dle zákona č. 100/2001.

Do celkových nákladů bude nutné zahrnout i opatření v podobě výstavby retenční – sedimentační nádrže na německém území.

Z důvodu nejistoty ve stanovení objemu sedimentu v zátopě vodního díla Skalka byla ve stanovení nákladů kalkulována rozpočtová rezerva ve výši 25%.

Je doporučeno zpracování analýzy rizik podle metodického pokynu MŽP, v rámci které by měl být rozšířen monitoring sedimentu, zpřesněno riziko kontaminace a navržené varianty budou rozšířeny o nulovou bezzásahovou variantu.

Dále je doporučeno provést geobotanický průzkum nivy řek Reslava a Ohře na českém území a provést laboratorní stanovení Hg v rostlinné tkáni a vytipovat v lokalitě přirozeně rostoucí rostliny vhodné pro fytořemediaci.

## **11. CITOVANÉ A POUŽITÉ INFORMAČNÍ PRAMENY**

- [1] Metodický pokyn MŽP, Zásady zpracování studie proveditelnosti opatření pro nápravu závadného stavu kontaminovaných lokalit, MŽP, červen 2007
- [2] Chemické formy rtuti ve vodních ekosystémech - vlastnosti, úrovně, koloběh a stanovení. Chem. Listy 1000, 860-876 (2006)
- [3] Plán oblasti Povodí Ohře a dolního Labe
- [4] Sledování rtuti v hraničních tocích se SRN za rok 2010, povodí Ohře, odbor VHL
- [5] časopis odpadové fórum 2/2011, sedimenty a právní předpisy
- [6] Plán odpadového hospodářství karlovarského Kraje
- [7] Atlas zařízení pro nakládání s odpady, VÚV T.G.M. 2010
- [8] <http://www.kr-karlovarsky.cz/Cyklo/priroda/rathsam.htm>
- [9] Marhold J. 1980: Přehled průmyslové toxikologie, Avicenum, Praha, str. 109-117
- [10] Miller Z., 2011: Výskyt rtuti v nivních půdách horního toku řeky Ohře, DP, ZF JU, České Budějovice
- [11] Křivánek S. et al 2009: Znečištění rtutí v Reslavě a ve vodním díle Skalka, Společná zpráva, Příloha 5, Zápis ze zprávy o 11. zasedání Stálého výboru Česko-Bavorsko, nestránkováno
- [12] Maršálek P. et al. 2005: Mercury and Methylmercury Contamination of Fish from Skalka Reservoir: A Case Study, ACTA VETERINARIA, Brno, 74, 427-434