

VN Klíšský potok.

Měření objemu rybničních sedimentů.

Závěrečná zpráva

Praha, 8. září 2021



Objednatel: Interprojekt odpady s.r.o.
Heleny Malířové 11
160 00 Praha 6

Zhotovitel: G IMPULS Praha spol. s r.o.
J. Nerudy 232
252 61 Jeneč
IČO: 48948624

Řešitelé

RNDr. Vojtěch Beneš.....
Odborná způsobilost projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce. Vydalo MŽP pod. čj.1601/2002.

Jednatel firmy

RNDr. Dušan Dostál.....

Společnost G IMPULS Praha má certifikovaný systém zabezpečování jakosti podle mezinárodní normy ISO 9001:2016.

Rozdělovník závěrečné zprávy:

- 1.- 3. Interprojekt odpady s.r.o.
4. G IMPULS Praha spol. s r.o., Přístavní 24, 170 00 Praha 7, technická kancelář - archiv

Obsah

1. ÚVOD	4
2. METODIKA MĚŘENÍ	4
3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ	6
4. ZÁVĚR	7

Obr. 1 Letecký snímek zájmové oblasti z 50.ých let 20. století. Je dobře patrný současný půdorys nádrže (období výstavby?) a náznak kanálu přes areál vodárny. **Chyba! Záložka není definována.**

Tab. 1 Přehled kalibračních sond.....5

Tab. 2 Rozsah provedených měření.....5

SEZNAM PŘÍLOH, OBRÁZKŮ

Příloha 1	Schéma radarových profilů.
Příloha 2a	Přehled radarových profilů. 1. část.
Příloha 2b	Přehled radarových profilů. 2. část.
Příloha 3a	Přehled interpretovaných řezů. 1. část.
Příloha 3b	Přehled interpretovaných řezů. 2. část.
Příloha 4	Mapy izolinií dna nádrže a mocnosti sedimentu.

1. ÚVOD

Cílem radarových měření v prostoru nádrže VN Klíšský potok v Ústí nad Labem bylo určení objemu rybníčních sedimentů (bahna). Výsledky průzkumu slouží jako podklad pro projekt rekonstrukce/údržby nádrže.

VN Klíšský potok je malá průtočná nádrž s velikostí cca 40 x 100 m, která slouží k regulaci toku Klíšského potoka. Nádrž byla v době měření částečně zaplněna sedimentem. Měření radarem bylo proto provedeno jak z loďky (oblast u hráze), tak pěšky z povrchu sedimentu (v oblasti nátoku). Betonová hráz nádrže má výšku cca 4 m

Terénní práce proběhly dne 20. 7. 2021. Výška hladiny v nádrži při měření byla na kótě 190,53 m (mírně zaklesnutá hladina). Výsledky provedených měření jsou zakresleny do polohopisné a výškopisné situace, kterou na lokalitě zaměřila firma GEOVIA s.r.o.

2. METODIKA MĚŘENÍ

Průzkum zabahnění je založen na měření geologickým radarem (GPR). Geologický radar pracuje na podobném principu jako jiné radary: vysílá do země elektromagnetické vlnění a registruje jeho odrazy od rozhraní a objektů s odlišnou hodnotou dielektrické konstanty, než má okolní prostředí. V našem případě jsme sledovali především vlastní dno rybníka a dále rozhraní rybníčních a podložních sedimentů.

Radarové měření bylo provedeno z loďky v oblasti u hráze, kdy byla použita radarová anténa 100 MHz. Při pěším měření v oblasti nátoku byla použita anténa 400 MHz. Pozice antén byla průběžně určována pomocí navigačního systému GPS. Pro měření byla použita plně digitální čtyřkanálová radarová aparatura **SIR-20** (GSSI - USA). Anténa 100 MHz má při vodním sloupci 1 až 3 m hloubkový dosah do podloží dalších 2 až 4 m. Anténa 400 MHz má v nasycených sedimentech hloubkový dosah cca 3 m. Upravené radarové záznamy a jejich interpretace jsou na obr. 2a a b. Originální radarové záznamy jsou uloženy v archivu firmy G IMPULS Praha s.r.o. Měřeno bylo spojitým záznamem s hustotou vzorkování po cca 5 cm a s časovým oknem 250 ns (anténa 100 MHz) a 150 ns (anténa 400 MHz). V radarových záznamech byly provedeny značky odpovídající záměře systému GPS. Systém proměřených profilů je zakreslen na obr. 1. Celkem bylo změřeno 363 m profilů z loďky a 136 m profilů pěšky.

Radarové záznamy byly pro potřeby výsledné interpretace matematicky upraveny. Napřed byly dekonvolucí potlačeny násobné odrazy a zvýrazněny lokální anomálie na nosné frekvenci. Metodou vlnové filtrace byly následně odstraněny vysokofrekvenční šумы a potlačeny dlouhovlnné interference přenosového kabelu. Přepočet doby příchodu radarového signálu na hloubku odrazného rozhraní byl proveden podle vztahu pro odraz normálového elektromagnetického signálu:

$$h = \frac{c \cdot t}{2 \cdot \sqrt{\epsilon}}$$

h = hloubka [m], t = doba příchodu signálu [s],
 c = rychlost světla [m/s], ϵ = dielektrická konstanta (rel. permitivita)

Je zřejmé, že přepočet časového řezu na hloubkový závisí na znalosti dielektrické konstanty. Dielektrická konstanta ϵ je bezrozměrná materiálová konstanta, která popisuje poměr rychlosti elektromagnetického vlnění ve vakuu k

jeho rychlosti v daném dielektrickém prostředí. Na základě našich zkušeností jsme pro dané prostředí zvolili následující hodnoty ϵ :

Použité hodnoty dielektrické konstanty

vzduch	1
voda, extrémně řídké bahno.....	65 - 81
rybníční bahno	20 - 40
rozbředlé sedimenty	9 - 20
mokrý písčito hlinité sedimenty.....	7 - 16
navětralé podložní horniny.....	6 - 10

Hodnota dielektrické konstanty pro bahno byla orientačně ověřena tím, že jsme na 8 místech určili hloubku dna a mocnost bahna zarazením tyče do dna. Hodnoty hloubek zjištěné pomocí vpichů (sond) jsou uvedeny v následující tabulce. Předpokládáme, že chyba v určení hloubek způsobená použitím takto zjištěných dielektrických konstant, by neměla být vyšší než $\pm 15\%$.

sonda	Y (m)	X (m)	hloubka stávajícího dna (m)	hloubka původního dna (m)	mocnost sedimentu	poznámka
595	-974066	-762170	0,63	3,4	2,77	
596	-974052	-762172	0,42	2,8	2,38	
597	-974038	-762180	0,21	2,6	2,39	
598	-974037	-762166	0,24	2,7	2,46	
599	-974053	-762181	0,48	1,8	1,32	štěrka
600	-974038	-762190	0,19	2,55	2,36	
613	-973992	-762201	0	2,1	2,1	
614	-973984	-762212	0	1,8	1,8	

Tab. 1 Přehled kalibračních sond

položka	jednotka	množství dle projektu	množství dle skutečnosti
GPR 100 MHz u hráze	m	340	363
GPR 400 MHz v nátoku	m	120	136

Tab. 2 Rozsah provedených měření

3. VÝSLEDKY MĚŘENÍ

Radarové záznamy z měření z loďky u hráze jsou zobrazeny na Příloze 2a, záznamy z pěšího průzkumu jsou na Příloze 2b včetně interpretovaných rozhraní. Odpovídající hloubkové řezy jsou na Přílohách 3a, 3b. Výšky byly převzaty z polohopisného a výškopisného zaměření lokality dodaného firmou GEOVIA s.r.o. Výška vody v nádrži dle dodané dokumentace a technické nivelace byla v době měření 190,53 m n.m.

Při konstrukci řezů v zátopě byly sledovány následující typy rozhraní:

1. stávající dno rybníka - modrá linie (povrch rybníčních sedimentů - bahna)
2. dno nádrže - žlutá linie (povrch písčitých sedimentů nivy - splachy z polí?)

V radarových záznamech jsou výše uvedená rozhraní patrná (jako odraz a často i změna frekvence signálu), místy s obtížemi vzhledem k celkové mocnosti sedimentů. Výpočet objemu rybníčních sedimentů byl proveden pro vrstvu mezi modrou a žlutou linií, což odpovídá vrstvě měkkého, nekonsolidovaného a vodou nasyceného sedimentu.


Mocnost vrstvy měkkého sedimentu, zjištěná na radarových profilech, byla použita pro výpočet plošného „gridu“ s krokem 2 x 2 m. Grid představuje výsledek matematické operace, při které přepočítáváme známé mocnosti sedimentů z náhodné sítě profilů do pravidelné plošné pravoúhlé sítě bodů. Výpočet byl proveden pomocí programu SURFER. Grid posloužil pro výpočet celkové kubatury měkkého rybníčního bahna. Stejným způsobem byly spočteny také gridy vrstevnic stávajícího dna a dna původního. Graficky jsou gridy zobrazeny na Příloze 4a a 4b ve formě vrstevnicových map a map izolinií mocnosti sedimentu.




Výsledky průzkumu objemu rybníčních sedimentů lze shrnout do následujících bodů:

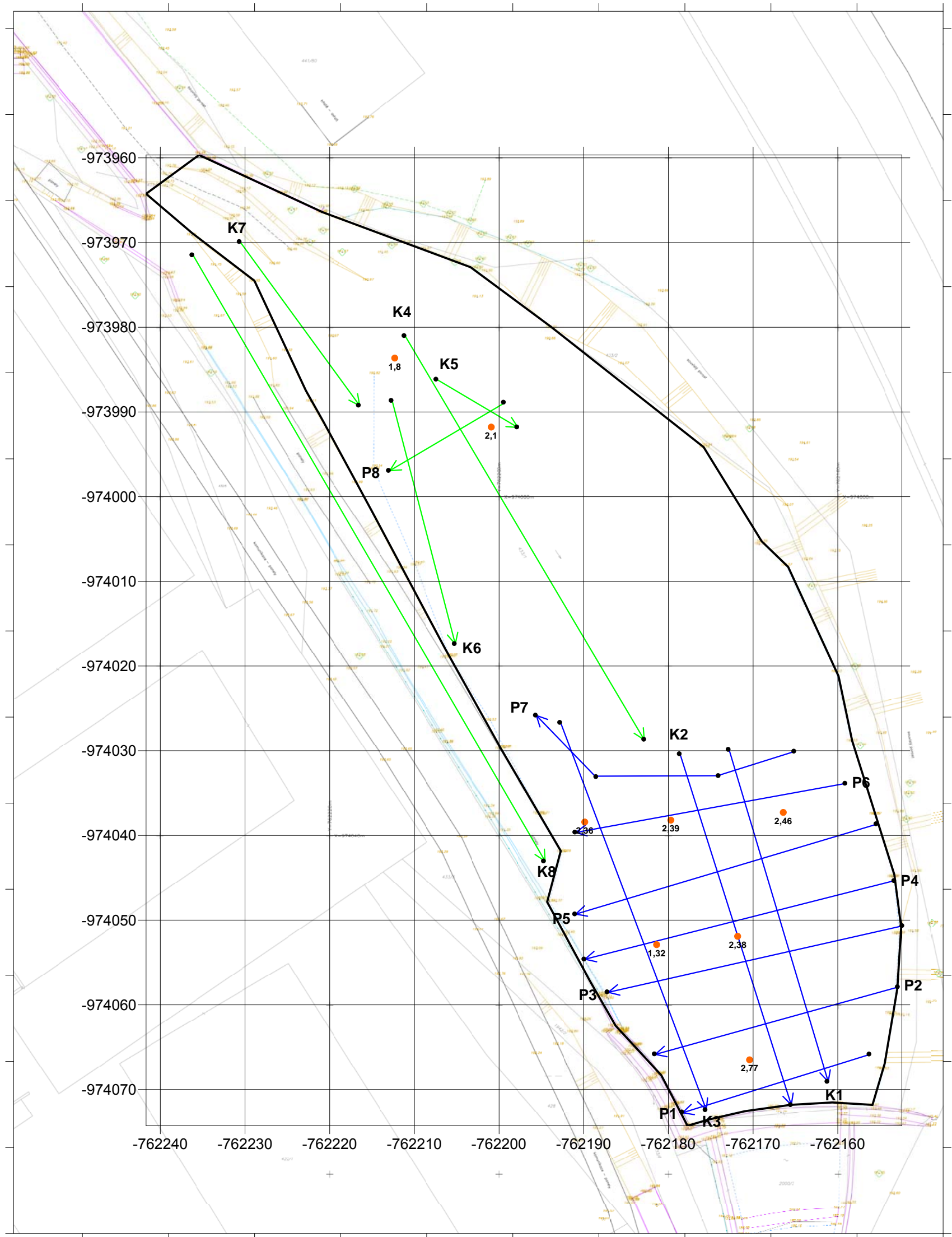
1. Celková **proměřená plocha nádrže pomocí radaru je cca 4 072 m²**.
2. **Interpretovány byly dvě rozhraní; stávající dno a původní dno. Objem sedimentu v nádrži byl určen jako rozdíl obou sledovaných rozhraní (tj. mocnost sedimentu v daném místě) v proměřené ploše. Průměrná mocnost sedimentu v nádrži je cca 2,1 m. Celkový objem sedimentu vypočtený z plošného gridu v proměřené části nádrže je cca 8 551 m³ (při nasycení sedimentu vodou).**
3. **Maximální hloubky dno dosahuje v prostoru před hrází (cca 360 cm pod hladinou) a jeho nadmořská výška činí cca 186,93 m.** Naměřená mocnost sedimentu zde dosahuje 328 cm.
4. Upozorňujeme na nebezpečí, které by mohlo vzniknout odtěžením nebo porušením přechodové vrstvy do nivy (písčitých splachů) ve dně nádrže. Tato vrstva pravděpodobně slouží jako přirozené těsnění dna rybníku. Narušení vrstvy by mohlo být příčinou budoucích úniků vody z nádrže do podloží.
5. Chyba v určení objemu sedimentů by neměla přesáhnout **±15 %**. Je však třeba připustit místy horší kontrast mezi rybníčními sedimenty a podložními sedimenty. V některých úsecích může radarové rozhraní zasahovat částečně i do nivy nebo naopak. Uvedené objemy rybníčních sedimentů platí pro vodou nasycenou konzistenci.

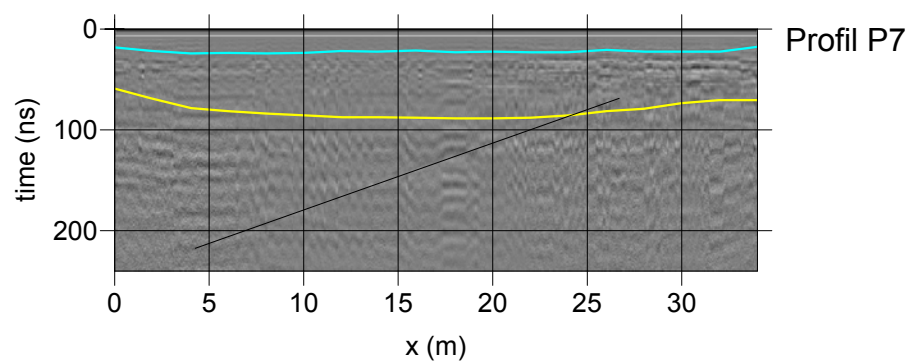
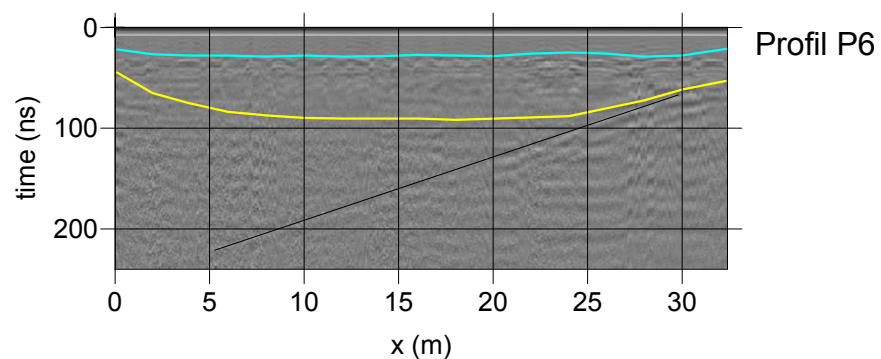
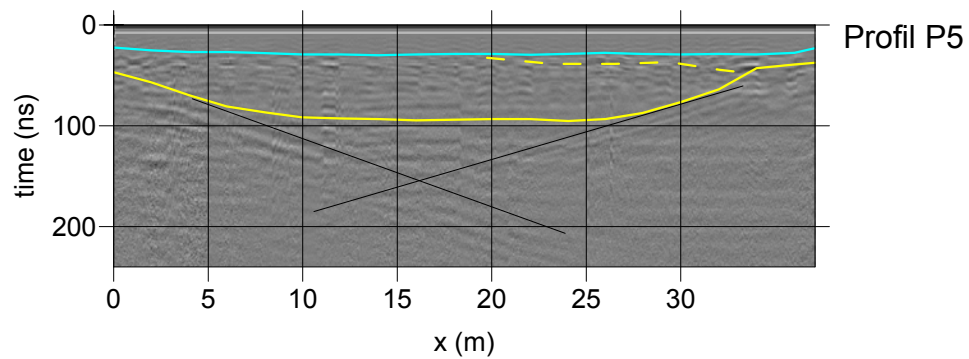
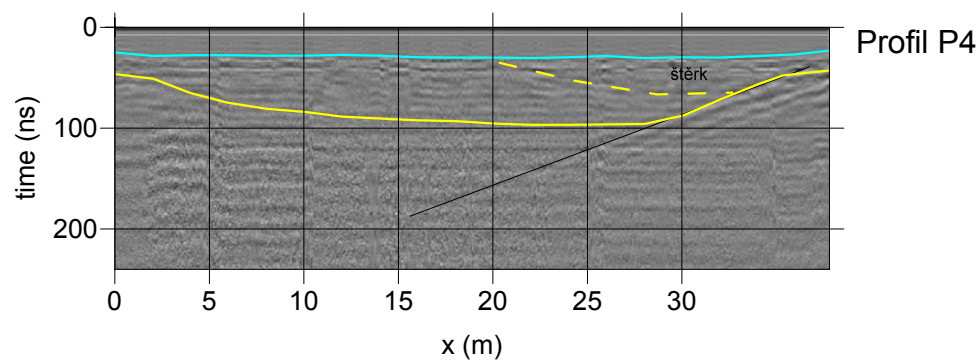
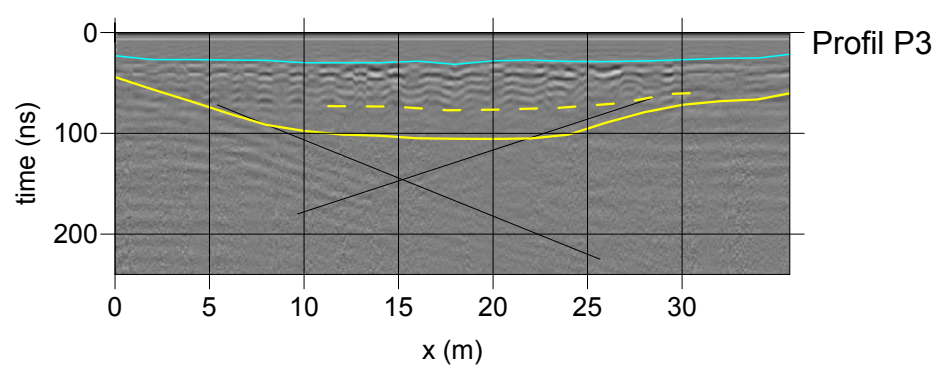
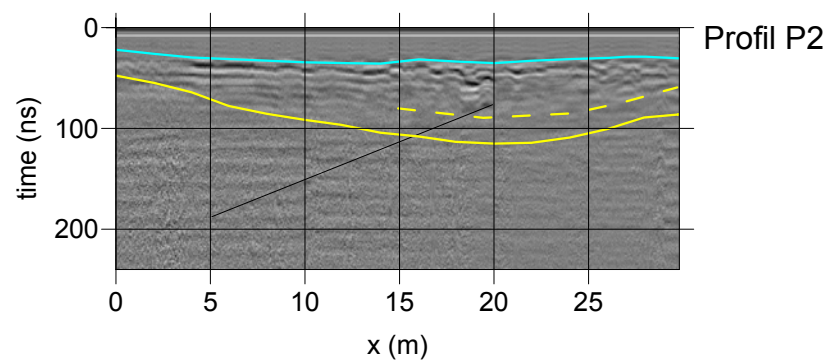
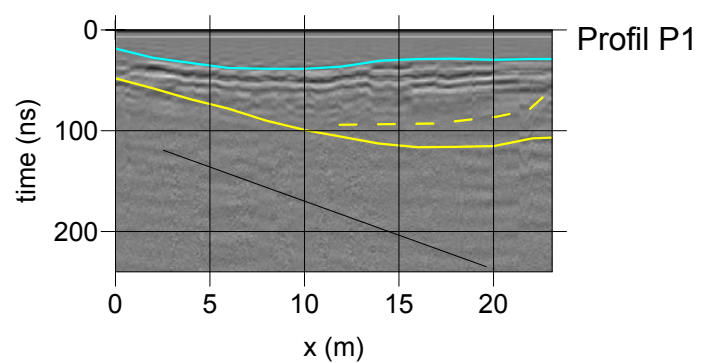
4. **ZÁVĚR**


Cílem georadarového průzkumu v prostoru nádrže VN Klíšský potok v Ústí nad Labem bylo určení množství splachových sedimentů. Objem sedimentů byl určován pomocí měření radarem z loďky (oblast u hráze) a pěšky z povrchu sedimentů v oblasti nátoku. Proměřena byla plocha o velikosti 4072 m². Průměrná mocnost sedimentu byla určena na 2,1 m. Celkový objem sedimentu v nádrži je tedy cca 8551 m³. Nejhlubší část nádrže se nachází před hrází, dosahuje na kótu cca 186,93 m n m. Výsledky průzkumu jsou prezentovány ve formě řezů pro měřené profily a mapami izolinií výšek/hloubek pro celou nádrž.





Název projektu: VN Klíšský potok. Měření objemu rybníčních sedimentů.		
		
Příloha č.:	Název přílohy:	Datum:
1	Schéma radarových profilů.	1.9.2021
	Vypracoval:	Měřítko:
	RNDr. V. Beneš	1 : 500

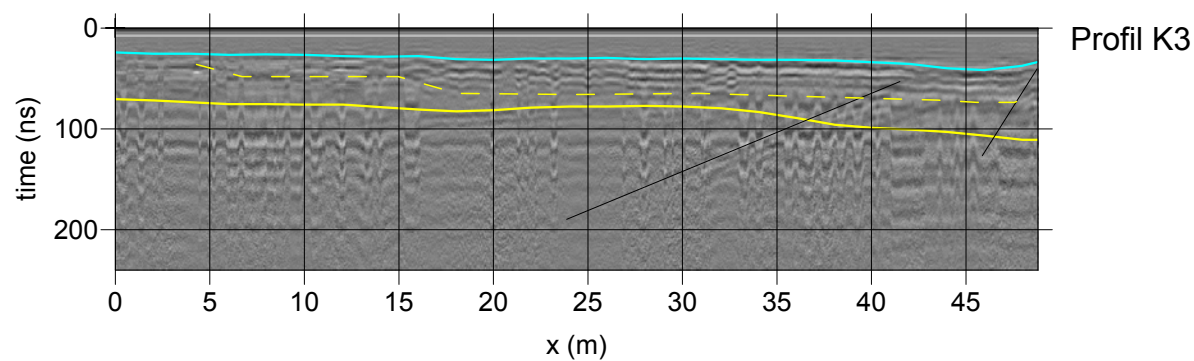
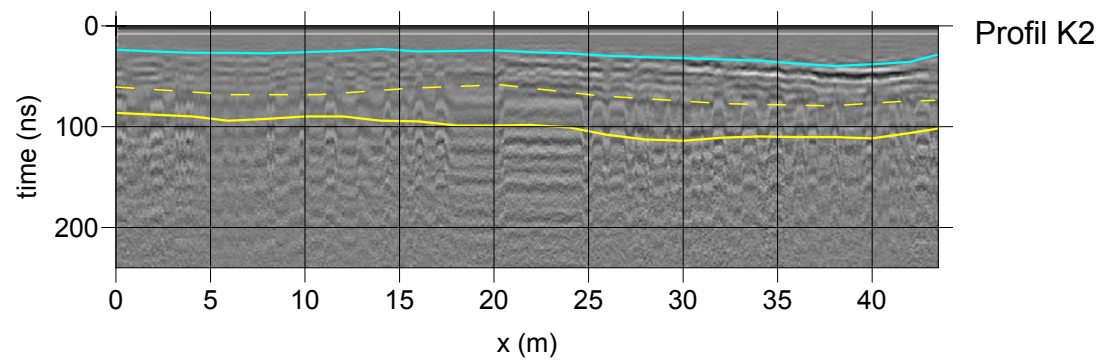
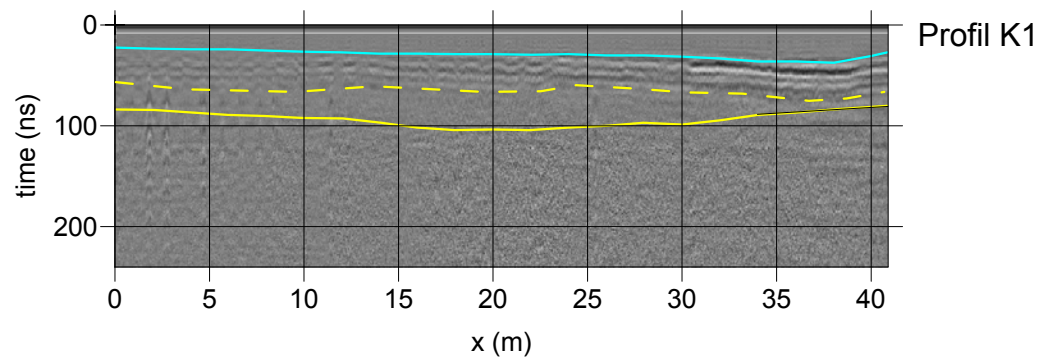
- zaměřený bod
-  **P1/23,1**
profil s označením
měřený z ložky
(anténa 100 MHz)
-  **P8/15,8**
profil s označením
měřený pěšky
(anténa 400 MHz)
- **2,7**
pozice sondy (zjištěná mocnost
sedimentu v m)
-  oblast gridu
(výpočtu objemu sedimentů)

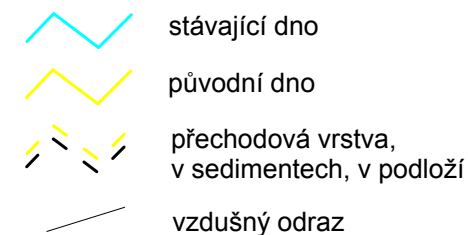
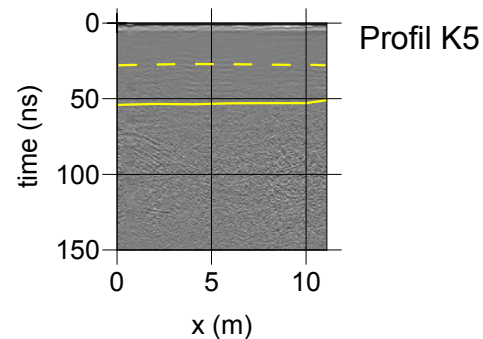
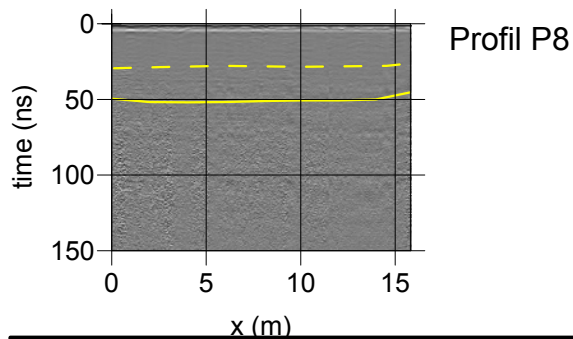




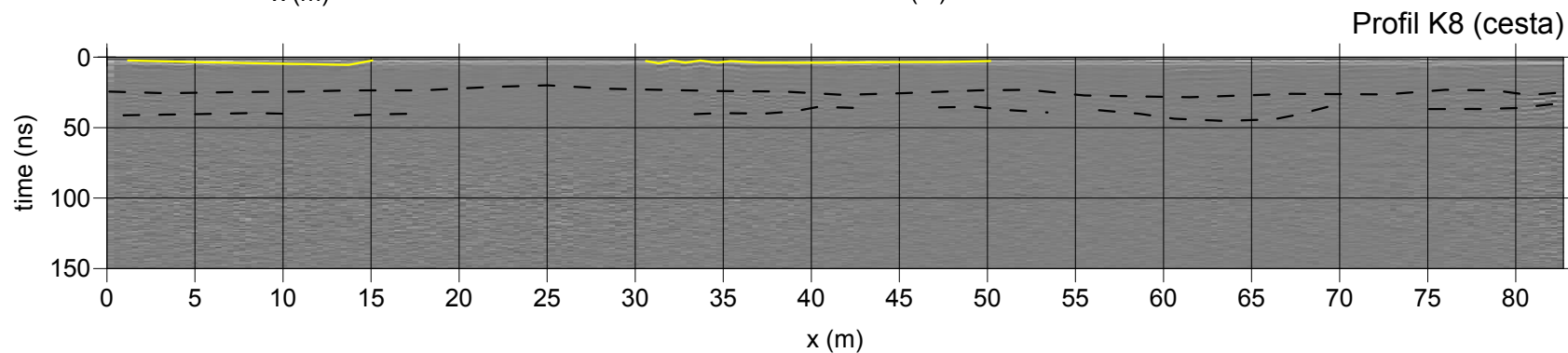
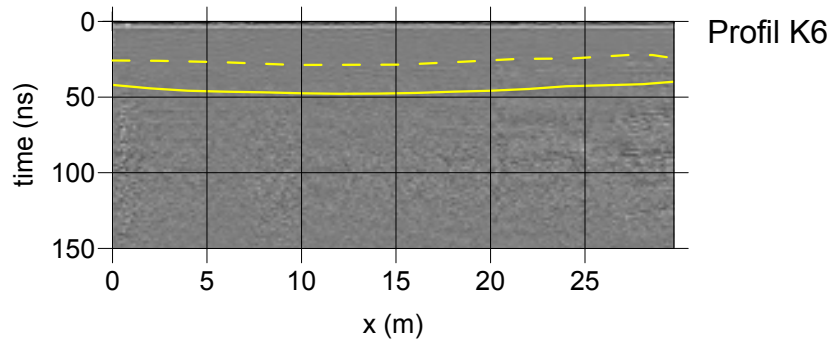
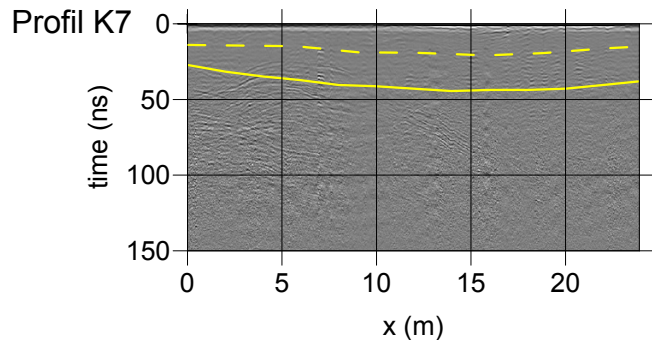
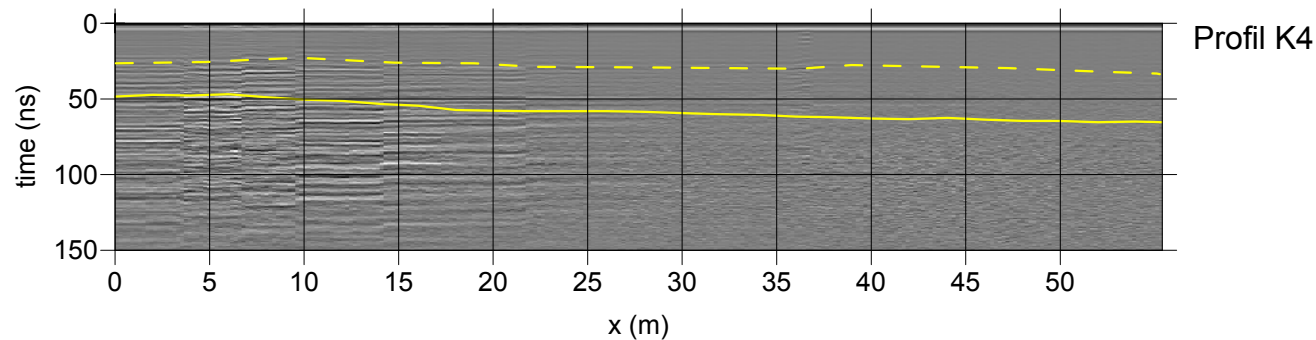
Název projektu: VN Klíšský potok. Měření objemu rybníčních sedimentů.		
Příloha č.: 2a	Název přílohy: Přehled radarových profilů. 1. část.	Datum: 30.8.2021
	Vypracoval: RNDr. V. Beneš	Měřítko: 1 : 250

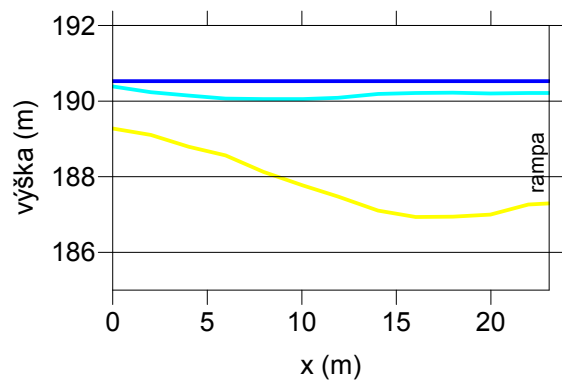
-  stávající dno
-  původní dno
-  přechodová vrstva, v sedimentech, v podloží
-  vzdušný odraz



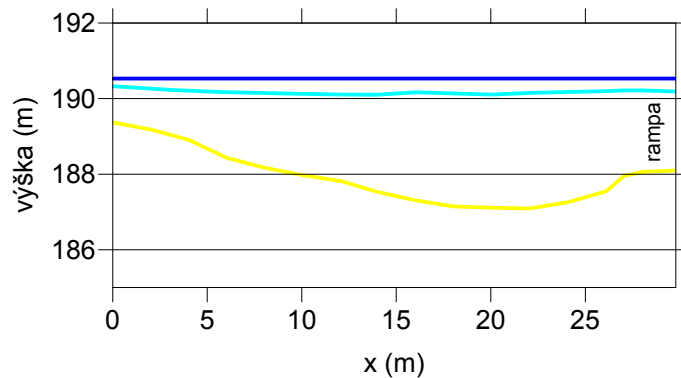


Název projektu: VN Klášský potok. Měření objemu rybníčních sedimentů.		
Příloha č.: 2b	Název přílohy: Přehled radarových profilů. 2. část.	Datum: 30.8.2021
	Vypracoval: RNDr. V. Beneš	Měřítko: 1 : 250

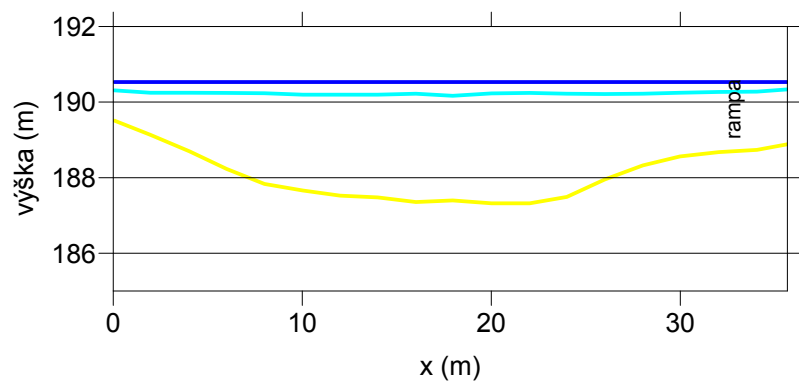




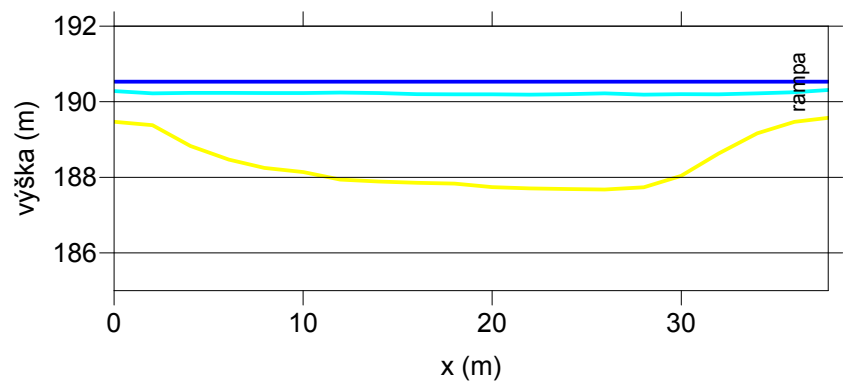
Profil P1



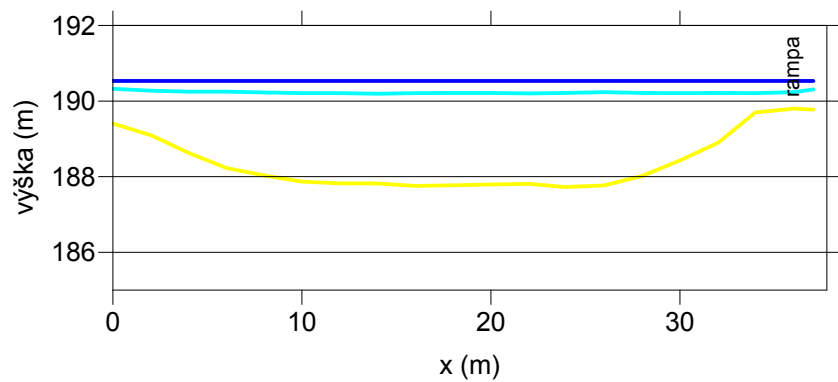
Profil P2



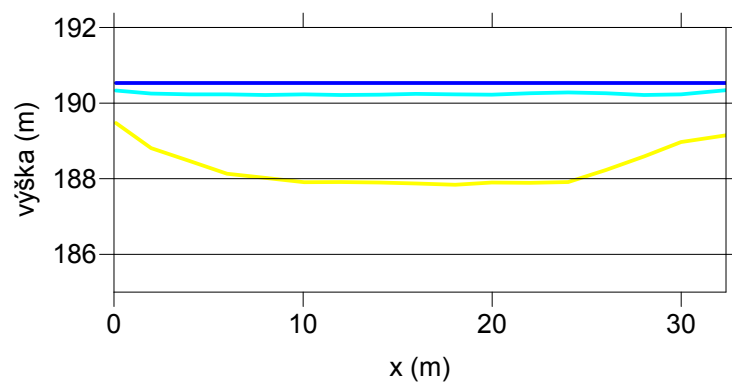
Profil P3



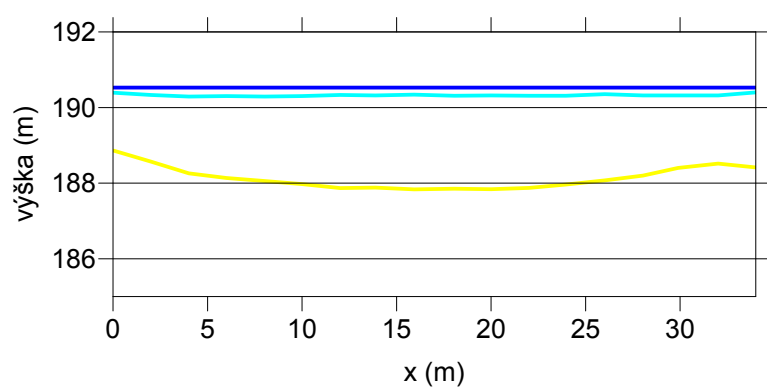
Profil P4



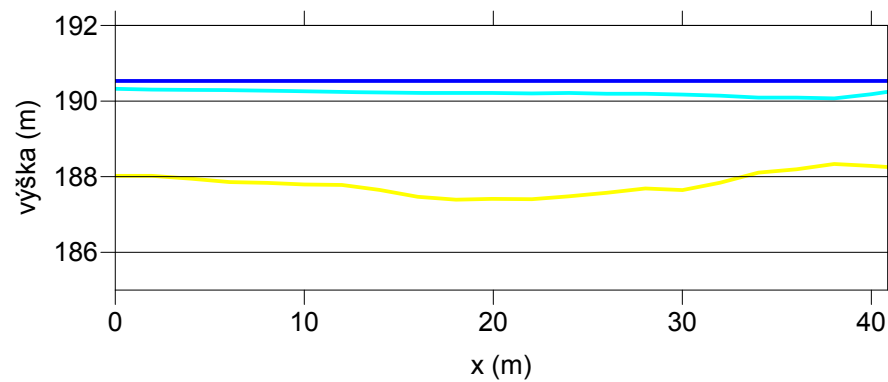
Profil P5



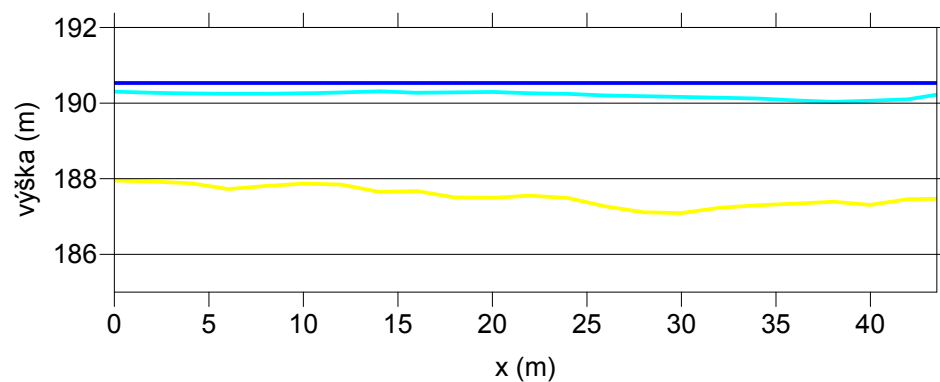
Profil P6



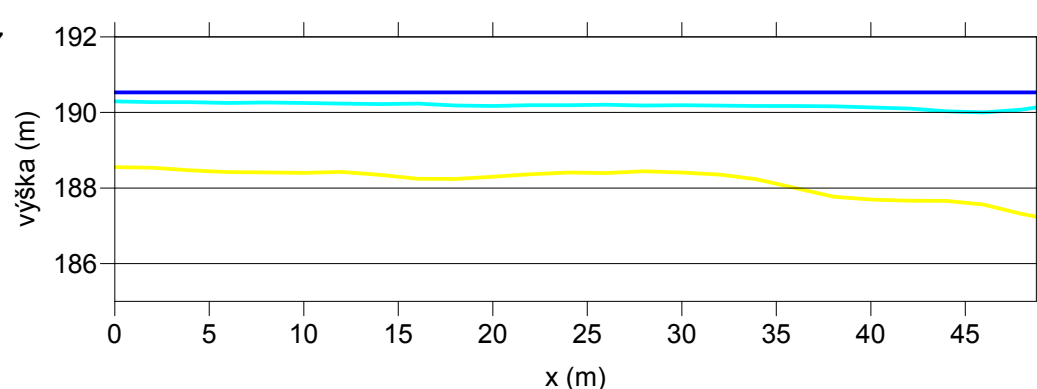
Profil P7




Profil K1






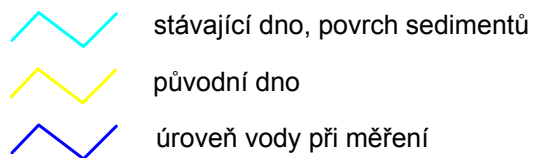
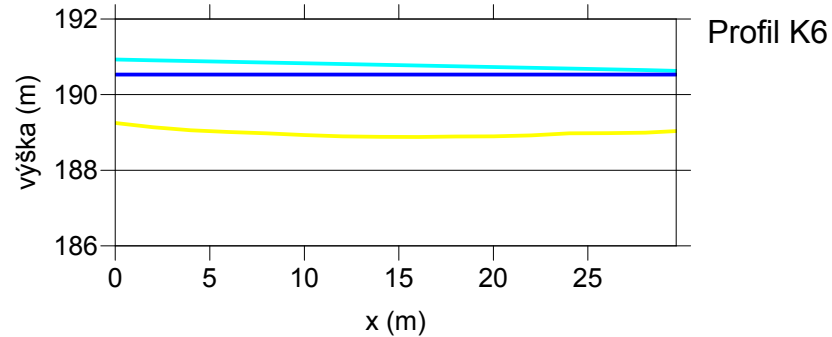
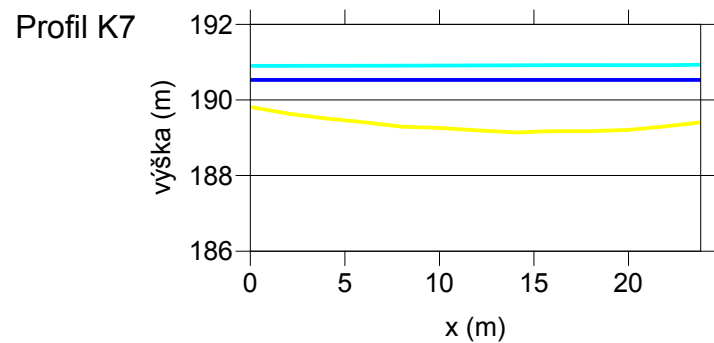
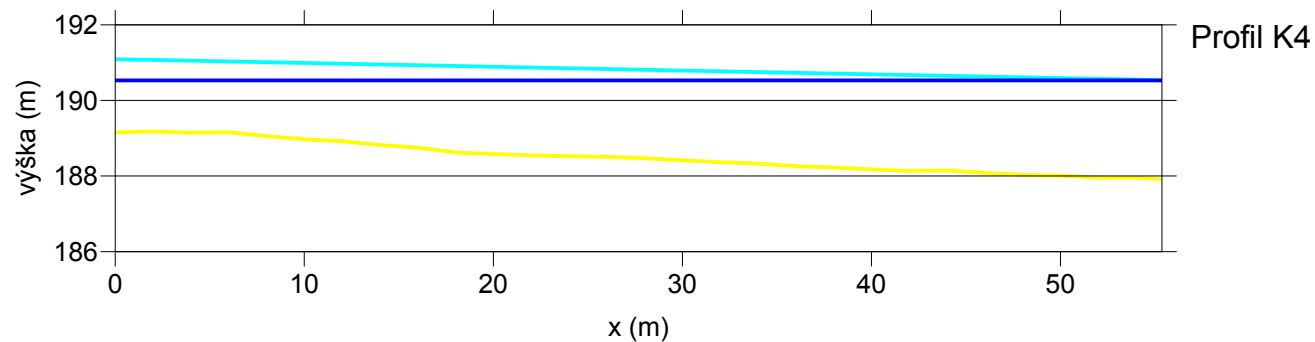
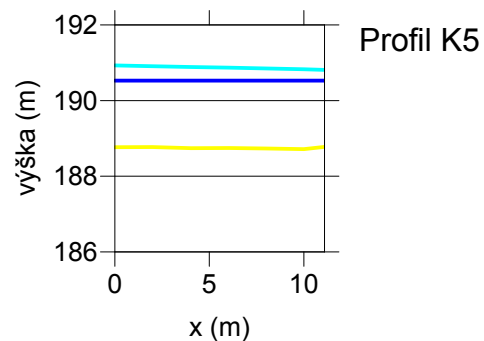
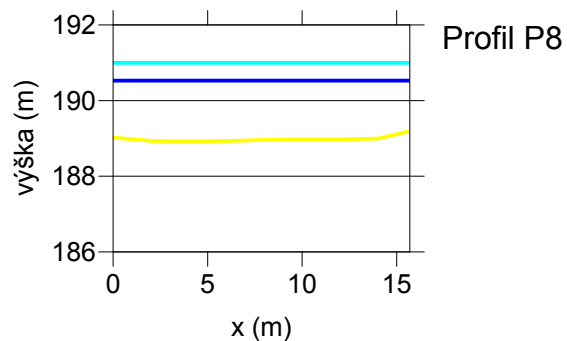
Profil K2




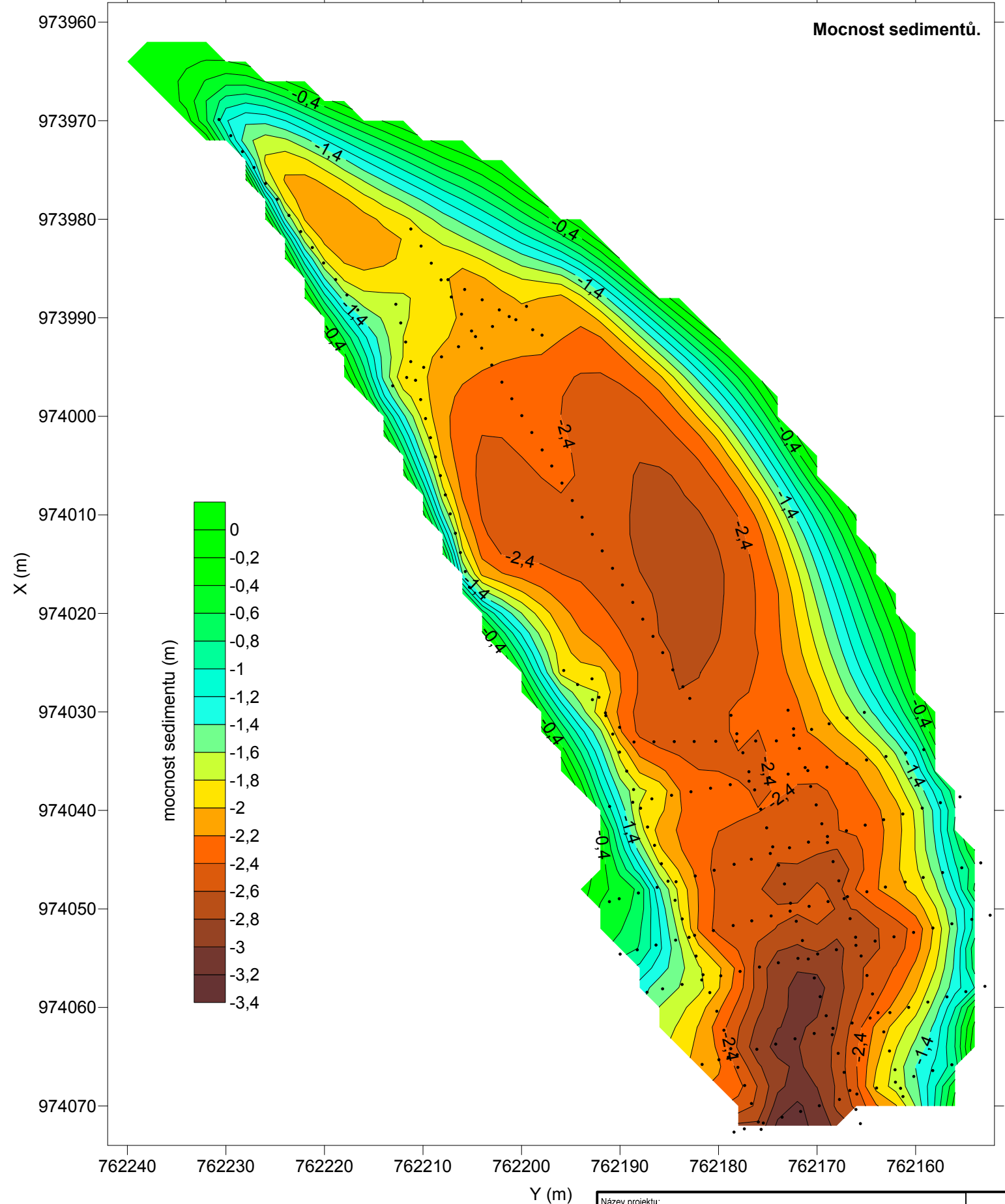
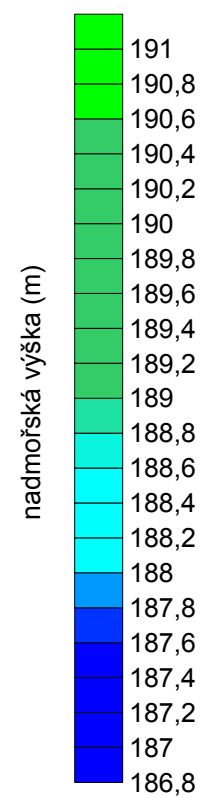
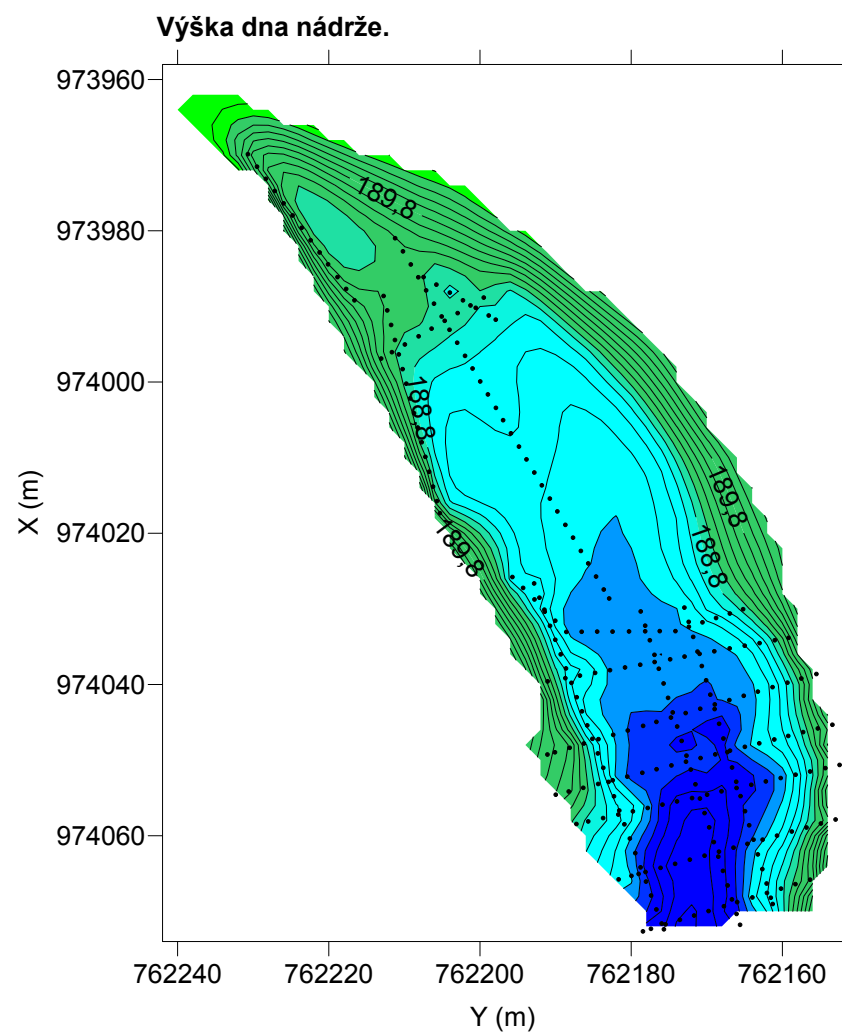
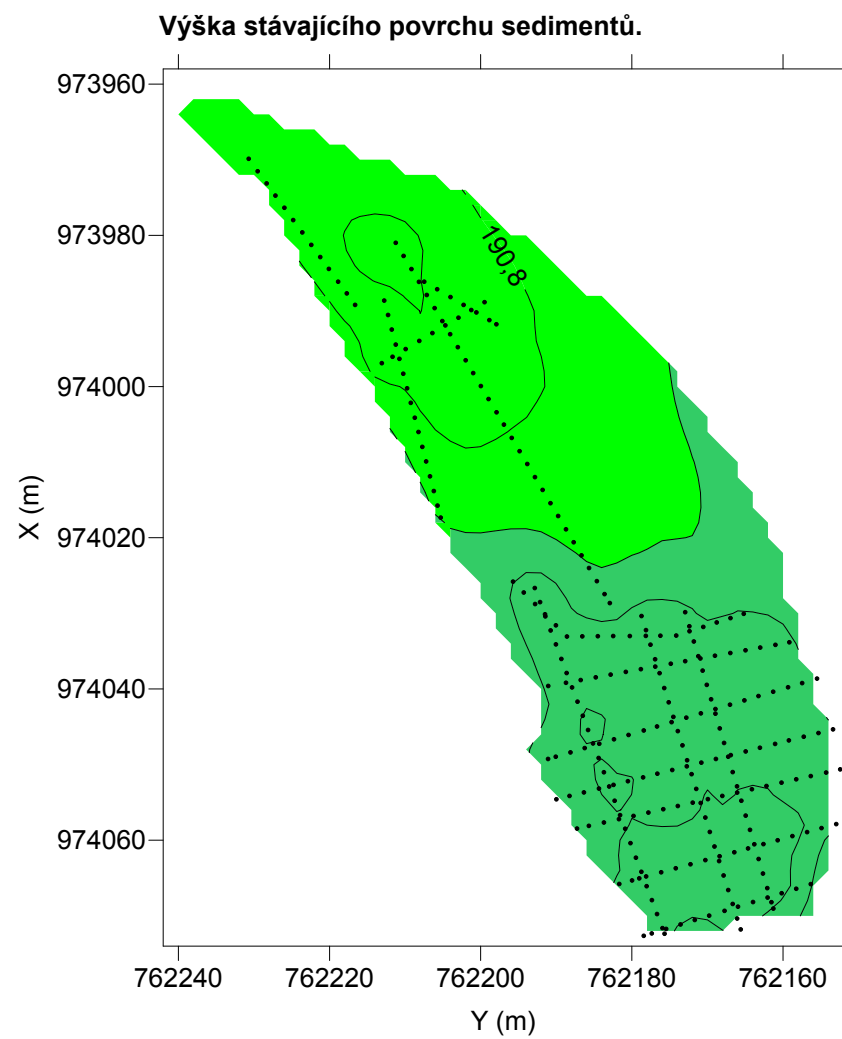
Profil K3

Název projektu: VN Klášský potok. Měření objemu rybníčních sedimentů.		
Příloha č.: 3a	Název přílohy: Přehled interpretovaných řezů. 1. část.	Datum: 3.9.2021
	Vypracoval: RNDr. V. Beneš	Měřítko: 1 : 250


-  stávající dno, povrch sedimentů
-  původní dno
-  úroveň vody při měření



Název projektu: VN Klíšský potok. Měření objemu rybničních sedimentů.			
Příloha č.: 3b	Název přílohy: Přehled interpretovaných řezů. 2. část.	Datum: 30.8.2021	
	Vypracoval: RNDr. V. Beneš	Měřítko: 1 : 250	



proměřená plocha.....4072 m²
 průměrná mocnost sedimentu.....2,1 m
 celkový objem sedimentu.....8551 m³

Název projektu: VN Klíšský potok. Měření objemu rybníčních sedimentů.		
Příloha č.: 4	Název přílohy: Mapy izolinií dna nádrže a mocnosti sedimentu.	Datum: 1.9.2021
	Vypracoval: RNDr. V. Beneš	Měřitko: 1 : 500