


6			
5			
4			
3			
2			
1			
REVIZE	POPIS	DATUM	SCHVÁLIL

Sweco Hydroprojekt a.s. Ústředí Praha Táborská 31, 140 16 Praha 4; praha@sweco.cz; www.sweco.cz							
VYPRACOVAL	Doc. Ing. Havlík, CSc.	HIP	Ing. Kubová, Ph.D.	T. KONTROLA	Ing. Kuba, Ph.D.		
PROJEKTANT	Doc. Ing. Havlík, CSc.	ŘEDITEL DIVIZE	Ing. Hanák	DATUM	10/2023		
OBJEDNATEL	Pražská vodohospodářská společnost a.s.			OKRES	Praha - Kbely		
AKCE: Rekonstrukce ČOV Kbely - aktualizace DPS č. akce: 1/3/L22/00				ČÍSLO ZAKÁZKY	11 2160 04 01		
				STUPEŇ	DPS		
				FORMÁT	14x A4		
				ARCHIVNÍ ČÍSLO	008177/23/1		
ČÁST STAVBY	Hydraulické výpočty			SO/PS	PS 90		
PŘÍLOHA: Technická zpráva				ČÍSLO PŘÍLOHY	E.1.1. <table border="1"> <tr><td>b</td></tr> <tr><td>1</td></tr> </table>	b	1
b							
1							

Tato dokumentace včetně všech příloh (s výjimkou dat poskytnutých objednatelem) je duševním vlastnictvím akciové společnosti Sweco Hydroprojekt a.s. Objednatel této dokumentace je oprávněn ji využít k účelům vyplývajícím z uzavřené smlouvy bez jakéhokoliv omezení. Jiné osoby (jak fyzické, tak právnické) nejsou bez předchozího výslovného souhlasu objednatele oprávněny tuto dokumentaci ani její části jakkoli využívat, kopírovat (ani jiným způsobem rozmnožovat) nebo zpřístupnit dalším osobám.

Poznámka: Podpisy zpracovatelů jsou připojeny pouze k výtisku číslo 01 nebo originálu přílohy (matrici).

OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

strana

1	Výchozí předpoklady pro hydraulické výpočty.....	3
1.1	Hydraulické výpočty v hlavním podélném profilu ČOV	3
1.2	Hydraulické výpočty provizorního obtoku SO 04	7
1.3	Hydraulické výpočty obtoku biologické části	8
1.4	Řešení garantovaného odběru vody pro potřeby golfu	10
1.5	Havarijní obtok hrubých česlí	11

1 VÝCHOZÍ PŘEDPOKLADY PRO HYDRAULICKÉ VÝPOČTY

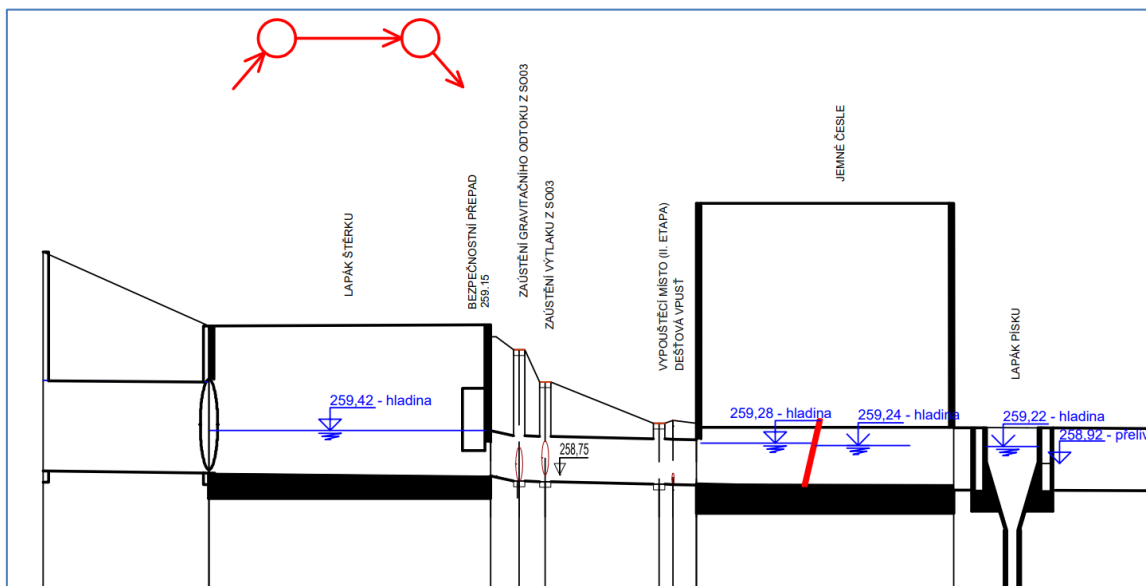
Základní parametry rekonstrukce byly popsány v dokumentaci DSP a v technologické zprávě. V bezdeštném období přitéká odpadní voda přes lapák šterku, hrubé česle a skrz vstupní rozdělovací objekt s přelivnou hranou na mechanický stupeň čištění. Jakmile je v deštivém období překročen povolený přítok na mechanický stupeň čištění, je přítok v rozdělovacím objektu uzavřen a veškeré odpadní vody protékají přes vírový separátor. Z vírového separátoru se 2 šnekovými čerpadly čerpá předčištěná odpadní voda $2 \times 165 \text{ l/s} = 330 \text{ l/s}$ a přitéká o volné hladině stokou DN 600 KT. V I. Etapě výstavby se zachovává hodnota maximálního dešťového přítoku na biologický stupeň čištění $Q_{\text{MAX}} = 132 \text{ l/s}$, tj. do obtoku se odvádí $330 - 132 = 198 \text{ l/s}$. Ve II. Etapě výstavby se uvažuje se zvýšením maximálního přítoku za deště na biologický stupeň čištění hodnotou čerpaného množství až na maximální hodnotu 185 l/s , takže do obtoku poteče $330 - 185 = 145 \text{ l/s}$. V předkládané dokumentaci se posuzuje I. Etapa výstavby pro případ maximálního přítoku na ČOV za deště.

Hydraulické výpočty byly provedeny s využitím modelu Mathcad, který lze používat jak pro tlakové proudění, tak pro rovnoměrné a nerovnoměrné proudění o volné hladině. Podrobně jsou řešeny všechny rozdělovací objekty, přelivy, sběrné žlaby, spojovací potrubí a další hydraulické prvky. Z hydraulického hlediska je třeba postupovat při výpočtu proti směru proudění z odtoku z ČOV, z důvodů větší srozumitelnosti však budou výsledky výpočtů stručně popsány od nátoky k odtoku z ČOV. Výsledky hydraulických výpočtů jsou ve formě podélných profilů uvedeny v samostatných přílohách, viz Seznam příloh, na které budou v textu odkazy. Měrné profily do systému SCADA jsou uvedeny v samostatné části dokumentace.

1.1 HYDRAULICKÉ VÝPOČTY V HLAVNÍM PODÉLNÉM PROFILU ČOV

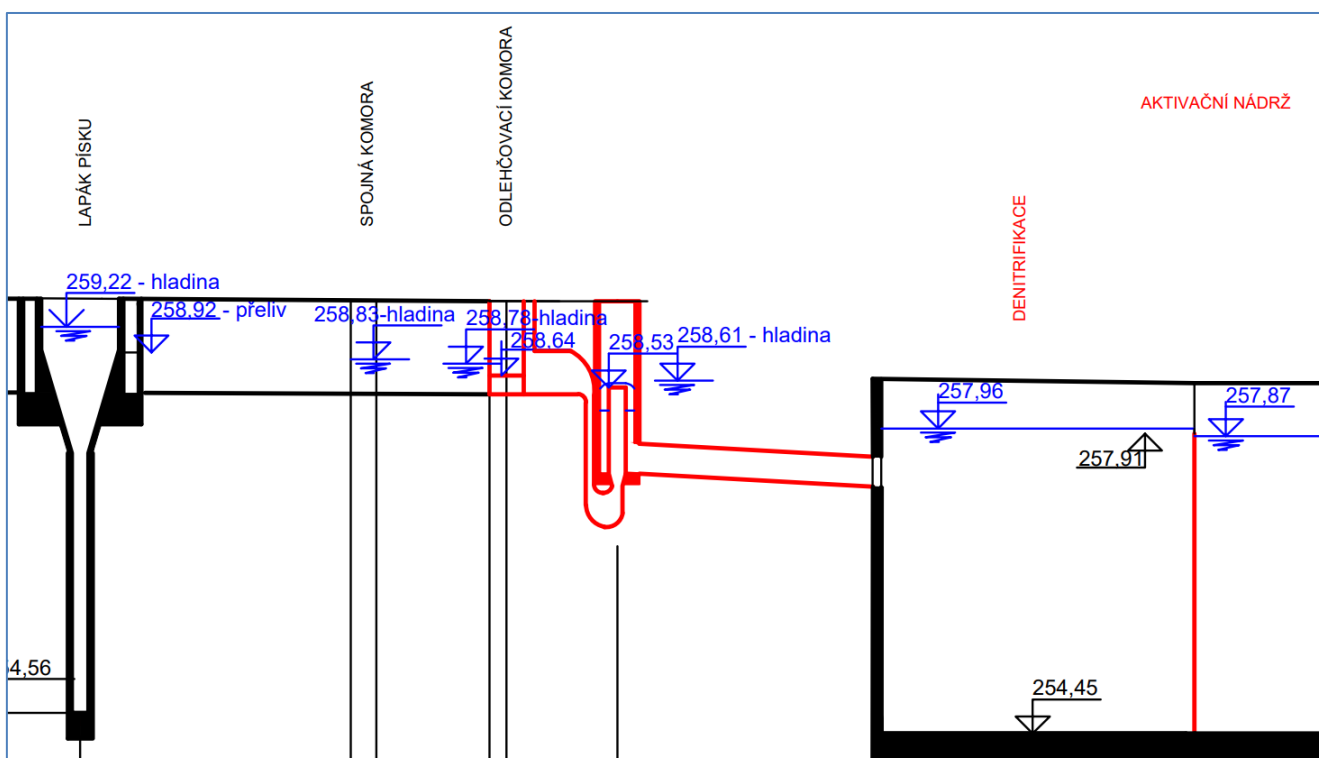
Hlavní podélný profil s vypočtenými hladinami začíná v Lapáku šterku a přes hrubé česle, resp. po čerpání z Vírového separátoru, přitéká maximální průtok 330 l/s na jemné česle. Protože některé objekty jsou pro obě biologické linky ČOV zdvojeny, je veden hlavní hydraulický podélný profil pouze jednou z těchto linek, resp. v jednom z jejich zdvojených objektů. Tomu potom odpovídají průtoky v jednotlivých objektech. Všechny podrobnosti o hladinách v objektech, o přelivných hranách a spojovacích potrubích (žlabech) jsou uvedeny v příloze E.1.2.

Polohu hladiny před a za jemnými česlemi a v Lapáku písku ukazuje Obrázek 1. V Lapáku písku je přelivní hrana na kótě $258,92 \text{ m}$ a hladina $259,22 \text{ m}$.



Obrázek 1: Přítok na mechanický stupeň čištění.

Z každého Lapáku písku voda odtéká žlabem obdélníkového průřezu ($b = 800 \text{ mm}$), následně dojde ke spojení obou žlabů a voda jedním žlabem přitéká k Odlehčovací komoře a následně k Rozdělovacímu objektu (obrácený šachtový přeliv), viz Obrázek 2. Dno v Odlehčovací komoře je $258,42 \text{ m}$, kóta bezpečnostního přelivu bude v této I. etapě nastavena na hodnotu $258,64 \text{ m}$ a hladina bude na kótě $258,78 \text{ m}$. Přelivná hrana délky 2 m musí být kvůli následné II. etapě výškově rektifikovatelná v rozmezí $\pm 50 \text{ mm}$! V Odlehčovací komoře se oddělí do obtoku průtok $Q = 198 \text{ l/s}$ a do nového Rozdělovacího objektu RO bude přitékat maximální průtok $Q = 132 \text{ l/s}$.

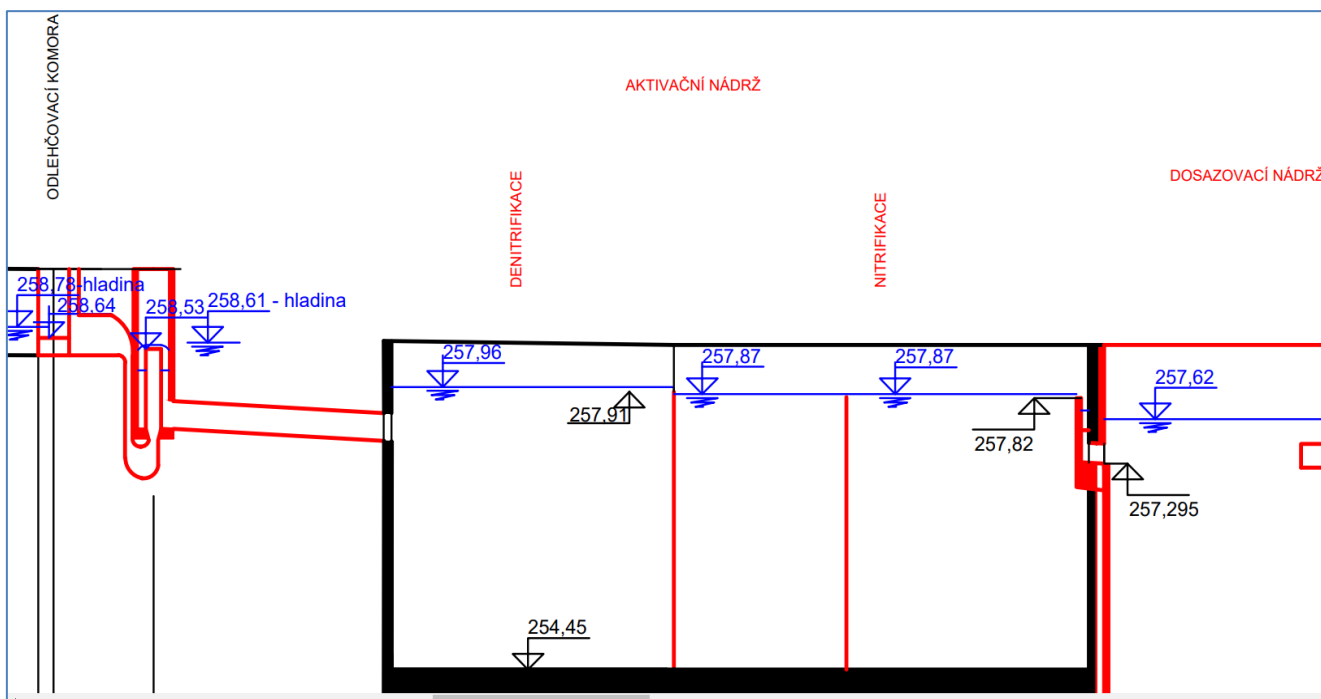


Obrázek 2: Nová odlehčovací komora a nový rozdělovací objekt na biologický stupeň čištění.

Rozdělovací objekt bude připraven ve II. Etapě rozdělovat přítok na 3 stejné dílčí průtoky, proto budou dělicí příčky od sebe v úhlech po 120°. Jejich přesné umístění ukazuje výkres objektu RO. V I. Etapě bude odtok do třetí biologické linky vhodným způsobem zaslepen, takže celkový přítok se rozdělí na dva stejné průtoky pouze do biologických linek č. 1 a 2.

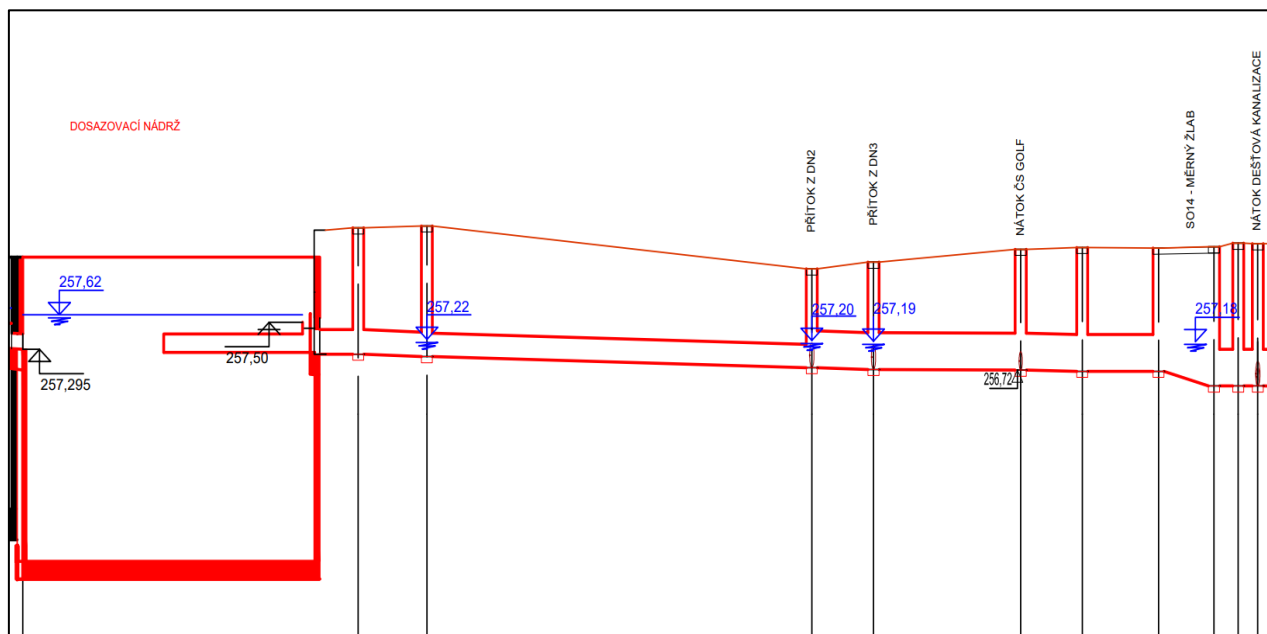
Průměr kruhového RO je $d = 1,5$ m a kóta přelivné hrany je $K_{PRO} = 258,53$ m. Hladina v RO bude 258,61 m. Další technické podrobnosti (dimenze, délka aj.) ukazují jeho výkresy, resp. specifikace.

Odtok z rozdělovacího objektu do aktivační nádrže ve zvoleném hydraulickém podélném profilu ukazuje Obrázek 3. Proudění bude v tlakovém režimu proudění, předpokládá se nerezové potrubí D500. Hladina v Denitrifikační sekci aktivační nádrže bude 257,96 m, v Nitrifikační sekci 257,87 m. Na konci aktivační linky bude umístěn jednostranný sběrný žlab obdélníkového průřezu šířky min. 450 mm (výšky 450 mm) s ozubenou přelivnou hranou, resp. s jeho dnem na kótě 257,295 m, viz Obrázek 3. Hladina ve sběrném žlabu bude 257,70 m a krátkým nátrubkem se dostane do hladiny v Dosazovací nádrži, která bude na kótě 257,62 m. Propojení denitrifikační nádrže s nitrifikační bude respektovat technologické požadavky a prakticky nezpůsobí významnější hydraulické ztráty. Další podrobnosti uvádějí samostatné výkresy a technické specifikace.



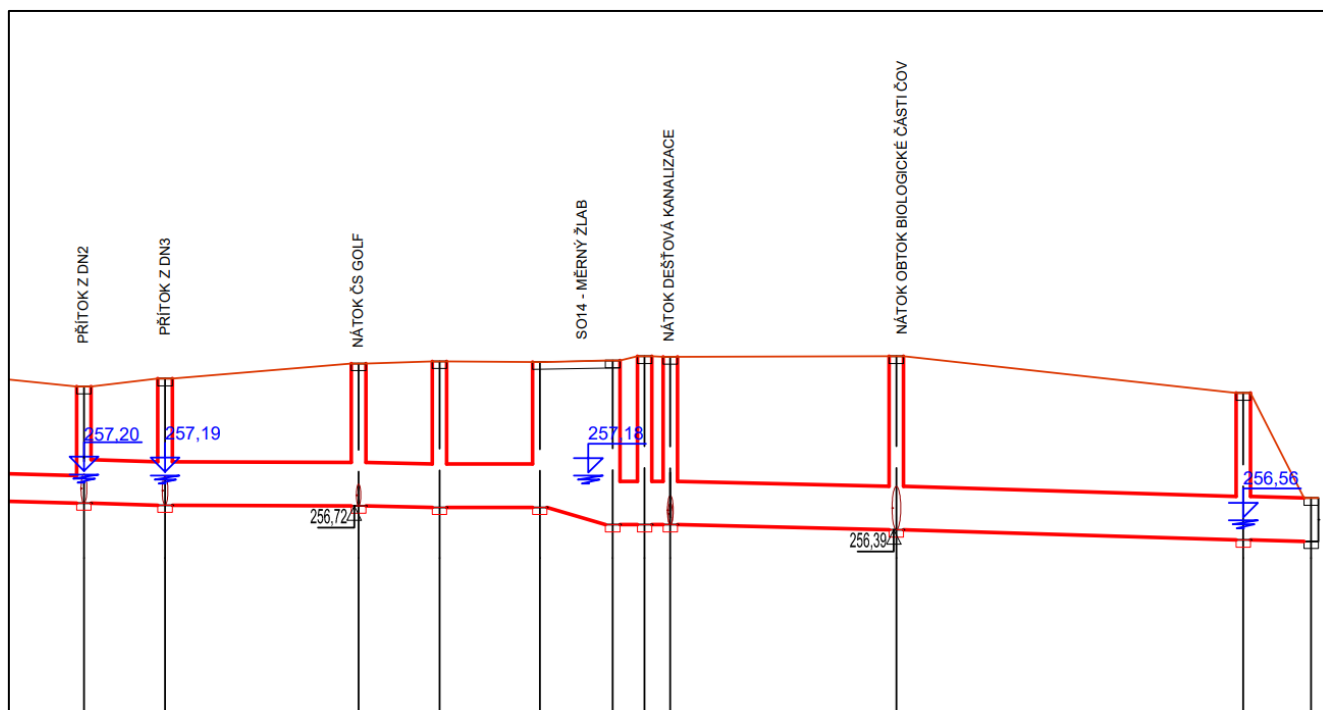
Obrázek 3: Průtok vody z RO biologickou linkou.

Odtok z dosazovací nádrže, viz Obrázek 4, se navrhuje zajistit dvěma děrovanými ponořenými potrubími DN400 (zúžení na DN300), ze kterých bude voda natékat do sběrného žlabu. Sběrný žlab s přelivnou hranou délky 2 m zajistí hladinu v dosazovací nádrži na kótě 257,62 m. Kóta přelivné hrany bude 257,50 m a bude výškově rektifikovatelná v rozmezí ± 25 mm! Voda z obou dosazovacích nádrží bude odtékat o volné hladině potrubím DN400, viz příloha E.1.2. Odtok z dosazovací nádrže bude o volné hladině a u potrubí se postupně zvyšuje DN podle toho, jak se bude zvyšovat přítok ze zbývajících biologických linek z hodnoty 66 l/s z jedné, resp. na 132 l/s z druhé biologické linky, viz Obrázek 4. Na měrný objekt tak bude přitékat maximálně $Q = 132$ l/s. V šachtě za měrným objektem je průtok z obtoku 198 l/s a na odtoku z ČOV tak bude maximální průtok 330 l/s.



Obrázek 4: Uspořádání odtoku z dosazovací nádrže k měrnému žlabu.

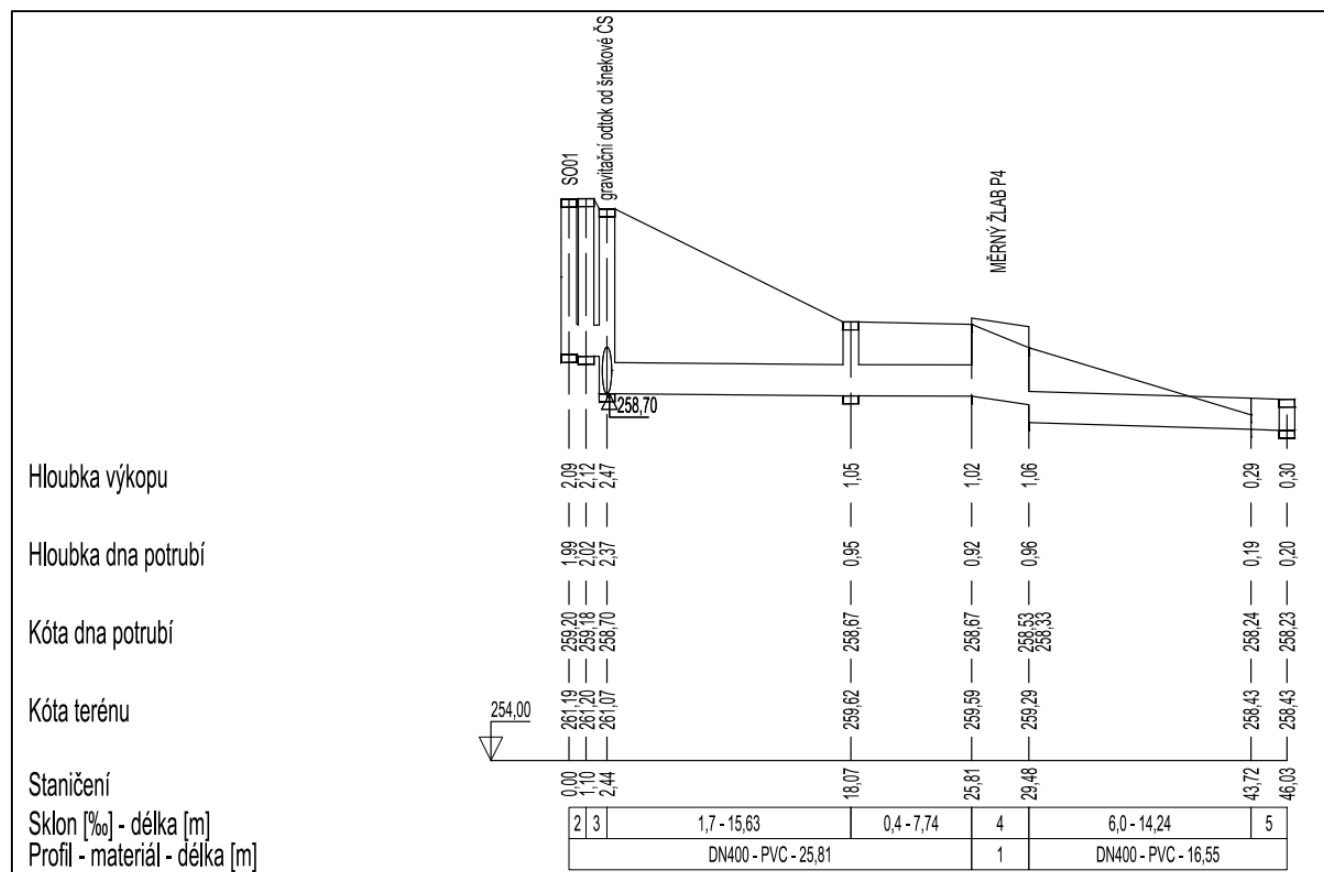
Vlastní měrný objekt se předpokládá typu Parshall, viz samostatný výkres, resp. podrobnější technické specifikace. Hydraulicky vhodné podmínky v přítokové stoe jsou zajištěny. Maximální odtok 330 l/s z ČOV kameninovou stoukou DN600 bude o volné hladině, viz Obrázek 5.



Obrázek 5: Odtok z dosazovací nádrže přes měrný objekt na odtoku z ČOV Kbely – I. Etapa.

1.2 HYDRAULICKÉ VÝPOČTY PROVIZORNÍHO OBTOKU SO 04

Protože vznikl požadavek na zřízení provizorního obtoku objektu SO 04, byl tento podélný profil, viz Obrázek 6, hydraulicky navržen tak, aby byly na jedné straně splněny kapacitní požadavky na $Q_{\max} = 80 \text{ l/s}$ a na druhé straně hydraulické požadavky na měření průtoku s využitím Parshallova žlabu. Doporučuje se např. žlab s měrnou křivkou $Q = 0,354 \cdot h^{1,558}$.

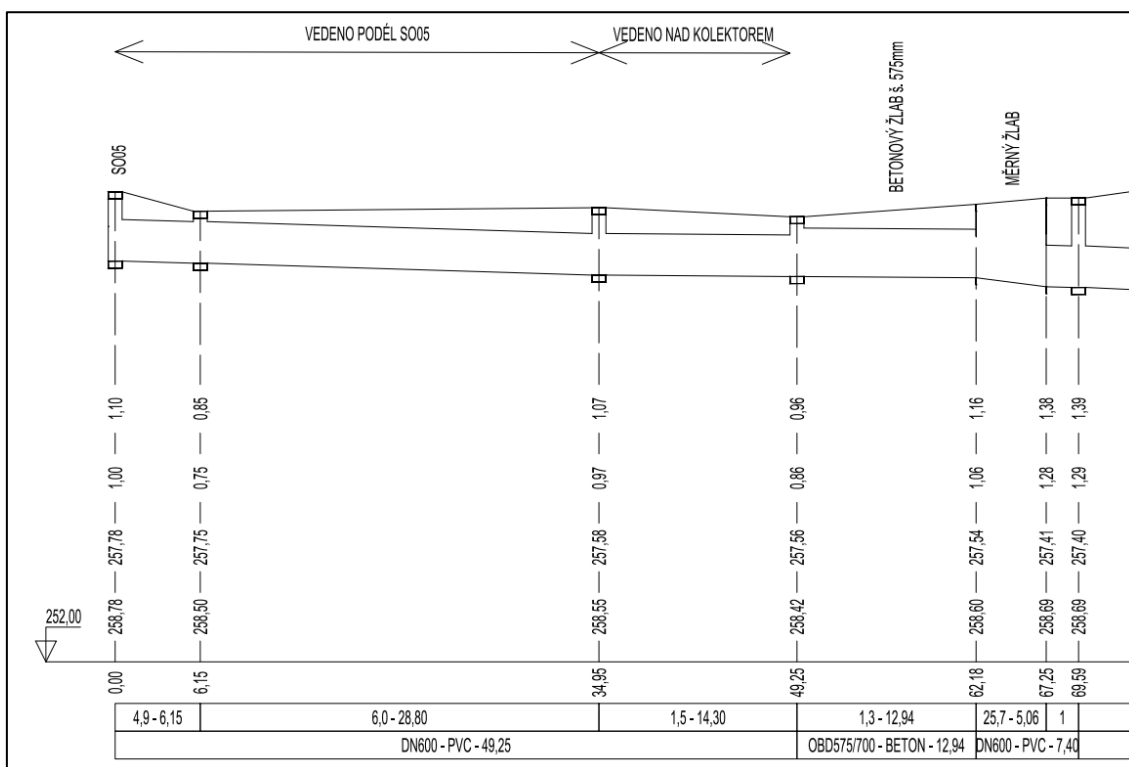


Obrázek 6: Podélný profil provizorního obtoku objektu SO 04.

Další projekční podrobnosti uvádí příloha č. E.1.3.

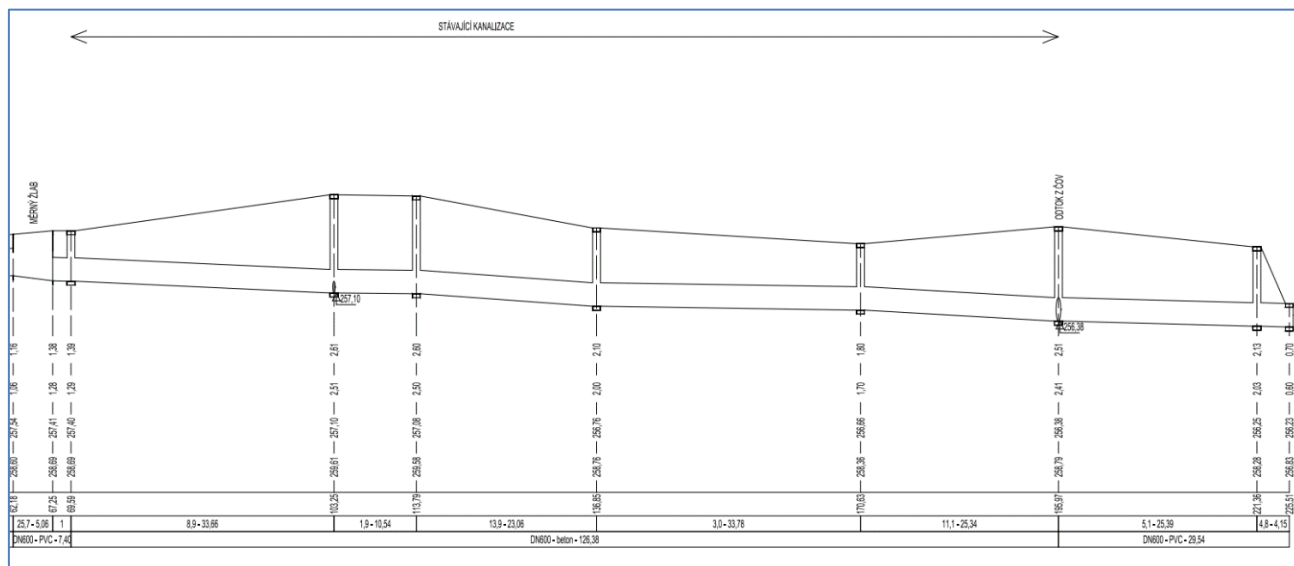
1.3 HYDRAULICKÉ VÝPOČTY OBTOKU BIOLOGICKÉ ČÁSTI

Obtok biologické části z objektu Odlehčovací komory byl rovněž hydraulicky podrobně posouzen. Respektoval se požadavek na maximální průtok v I. Etapě hodnotou $Q_{\max} = 198 \text{ l/s}$ (ve druhé etapě se průtok sníží na hodnotu 145 l/s). Podélný profil, viz Obrázek 7, se zaměřil zejména na zajištění odpovídajících hydraulických podmínek před Měrným objektem. Doporučuje se např. žlab s měrnou křivkou $Q = 0,521 \cdot h^{1,558}$. Za měrným objektem až k soutoku s odtokovou stokou DN600 je stávající kanalizace, viz Obrázek 8. Bylo ověřeno, že má dostatečnou hydraulickou kapacitu. Další podrobnosti uvádí příloha E.1.5.



Obrázek 7: Řešení obtoku biologické části ČOV Kbely.

Hydraulické výpočty PS 90

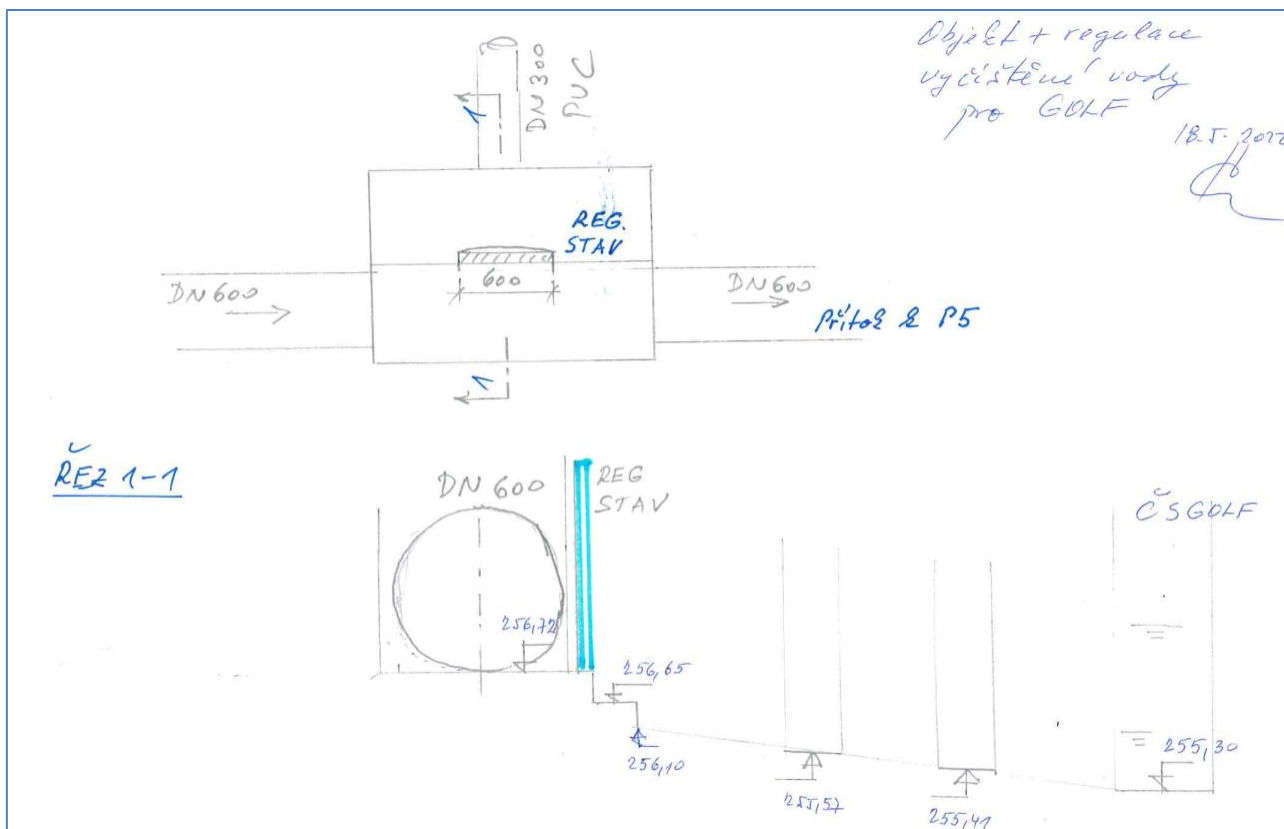


Obrázek 8: Stávající kanalizace za měřným objektem na obtoku biologické části ČOV Kbely.

1.4 ŘEŠENÍ GARANTOVANÉHO ODBĚRU VODY PRO POTŘEBY GOLFU

Z podkladu provozovatele vyplývá, že na jedné straně je třeba garantovat minimální odtok do recipientu hodnotou $Q_{\min} = 5 \text{ l/s}$, na druhou stranu splnit smluvní podmínky garantovaného odběru vyčištěné vody pro potřeby golfu. Jde o hodnotu měsíčního odběru vody $36\,600 \text{ m}^3$, což v průměru odpovídá průtoku $Q_{\text{gar}} = 14,1 \text{ l/s}$. Je vhodné uvést, že průtok čistírnou je $Q_{24} = 60 \text{ l/s}$, průměrný denní $Q_d = 75 \text{ l/s}$.

Z dostupných projekčních podkladů se po ověření několika možností doporučuje realizovat řešení, viz Obrázek 9. Protože nelze hydraulicky narušovat proudění k následnému měrnému objektu, navrhuje se v Odběrném objektu umístit vertikálně posunovatelné stavidlo (regulační stavidlo) s průměrem DN600. Jeho ovládání v systému SCADA bude propojeno s měřeným průtokem v Měrném objektu. Při menších celkových přítocích bude regulační stavidlo potevřené tak, aby se „zaplavila“ ČS pro potřeby odběru vody na golfové hřiště. I když nejsou známy parametry čerpadel, bude tento odběr regulován právě činností čerpadel. Tím bude potřeba odběru vody splněna.

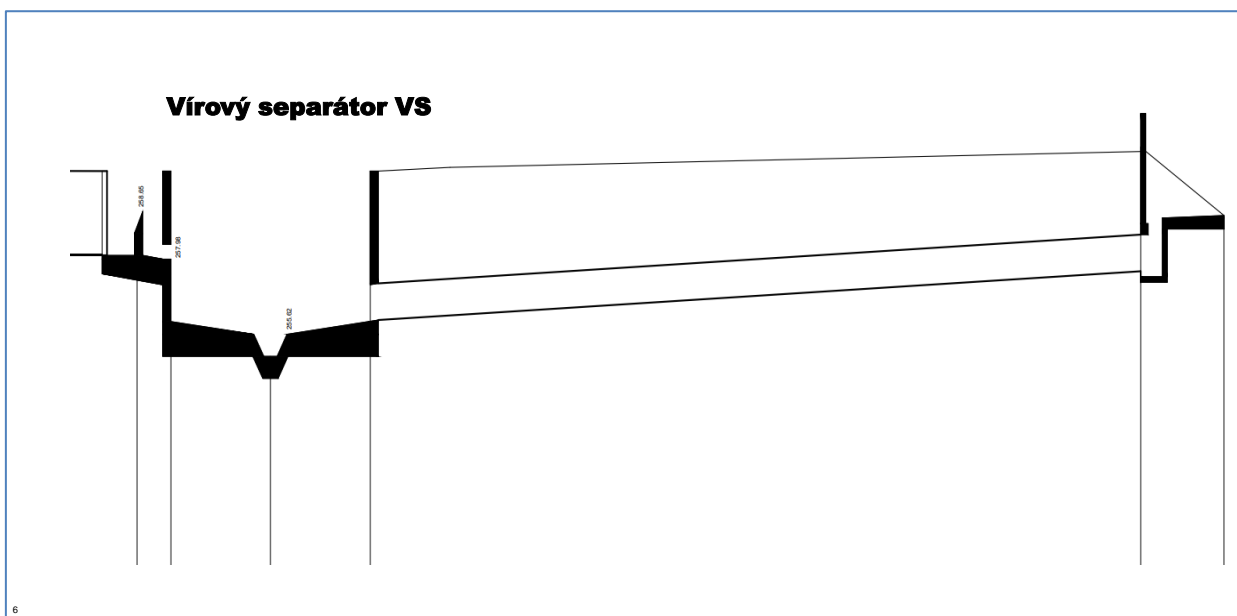


Obrázek 9: Technické řešení odběru vody pro potřeby golfu.

Současně se bude v systému SCADA sledovat aktuální průtok měrným objektem, resp. do recipientu. Tímto technickým řešením budou splněny všechny výše uvedené požadavky. Pokud by se někdy v budoucnosti chtěl vlastník golfového hřiště na systém SCADA napojit, bylo by to technicky možné. Pak by se prováděla optimalizace odběrového diagramu potřeby vody pro golfové hřiště.

1.5 HAVARIJNÍ OBTOK HRUBÝCH ČESLÍ

Aby se posoudila hladina při proudění vody na vírový separátor (VS), použil se vykreslený podélný profil, viz Obrázek 10. Vírový separátor má přelivná okna (2x délky 2,105m, 2x délky 1,855 m), tj. celkovou délku přelivných oken $L = 7,92$ m. Úroveň přelivné hrany okna je na kótě 257,89 m. Přítokový obdélníkový žlab se šířkou 2 m má výšku 1 m je v tlakovém režimu proudění.



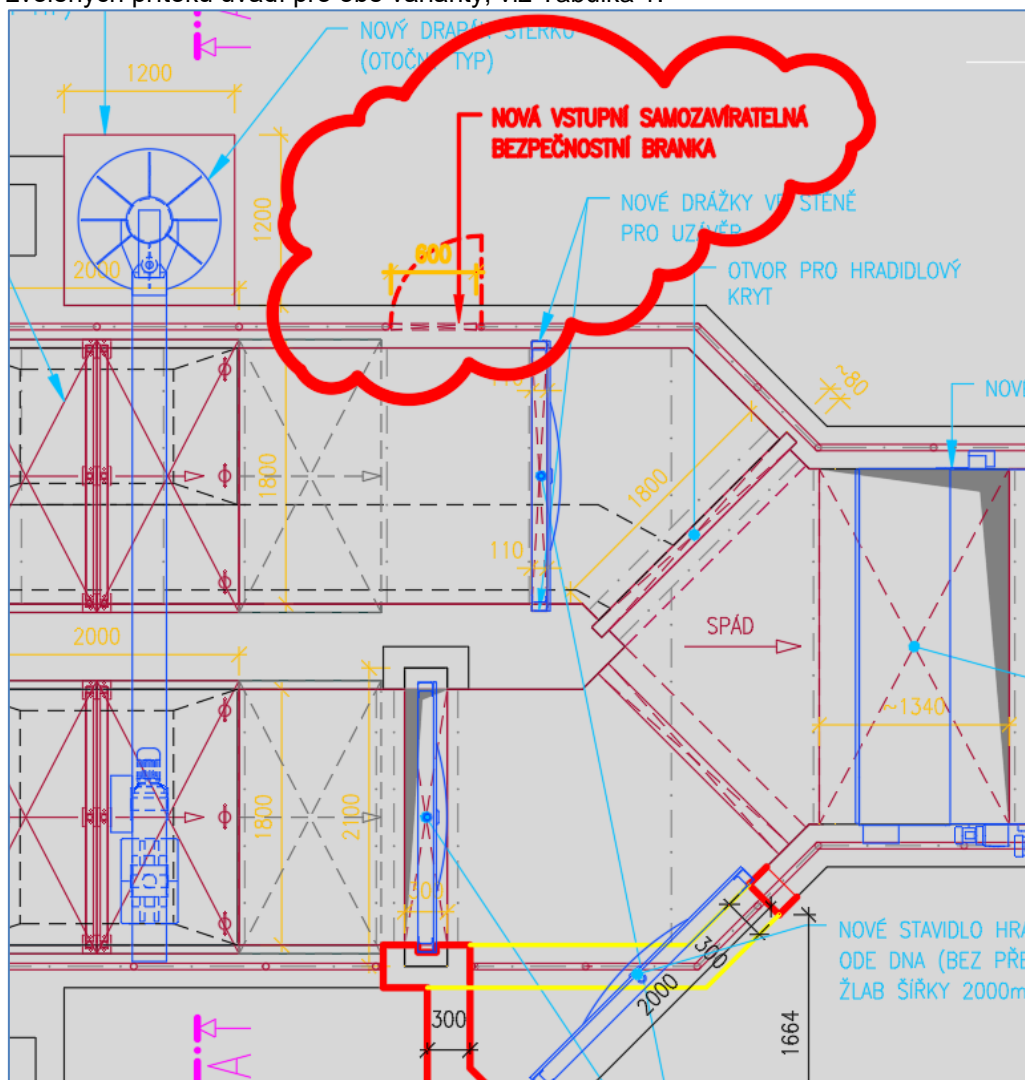
Obrázek 10: Podélný profil s přítokem na vírový separátor.

Podle dostupných projekčních podkladů mají hrubé česle návrhové parametry, viz Obrázek 11. Z provozních údajů provozovatele se zjistilo, že v uplynulých rocích se dešťové maximální přítoky na ČOV Kbely pohybovaly v rozmezí 2,4 m³/s až 4,8 m³/s. Proto byl vytvořen simulační model (Mathcad) od VS až do Lapáku štěrku pro dva mezní provozní stavy, tj. za předpokladu, že buď by byly hrubé česle v provozu – VAR 1, nebo nebyly – VAR 2, a v důsledku toho by odpadní voda k VS musela přitékat pouze havarijním obtokem. Vtok do žlabu hrubých česlí ukazuje Obrázek 12.

Česle
Česle ve venkovní provedení se zateplením. Včetně rozvaděče pro automatické ovládání česlí a navazujícího dopravníku. Pracující v časovém režimu s měření hladiny před česlemi.
Parametry:
QMAX = 8000 l/s
Hloubka kanálu před česlemi: 2700 mm
Hloubka kanálu v místě osazení česlí: 2700 mm
Šířka kanálu: 2500 mm
Výška výsypky nad podlahou: cca. 1000 mm (výsypka navazuje na násypku dopravníku.
Šířka průlin: 50 mm
Sklon česlí: 90°
Materiálové provedení: dle výrobce.

Obrázek 11: Parametry hrubých česlí.

Postupně se zvažovalo několik možných technických řešení havarijního obtoku hrubých česlí, nakonec se jediným vhodným řešením ukázal být obtokový žlab šířky 2 m se dnem nasazeným ve dně za Lapákem šterku na kótě 258,72 m, viz Obrázek 13 a Obrázek 14. Výsledky pro řadu zvolených přítoků uvádí pro obě varianty, viz Tabulka 1.



Obrázek 12: Uspořádání vtoku do žlabu s hrubými česlemi.

Tabulka 1: Výsledky pro havarijní obtok hrubých česlí.

Q (m3/s)	2	3	4	5	6	7	8
VAR 1							
WLVS (m)	259,18	259,27	259,35	259,43	259,50	259,57	
WLLSt (m)	259,74	260,08	260,43	260,80	261,21	261,67	
REZ (m)	1,68	1,34	1,0	0,64	0,22	- 0,25	Poz 1
VAR 2							
WLLSt (m)	259,54	259,81	260,11	260,45	260,85	261,31	
REZ (m)	1,88	1,60	1,31	0,97	0,57	0,10	Poz 1

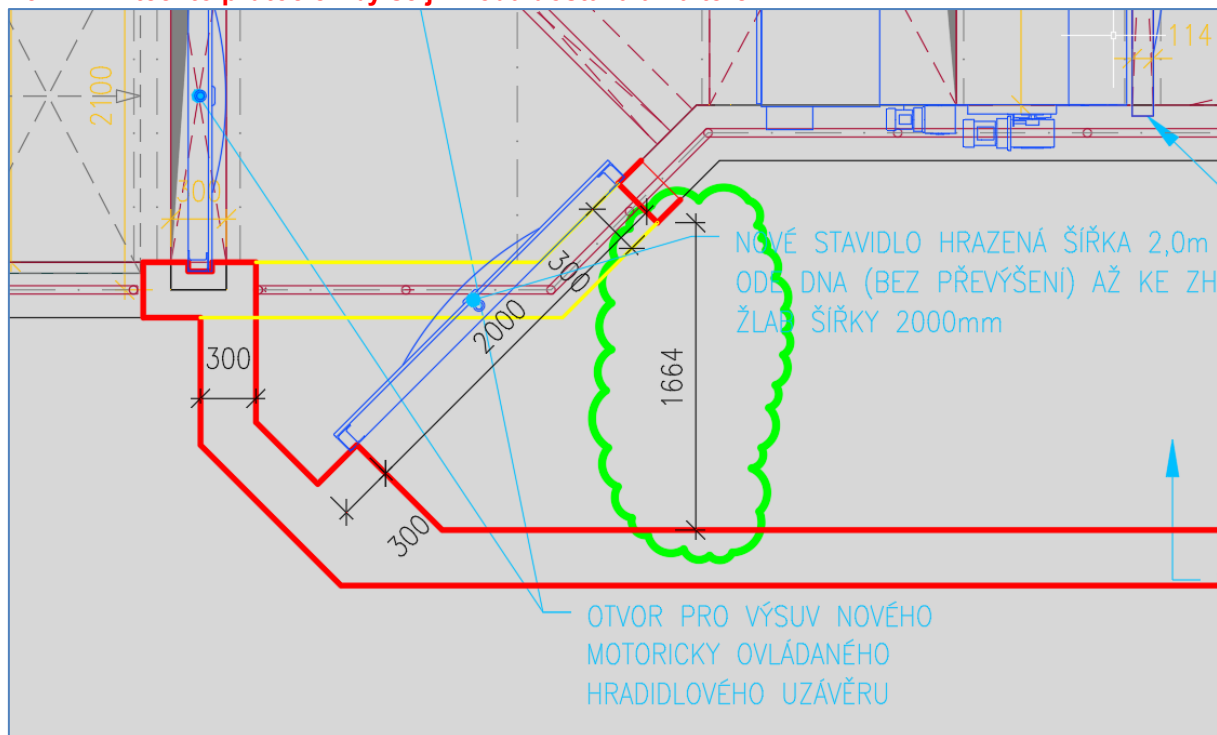
LEGENDA

WLVS poloha hladiny ve vírovém separátoru

WLLSt poloha hladiny v Lapáku štěrku

REZ rezerva pod horní hranou žlabu s hrubými česlemi (261,42 m). Pokud je REZ kladná, voda se ještě nedostává nad horní úroveň žlabu.

Poz 1: Při těchto průtocích by se již voda dostávala na terén.



Obrázek 13: Uspořádání vtoku do obtokového havarijního žlabu.



Z výsledků je patrné, že i hrubé česle při určitém zanesení plovoucími látkami, by dokázaly samostatně (bez havarijního obtoku) provést maximálně cca 6 m³/s, viz VAR 1 Tabulka 1. Pokud by byly hrubé česle např. v průběhu výstavby mimo provoz, dokázal by obtok provést max. cca 7 m³/s, viz VAR 2 Tabulka 1. Lze proto usuzovat, že i teoretický maximální průtok Q = 8 m³/s by dokázal při současné hydraulické funkci hrubých česlí (alespoň zčásti průtočných) a při otevřeném obtoku, systémem protéct.

Za běžného provozu bude stavidlo (funkce otevřeno/zavřeno) spuštěno dolů a obtok bude zahražen.