

*zhotovitel:*

**AZ Consult, spol. s r.o.**  
Klíšská 12, 400 01 Ústí nad Labem

*objednatel:*

**STAVplan-CZ s.r.o.**  
Ostrovní 15/5, 301 00 Plzeň

## II/318 ČASTOLOVICE, OBCHVAT

*Číslo zakázky:* **20 / 337**

*Číslo objednávky objednatele:* **OBJ21012**

*Evid. č. geofondu:* **-**

*Etapová zpráva č.:* **02**

*Název zprávy:* **Stabilita násypu v km 0,750 – geotechnické posouzení**

*Zpracovali:* Ing. Jan Kurka, CSc.  
Ing. Martin Komín

## OBSAH

1. ÚVOD, PŘEDMĚT PRACÍ .....	2
2. POUŽITÉ PODKLADY A LITERATURA .....	2
3. POSTUP PRACÍ .....	3
3.1. Geometrický a geotechnický model .....	3
3.2. Parametry zemin .....	3
3.3. Hladina podzemní a povrchové vody .....	4
3.4. Seismické zatížení .....	4
3.5. Použitá výpočetní metoda .....	4
3.6. Výsledky výpočtů .....	5
4. ZÁVĚR .....	6

## PŘÍLOHY

příloha 1: Stabilitní výpočet – FINE GEO5

### 1. ÚVOD, PŘEDMĚT PRACÍ

Podle objednávky OBJ21012 ze 4. února 2021 bylo zpracováno geotechnické stabilitní posouzení násypu v km 0,750 objektu SO 101. Posudek se nezabývá deformacemi podloží. Rozsah a výsledky prací etapy 02 jsou popsány v následujících kapitolách.

### 2. POUŽITÉ PODKLADY A LITERATURA

Šímová L., Kolařík V., "II/318 Častolovice, obchvat", Zpráva o geotechnickém průzkumu, 2G geolog, Ústí nad Orlicí (duben 2020)

Vybrané části z projektové dokumentace DÚR, STAVplan, Plzeň (září 2020)

ČSN 73 6133 Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací (únor 2010)

ČSN EN 1998-1 ed. 2 Změna Z1, Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení. Část 1 (leden 2016)

### 3. POSTUP PRACÍ

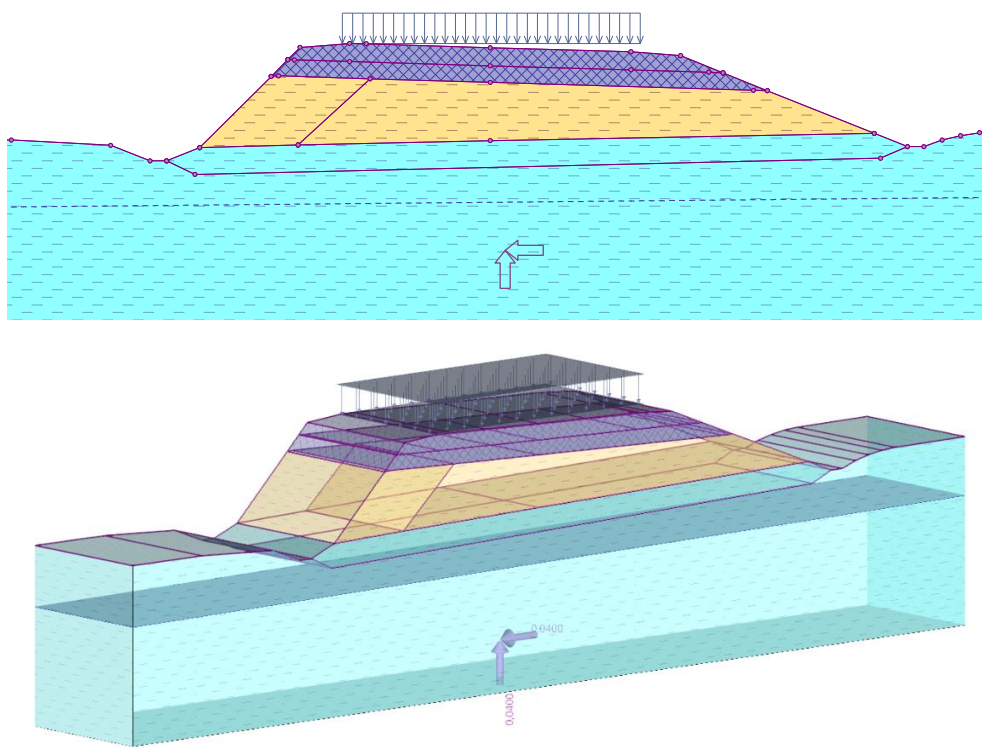
#### 3.1. Geometrický a geotechnický model

Pro výpočet stability násypu byl z projektových podkladů vytvořen řez ve staničení km 0,750. Stabilitní posouzení je zaměřeno na svah hutněného násypu se sklonem 1:1 na neúnosném podloží.

Vrstvy v podloží násypu jsou uvažovány podle archivního průzkumného vrtu GS-1 a výsledků dynamické penetrační sondy DP5 (Šimová, Kolařík, 2020). Ve vrtu se do hloubky 2,90 m nachází jíl měkké konzistence a do hloubky 3,40 m hlinitý štěrk měkké konzistence. V penetrační sondě jsou zjištěné odpory velmi nízké, mezi hloubkami 3 a 5 m docházelo opakovaně k propadu náradí. Odpor začal narůstat až od hloubky 6 m. Ponechání podloží bez úprav nebude možné.

Pro těleso násypu je ve výpočtu uvažováno s parametry zeminy třídy F6 CL-CI (jíl s nízkou či střední plasticitou) pevné konzistence, hutněnou. Podle tabulky A.1 ČSN 73 6133 je tato zemina podmíněčně vhodná do násypu a nevhodná pro aktivní zónu. Parametry byly užity konzervativně pro potřeby výpočtu, pro stavbu je třeba užít vhodnější zeminy (viz zmíněnou tabulku).

Rozhraní vrstev je uvedeno v obrázku 1.



Obrázek 1 – základní geotechnický model

#### 3.2. Parametry zemin


Použité geomechanické parametry zemin pro stabilitní výpočty shrnuje tabulka 1. Soudržnost zeminy v násypu je snížena oproti rostlé zemině téže konzistence z toho důvodu, že před uložením do násypového tělesa musí být zemina rozdružena, čímž podstatnou část své soudržnosti ztrácí.

Pro stabilitní výpočet svahu násypu se sklonem 1:1 je vyztužená část uvažovaná jako tuhé těleso vodorovného rozměru 3 m s tím, že není započítávána kotevní délka 1 m. Výztuhy proto zasahují do násypu délkou 4 m.

Pod tělesem násypu se v konečné verzi výpočtu uvažuje s výměnou vrstvy tloušťky 0,8 m za šterk fr. 32-63 vyztužený ve třetinách výšky dvěma vrstvami geomříže. Výpočtová únosnost geomříže je uvažována 8 kN/m. Je uvažována dvouosá tuhá geomříž z PP nebo HDPE (např. PP BX 30/30, SS30 apod.)

**Tabulka 1 – geomechanické parametry použité ve výpočtech**

Číslo	Název	Vzorek	$\varphi_{ef}$ [°]	$c_{ef}$ [kPa]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Zemní těleso F4Y pevné		26,00	4,00	20,00
2	Třída F6, konzistence pevná, $S_r > 0,8$ , hutněno		18,00	8,00	21,00
3	Třída F6, konzistence tuhá		18,00	12,00	21,00
4	Třída F6, konzistence měkká		18,00	6,00	21,00
5	Třída G4		32,50	4,00	19,00

Číslo	Název	Vzorek	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
1	Tuhé těleso č. 1		19,00

### 3.3. Hladina podzemní a povrchové vody

Vliv vody je do výpočtu zaveden ve formě hladiny podzemní vody podle archivních vrtů a dynamické penetrační sondy DP5.

### 3.4. Seismické zatížení

ČSN EN 1998-1 udává pro okres Rychnov nad Kněžnou hodnotu zrychlení 0,04. Ta byla vložena do alternativních výpočtů.

### 3.5. Použitá výpočetní metoda

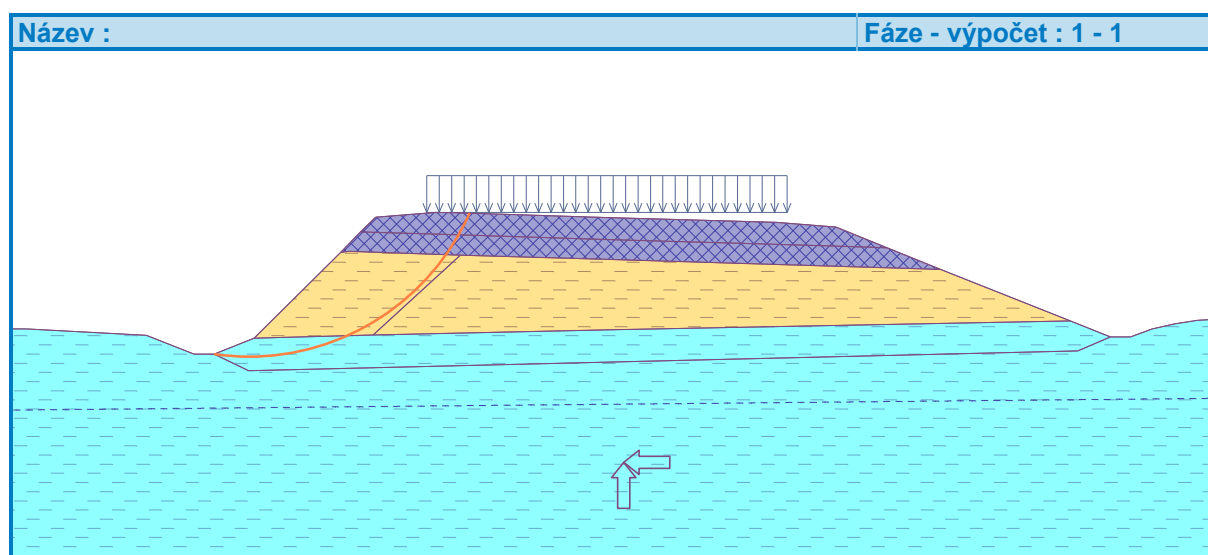
Pro výpočty stability byla použita aktuální verze programu GEO5 od společnosti FINE. Výsledkem výpočtu je stupeň stability  $F_s$  jako poměr součtu všech pasivních sil k součtu všech aktivních sil na smykové ploše. Zdrojem těchto sil je tíha zemin, resp. vody, tření a soudržnost. Výpočet je možné provádět několika metodami na kruhové smykové ploše vhodné pro soudržné

zeminy nebo i na obecné lomené ploše. Pro danou úlohu byla užita metoda dle Bishopa. Program umožňuje pro danou geometrii a parametry materiálů v modelu vyhledání smykové plochy s nejnižším stupněm stability metodou postupné optimalizace výpočtu.

### 3.6. Výsledky výpočtů

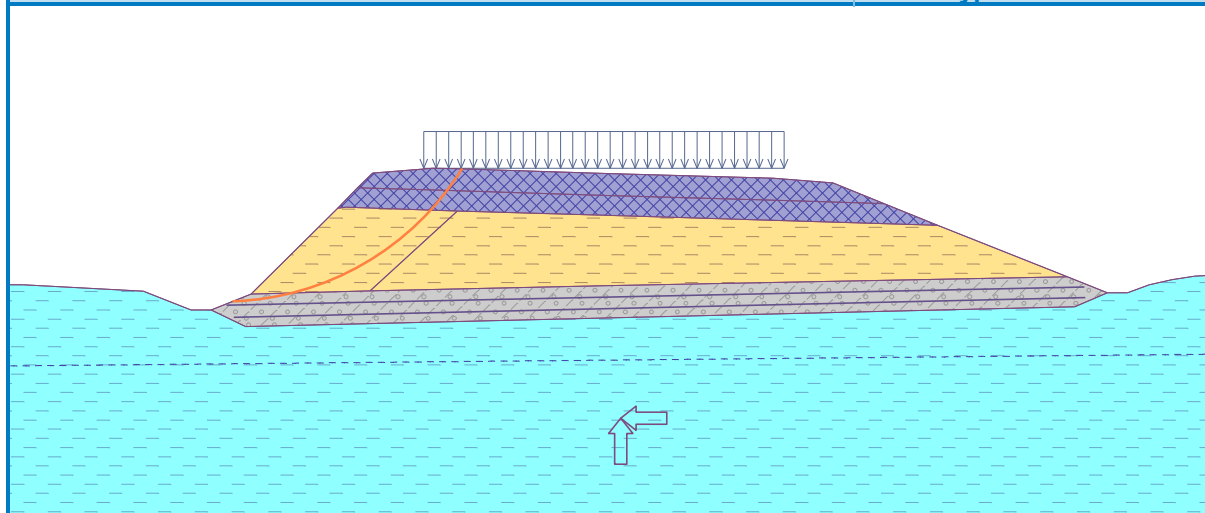
Výpočty stability byly provedeny v jednom vybraném řezu bez úprav a s různým stupněm úprav (podloží, svah). Všechny popsané varianty byly vypočteny se zatížením dopravou a vlivem seismicity v souladu s ČSN 736133. Výsledky jsou uvedeny v podobě následujících obrázků. Úplná dokumentace k výpočtům je k dispozici v archivu zhotovitele, zkrácený výstup výpočtu je přílohou zprávy (příloha 1).

Na obrázku 2 je výsledek posouzení svahu bez úprav, dle původního návrhu. Optimalizací průběhu smykové plochy byl stanoven stupeň bezpečnosti  $F_s = 1,13$ . Limitní hodnota požadovaná ČSN 736133 je pro násyp z jemnozrnných zemin 1,3. Daná konstrukce nesplňuje požadavek stupně bezpečnosti a je tedy nestabilní.



**Obrázek 2 - metoda Bishop, optimalizace, bez úprav, zatížení dopravou, se seismicitou,  $F_s = 1,13$  - nevyhovuje**

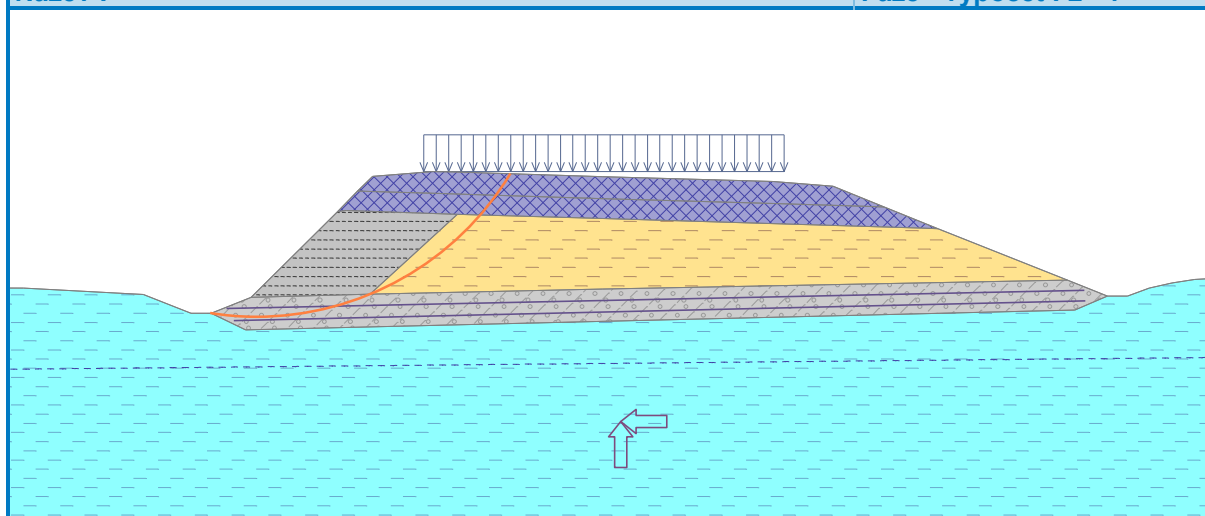
Příčinou nedostatečné stability je jednak málo únosné podloží (měkké až tuhé jíly) a pak vlastní strmý sklon tělesa násypu. V první fázi byl posouzen stav po zlepšení podloží. Pod tělesem násypu byla provedena výměna vrstvy tloušťky 0,8 m za štěrk třídy G4 vytužený ve třetinách výšky dvěma vrstvami tuhé dvouosé geomříže (PP). Výpočtová únosnost geomříže je uvažována 8 kN/m. Aplikací vytužené vrstvy štěrku došlo k vytěsnění potenciálních smykových ploch nad bází násypu a zvýšení stability. Stupeň bezpečnosti je však i nadále nevyhovující  $F_s = 1,18 < 1,3$ , viz obrázek 3.



Obrázek 3 - metoda Bishop, optimalizace, vyztužené podloží, zatížení dopravou, se seismicitou,  $F_s = 1,18$  - **nevyhovuje**

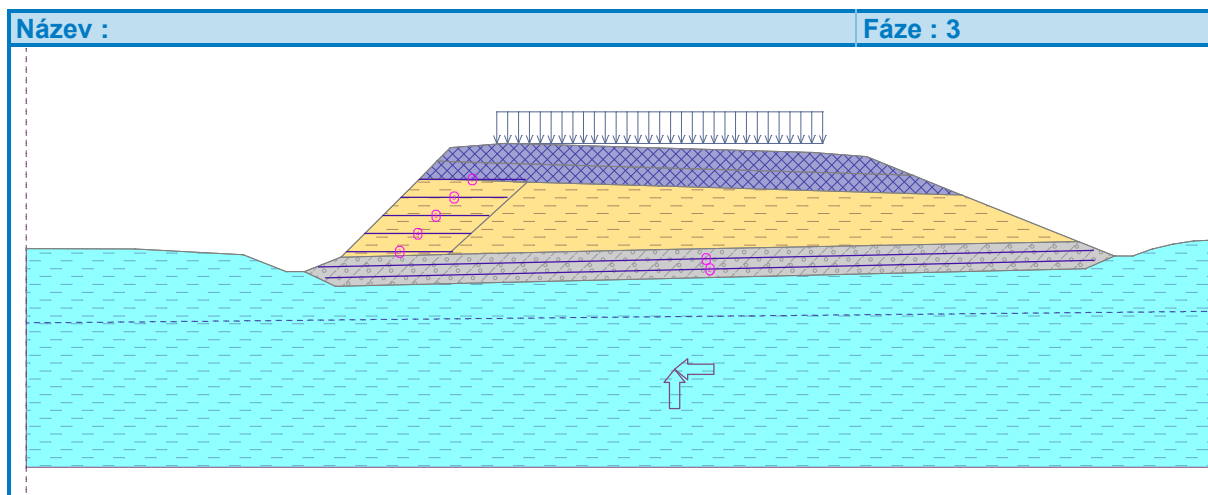
Je tedy nutné přikročit k úpravě svahu a to změnou sklonu v kombinaci s opěrnou zdí v patě násypu nebo vyztužením svahu násypu geosyntetiky. S ohledem na málo únosné podloží nedoporučujeme variantu opěrné zdi, jejíž založení by bylo velmi nákladné, ale doporučujeme a dále rozpracováváme variantu vyztuženého svahu násypu.

Svah se sklonem 1:1 je vyztužen ve vodorovném rozměru 4 m, ve výpočtu je vyztužená oblast uvažována jako tuhé těleso s rozměrem o 1 m menším kvůli odečtení kotevní délky výztuh.



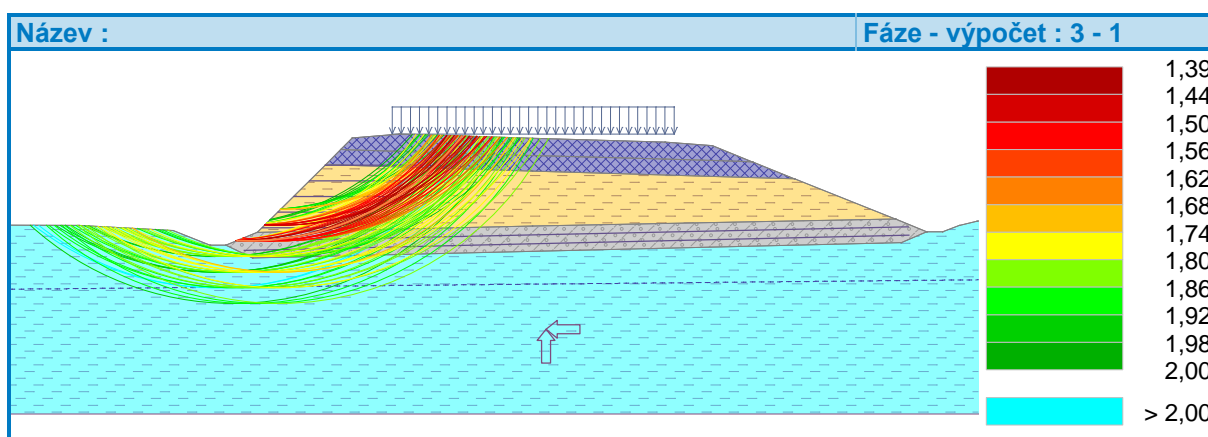
Obrázek 4 - metoda Bishop, optimalizace, vyztužené podloží a svah (tuhý prvek), zatížení dopravou, se seismicitou,  $F_s = 1,47$  - **vyhovuje**

Výsledný stupeň  $F_s = 1,47 > 1,3$  a tedy vyhovuje rozsah vyztuženého svahu na hl. 4,0 m. V dalším kroku bylo přistoupeno k vlastnímu návrhu výztuh. Po optimalizaci pozice a pevnosti výztuh byly navrženy jednoosé tuhé **výztuhy dl. 4,0m a po 0,5 m** s výpočtovou pevností  $R_t = 10 \text{ kN/m}$ , tomu odpovídá např. Tensar 540RE - HDPE (pevnost při protažení 2% = 16 kN/m,  $R_t = 16/1,5 = 10,7 \text{ kN/m}$ ) viz obrázek 5.



**Obrázek 5 – schéma rozmístění výztuh svahu dl. 4 m á 0,5 m**

Po optimalizaci průběhu smykových ploch byl stanoven stupeň stability  $1,39 > 1,3$  a vykreslena síť smykových ploch viz obrázek 6.



**Obrázek 6 - metoda Bishop, optimalizace, vyztužené podloží a svah, zatížení dopravou, se seismicitou,  $F_s = 1,39$  – **vyhovuje****

Výsledný návrh je z hlediska stability svahu vyhovující za podmínky aplikace vyztuženého štěrkového polštáře v podloží násypu a vyztužení svahu geosyntetiky. Specifikace výztužných geosyntetik je uvedena výše v textu. V případě násypu musí být výztužná geomříž pro lepší interakci s tělesem násypu vždy přesypána vrstvou min. 0,2 m ze štěrkodrti (ŠD 0-32).

Svah ve sklonu 1:1 je nutné opatřit protierozní 3D geotextilií (např. Trinter).

Štěrkový sanační polštář je nutné od jílového podloží oddělit netkanou filtrační a separační geotextilií (min. 300g/m<sup>2</sup>).

V rámci instalace geosyntetik je nutné respektovat instalační postupy dané dle zvoleného typu a výrobce geosyntetik.

## 4. ZÁVĚR

Požadovaný nejnižší stupeň stability pro násyp z jemnozrnné zeminy na únosném podloží (po úpravě) podle tabulky B.1 v příloze B ČSN 73 6133 je 1,30. Podle provedených výpočtů posuzovaný řez násypem na straně strmějšího sklonu nevyhovuje bez úpravy podloží a vyztužení svahu, resp. vyhovuje po popsanych úpravách i při započtení vlivu seismicity.

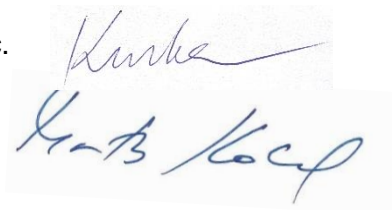
Výpočet, kromě vstupních dat popsanych ve zprávě výše (výměna svrchní vrstvy podloží tloušťky 0,80 m za vyztuženou štěrkovou vrstvu a vyztužený svah 1:1) je proveden za předpokladu, že v podloží násypu budou provedené úpravy. Před instalací vyztuženého štěrkového polštáře doporučujeme na jeho bázi zřídit systém štěrkových vibrovaných pilířů (ŠP). Ty doporučujeme instalovat do hloubky cca 4-6 m, tj. na rozhraní měkkých/tuhých jílových sedimentů a horninového podloží (zvětralé slínovce R5-R6). Systém ŠP bude sloužit pro urychlení konsolidace a eliminaci nerovnoměrného sedání pod násypem, především ve vztahu k navazující přechodové oblasti mostu, který bude pravděpodobně založen na pilotách. Návrh štěrkových pilířů není součástí posudku stability násypu.

V Ústí nad Labem, březen 2021

Zpracovali:

Ing. Jan Kurka, CSc.

Ing. Martin Komín



Schválila:

Ing. Martina Štrosová

*jednatelka společnosti AZ Consult, spol. s r.o.*

AZ Consult, spol. s r.o.  
Klíšská 1334/12  
400 01 Ústí nad Labem - centrum  
IČO 445 67 430  
-11-



## **PŘÍLOHY**

**příloha 1:**     Stabilitní výpočet – FINE GEO5