

**„Příprava opatření na DI pro přepravu
NTK pro NJZ ETE
– Povodí Vltavy – Orlík, horní voda“**

Dokumentace pro stavební povolení (DSP)

D.9. STATICKÝ POSUDEK

Objednatel: Povodí Vltavy, státní podnik



Vypracoval: AQUATIS, a.s.

VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

GTlc Antropogén-stavební sutě

Stavební sutě se v lokalitě dolní voda vyskytují zejména ve vrtech J-18 a J-18a. Vrtly byly projektovány v blízkosti hrázových bloků, kde byly navážky stavebního charakteru očekávány. Zastiženy byly cihly a kovové špony.

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Zajištění stěny výkopu je navrženo provést pomocí záporové stěny. Stěna bude instalována z větší části v oblasti velmi různorodých navážek obsahujících i značně objemné betonové bloky a částečně ve skalním podloží tvořeném amfibolity a rulami pevnosti R4 až R2. Pažená hloubka dosahuje až 5 m. Podzemní voda se v úrovni výkopů nevyskytuje.

Zápory tvoří ocelové válcované nosníky HEB140 dl. 7.0 m osazované v rozteči 1.25 m do vrtů Ø cca 250 mm do cementové zálivky. Záporová stěna je přisazena k rubu budoucí opěrné zdi a tvoří ztracené bednění.

Stabilita stěny je zajištěna přikotvením zápor v hloubce 1.0 a 3.50 m pod korunou pomocí zemních předpínaných kotev nosnosti min 250 kN. Délka kotev je 9.0 v horní a 8.0 m v dolní úrovni, z toho délka injektovaného kořene je 4 m. Zápory jsou kotveny v rozteči 2.5 m přes převázky z úpalků štetovnice VL 604.

Prostor mezi záporami je zajištěn stříkaným betonem tl. 10 až 15 cm vyztuženým sítí z betonářské oceli Ø 6 mm s oky 100x100 mm

Konstrukce pažení jsou konstrukce dočasné. Po dokončení stavby zůstávají v zemině. V případě zápor se odstraní pouze jejich části, které by kolidovaly s konstrukcemi definitivních úprav. Kotvy a převázky se zabetonují do opěrné zdi. Kotvy se nedeaktivují.

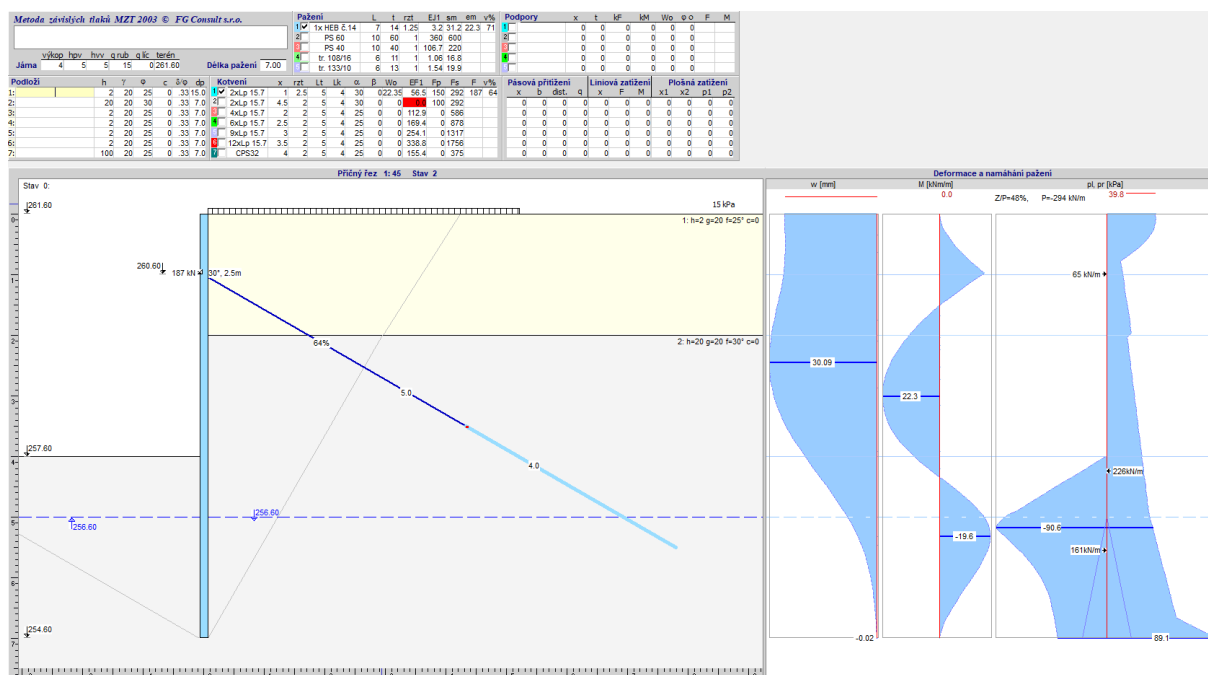
STATICKÉ POSOUZENÍ

- Konstrukce zajištění stavební jámy je analyzována v charakteristickém příčném řezu pro všechna stavební stadia "metodou závislých zemních tlaků"
Přiloženy jsou vždy pouze grafické výstupy rozhodujících fází výstavby.
- Ve výpočtu jsou užity parametry zemin presentované v IGP v normových hodnotách.
- Pro dimenzování a posouzení průřezů konstrukcí podle ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí a ČSN EN 1993 Navrhování ocelových konstrukcí jsou vypočtené síly vynásobeny komplexním koeficientem 1.35.
- Materiálové charakteristiky navržených konstrukcí
Kotvy pramencové Lp 15.7 St 1570/1770 A = 1.5 cm²
Ocelové konstrukce a profily St 235
- Zatížení zeminou nad korunou pažení (předvýkopy) je zavedeno do výpočtu jako plošné přetížení povrchu.
- Užité zatížení za rubem pažení podél nezastavěných hranic je uvažováno jako celoplošné velikosti 15 kN/m²
- Ve výpočtu je uvažováno, že pažení je situováno po celé výšce ve vrstvě navážek.

Vrstva	mocnost	gamma	Ø	C
	M	kN/m ³	°	kPa
Navážka-I	2.0	20.0	25	0
Navážka-II	2.0	20.0	30	0
- Hladina podzemní vody je uvažována v nejnepríznivější poloze – v úrovni dna výkopu.

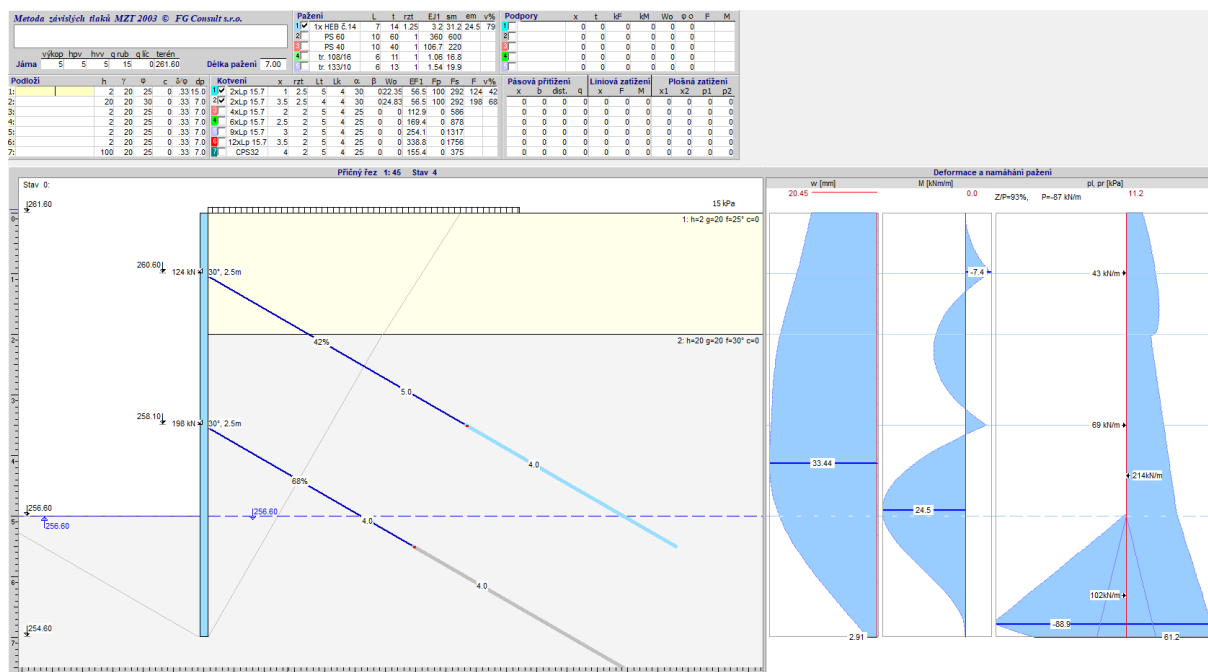
VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

Výkop pro provedení kotev dolní kotevní úrovně.



Maximální ohybový moment na záporu: $22.3 \times 1.25 = 27.9 \text{ kNm}$
 Maximální osová síla v kotvě: $= 187.0 \text{ kN}$
 Svislá síla v zápoře do kombinace s momentem: $\sin 30^\circ \times 187/2 = 46.8 \text{ kN}$
 Vzpěrná délka $3+1 = 4 \text{ m}$

Výkop pro provedení kotev dolní kotevní úrovně.



Maximální ohybový moment na záporu: $24.5 \times 1.25 = 30.6 \text{ kNm}$
 Maximální osová síla v kotvě: $= 198.0 \text{ kN}$
 Svislá síla v zápoře do kombinace s momentem: $\sin 30^\circ \times 198/2 = 49.5 \text{ kN}$
 Vzpěrná délka $1.5+1 = 2.5 \text{ m}$

VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

REKAPITULACE VÝSLEDKŮ A POSOUZENÍ PRŮŘEZŮ

a)	Zápory	Charakter zat.	Návrhové zat.
	Ohybový moment:	30.6 kNm	41.3 kNm
	Tlaková síla:	49.5 kN	66.8 kN

Rozhodující zatěžovací případ: Zat. případ 1; **Třída průřezu:** 1 podle zadání počítáno jako třída 3
Vnitřní síly: $N = -66.800$ kN; $M_y = 41.300$ kNm; $M_z = 0.000$ kNm

Posudek nejnepríznivější kombinace vzpěrného tlaku a ohybu:

Únosnosti: $N_R = 1009.560$ kN; $M_{y,R} = -50.659$ kNm

$|-0.066 + -0.815 + 0.000| = |-0.881| < 1$ **Vyhovuje**

Vzpěr Z: Únosnosti: $N_R = 703.838$ kN; $M_{y,R} = -50.659$ kNm

$|-0.095 + -0.815 + 0.000| = |-0.910| < 1$ **Vyhovuje**

Štíhlost dílce: 69.9

Průřez vyhovuje. Využití 91.0 %

b)	Kotvení	Max.síla v kotvě:	charakteristická: 198.0 kN	návrhová: 267.3 kN
	Návrhová hodnota konstrukční únosnosti kotvy 2xLp15.7 St 1570/1770			
	$2 \times 1.5e-4 \times 1770 \times 3 / 1.25 \times 0.9 = 382.3$ kN			
				267.3 kN < 382.3 kN

Návrhová hodnota únosnosti proti vytažení:

Charakteristická únosnost 1 bm kořene pro injekční tlak 2.0 MPa = 80.0 kN

Návrhová únosnost kořene délky 4.0 m $4.0 \times 80 / 1.1 = 291.0$ kN

267.3 kN < 291.0 kN

Navržené kotvy vyhovují

B) Zajištění výkopů pro výstavbu opěrné zdi SO 208

Předmětem návrhu je zajištění stability odřezu paty svahu pro realizaci opěrné zdi SO 208. Výška svahu dosahuje až 19 m, z toho výška odřezu je až 12,2 m. V úrovni paty svahu zasahuje odřez do hory až 11 m.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Návrh vychází ze geologického průzkumu provedeného v září 2020 společností GEOTest. Předpokládaný geologický profil v inkriminovaná oblast je specifikován ve třech příčných řezech. 1-1, 4-4 a 3-3. (viz dále). Bylo vyčleněno několik geotechnických typů (GT), které lze považovat za ekvivalent kvazihomogenních celků.

GT1b Antropogén-šterky a hlíny

V lokalitě byly zastiženy navážky pod živící účelových komunikací a na svazích nad manipulační plochou. Mocnost hlín byla zastižena v rozmezí od 0,1 m do 1 m. Mocnost šterků byla zastižena v rozmezí od 0,2 m do 4,6 m. Ve vrtech J-12 a J-21 byly odebrány vzorky navážky a klasifikovány jako G4 G-M. Ve vrtu J-17 byla šterková poloha klasifikována jako G3 G-F.

GT1c Antropogén-stavební sutě

Stavební sutě se v lokalitě dolní voda vyskytují zejména ve vrtech J-18 a J-18a. Vrty byly projektovány v blízkosti hrázových bloků, kde byly navážky stavebního charakteru očekávány. Zastiženy byly cihly a kovové špony.

GT4a -Proterozoikum- eluvium amfibolitu a ruly

Eluvium amfibolitu bylo zastiženo ve vrtech J-11 a J-20. Ve vrtu J-11 je eluvium rozvrtáno vrtnou soupravou na písek. Ve vrtu J-20 je eluvium charakteru hlíny jílovité zastiženo o mocnosti 1 m.

GT4b -Proterozoikum- amfibolit a rula- mírně až slabě zvětralý

Slabě zvětralá rula o mocnostech 0,2 až 1,6 m byla vrtnými pracemi zastižena ve vrtu J-21. Zastižená rula byla rozpukaná, růžová s patrnou foliací. Podle klasifikace ČSN 736133 byla zaříděna jako R2-R3. Slabě až mírně zvětralý amfibolit byl zastižen ve vrtech J-20 a J-21.

Mocnost slabě zvětralých amfibolitů se pohybuje od 0,2m do 0,7 m. Pevnostní třída dle ČSN 736133 R3-R2.

GT4c-Proterozoikum-amfibolit a rula-zdravý až slabě zvětralá

Zdravý až slabě navětralý amfibolit byl zastižen ve vrtech J-12, J-15, J-15a, J-16, J-19, J-18. Hloubka pevného skalního podloží byla proměnlivá. Ve vrtech J-12, J-15 a J-15 a J-16 se hloubka zdravého až slabě zvětralého amfibolitu pohybovala v hloubce od 1,4 do 2,8 m. Pevnostní třída dle ČSN 736133 R1-R2.

Amfibolity a ruly zastižené na skalních výchozech byly relativně zdravé, ale porušené četnými diskontinuitami. V rámci geologického měření bylo zjištěno, že plochy foliace hornin jsou orientovány ve směru ve směru SZ – JV s rozsahem hodnot azimutu 310-330° s častým překlopením přes vertikálu do opačného směru 135 – 155°. Foliační plochy jsou ukloněny strmě v rozsahu 70 – 90°. Masiv je silně porušen několika systémy puklin. Rozteč mezi jednotlivými diskontinuitami je nejčastěji od cca 20 cm do 1 m, rozevřenost diskontinuit je od 1 mm až po 20 cm. Charakter ploch diskontinuit je rovinný hladký i rovinný drsný. Rozpad horninového masívu podél ploch diskontinuit bude ve velikosti bloků od 20 cm až do 130 cm.

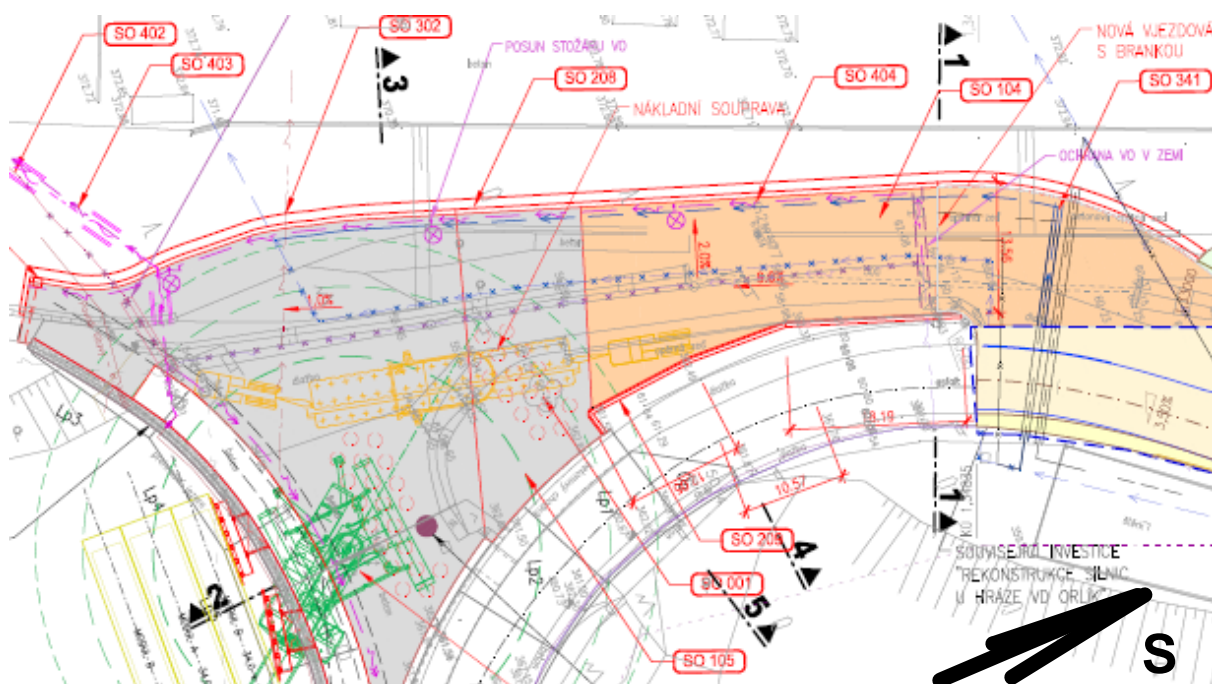
VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ



Skalní výchoz podél silnice vedoucí do elektrárny v lokalitě horní voda

Součástí geologického průzkumu bylo i posouzení stability upravených svahů proti sesuvu. Definitivní sklon nezajištěných zářezových svahů zpracovatel doporučuje realizovat max. v hodnotě $56,5^\circ$ neboli ve sklonu 1,5:1. Svah je doporučeno po výšce 3-5 m členit etážemi s lavičkami šířky min. 1,5 - 2,0 m.

V případě realizace svahů s větším než doporučeným sklonem 1,5:1, je doporučeno svahy doplnit o další mechanická stabilizační opatření.



Situace staveniště se zakreslením řezů

VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

Převážná část odřezu je situována v masivu slabě zvětřalého až zdravého amfibolitu a rul GT4c. Pouze v severní části staveniště, charakterizované řezy 1-1 až 4-4 se v horních partiích odřezu vyskytuje vrstva navážek GT1bc a skalní podloží je zde na povrchu zvětřalé GT4a až mírně zvětřalé GT4b.

Stabilitu odtěžené části paty svahu je navrženo zajistit pomocí kotvené železobetonové monolitické obkladní zdi. Její výška dosahuje až 12.5 m. Tloušťka zdi je 65 cm.

Přikotvení zdi je navrženo provést pomocí tyčových trvalých předpínaných kotev s protikorozní úpravou. Výztuž kotev tvoří závitová předpínací tyč WR \varnothing 40 mm 950/1050. Délka kotev je 14 m včetně 6 m injektovaného kořene. Sklon kotev 11 °. Kotvy jsou situovány v řadách v rozteči 2.5 m. Nejvyšší řada je situována 0.5 m pod horní hranou zdi. Další jsou pak vždy o 2.5 m níže od předešlé.

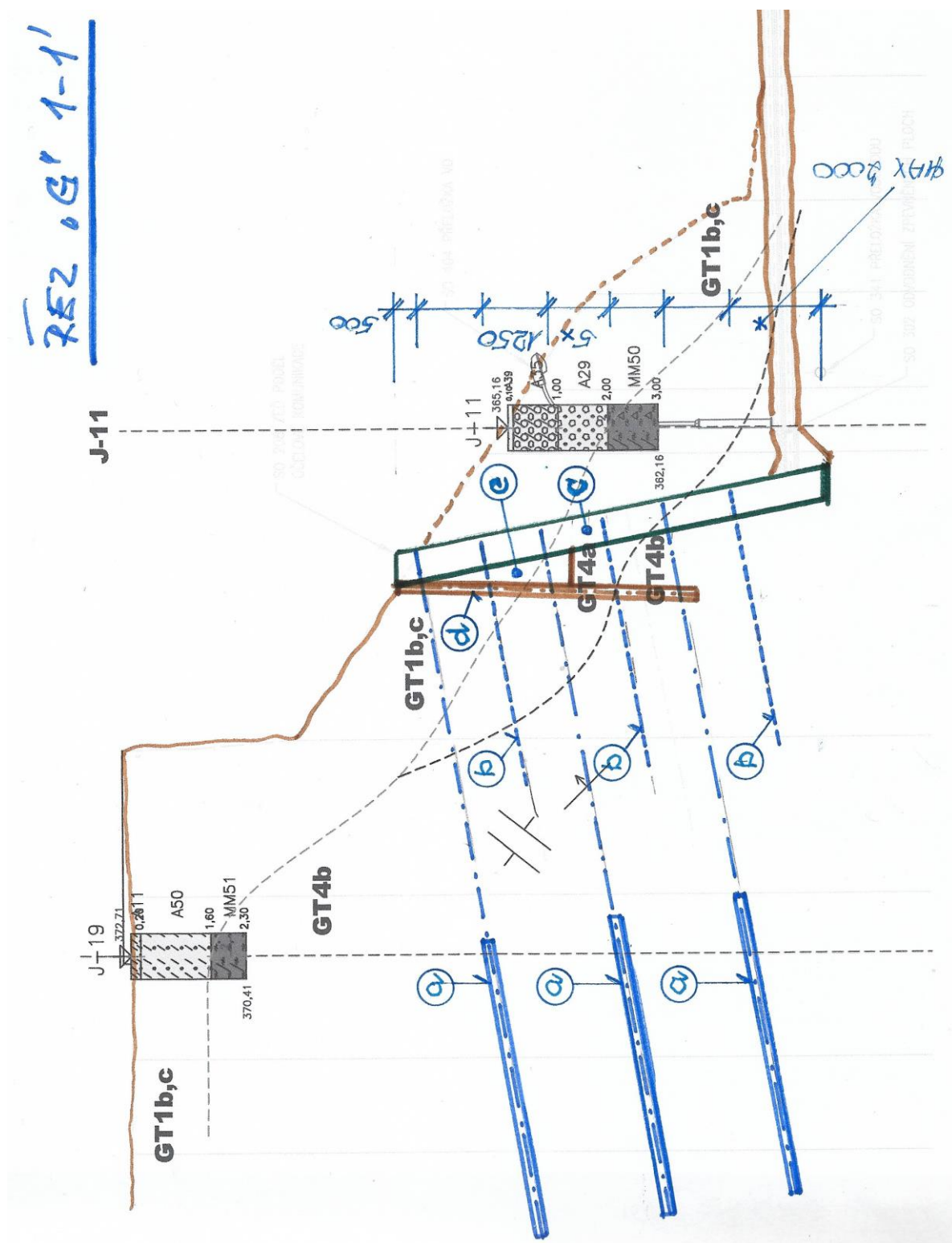
Lokální stabilita stěny mezi kotvami je zajištěna pomocí trvalých zemních hřebíků s dvojitou protikorozní ochranou, které tvoří závitová tyč GEWI \varnothing 28 mm BSt 500 S osazená do vrtu do cementové zálivky. Délka hřebíků je 5.0 m a sklon 11 °. Hřebíky jsou situovány v řadách vložených mezi řady kotev. Rozteč hřebíků v řadě je 1.25 m. Dále jsou hřebíky vloženy do řad kotev, a to vždy do každé mezery mezi kotvami. Společně s kotvami tvoří rastr 1.25 x 1.25 m.

Povrch odřezu je opatřen vrstvou vyztuženého stříkaného betonu, který slouží jednak ke zpevnění povrchu odřezu a dále jako podkladní beton pro monolitickou obkladní zeď.

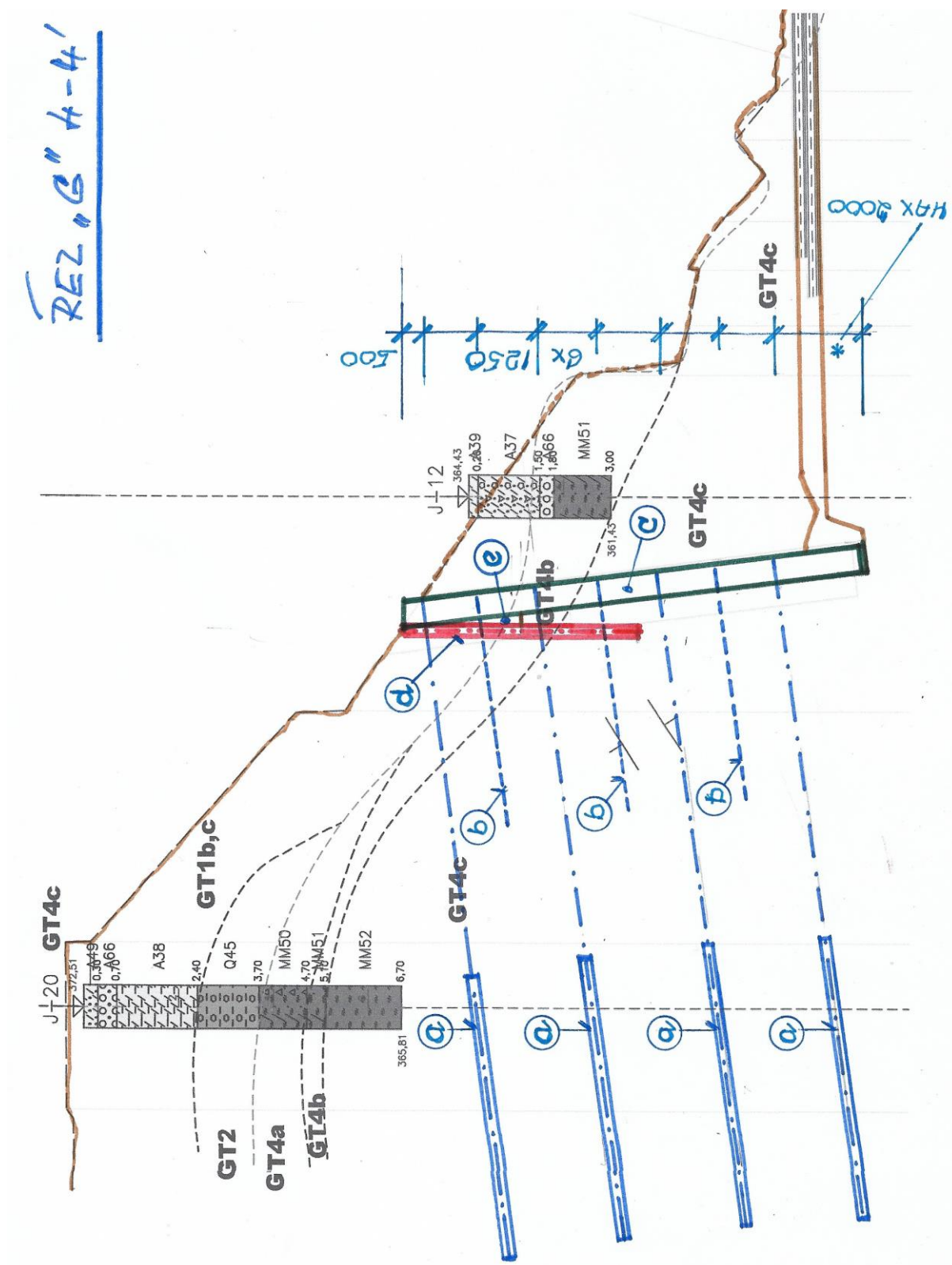
V místech, kde se ve vrchních partiích odřezu vyskytují nestabilní vrstvy hlinito štěrkových navážek a stavebního rumu a eluvia amfibolitu a ruly, je navrženo stěny odřezu zajistit pomocí dočasné mikrozáporové stěny. Mikrozápory tvoří ocelové trubky \varnothing 108/16 mm St 235 osazené do vrtů do cementové zálivky. Rozteč mikrozápor je 625 mm. Mocnost nestabilního pokryvu je v místě stěny se předpokládá 2 až 4 m. Předpokládaná délka mikrozápor je 5 až 6 m.

Přikotvení obnaženého skalního svahu se provede bezprostředně po odkopání. V 1.fázi bude odřez přikotven přes ocelový rošt, který se v definitivním stavu zabuduje do obkladní stěny.

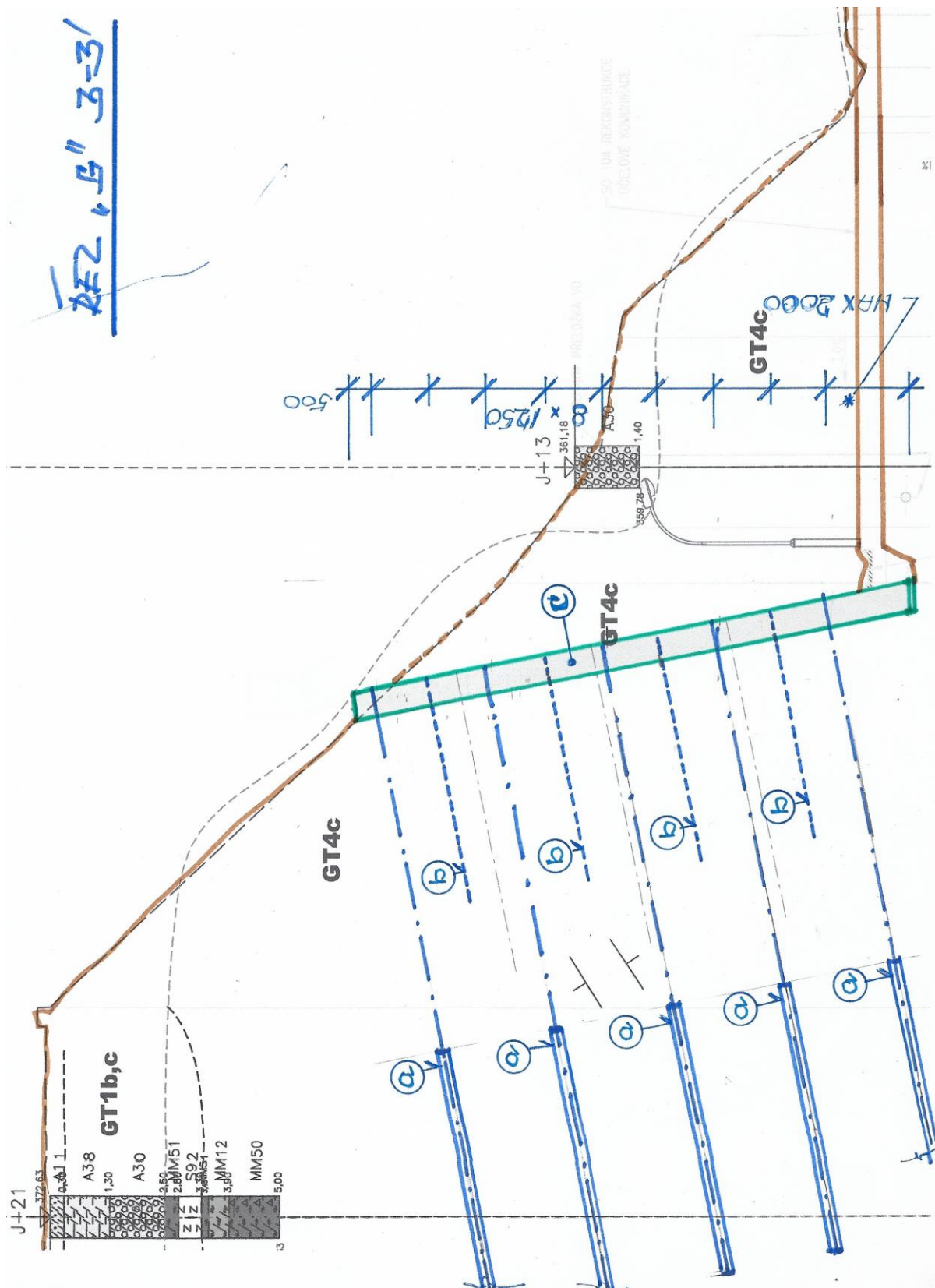
VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ



- a) Tyčová kotva trvalá s protikoroziční úpravou předpínaná.
- b) Zemní hřebík s dvojitou protikoroziční ochranou.
- c) Monolitická železobetonová obkladní zeď
- d) Mikrozápory
- e) Výplňový podkladní beton.



- a) Tyčová kotva trvalá s protikorozní úpravou předpínaná.
- b) Zemní hřebík s dvojitou protikorozní ochranou.
- c) Monolitická železobetonová obkladní zeď
- d) Mikrozápory
- e) Výplňový podkladní beton.



- a) Tyčová kotva trvalá s protikorozní úpravou předpínaná.
- b) Zemní hřebík s dvojitou protikorozní ochranou.
- c) Monolitická železobetonová obkladní zeď

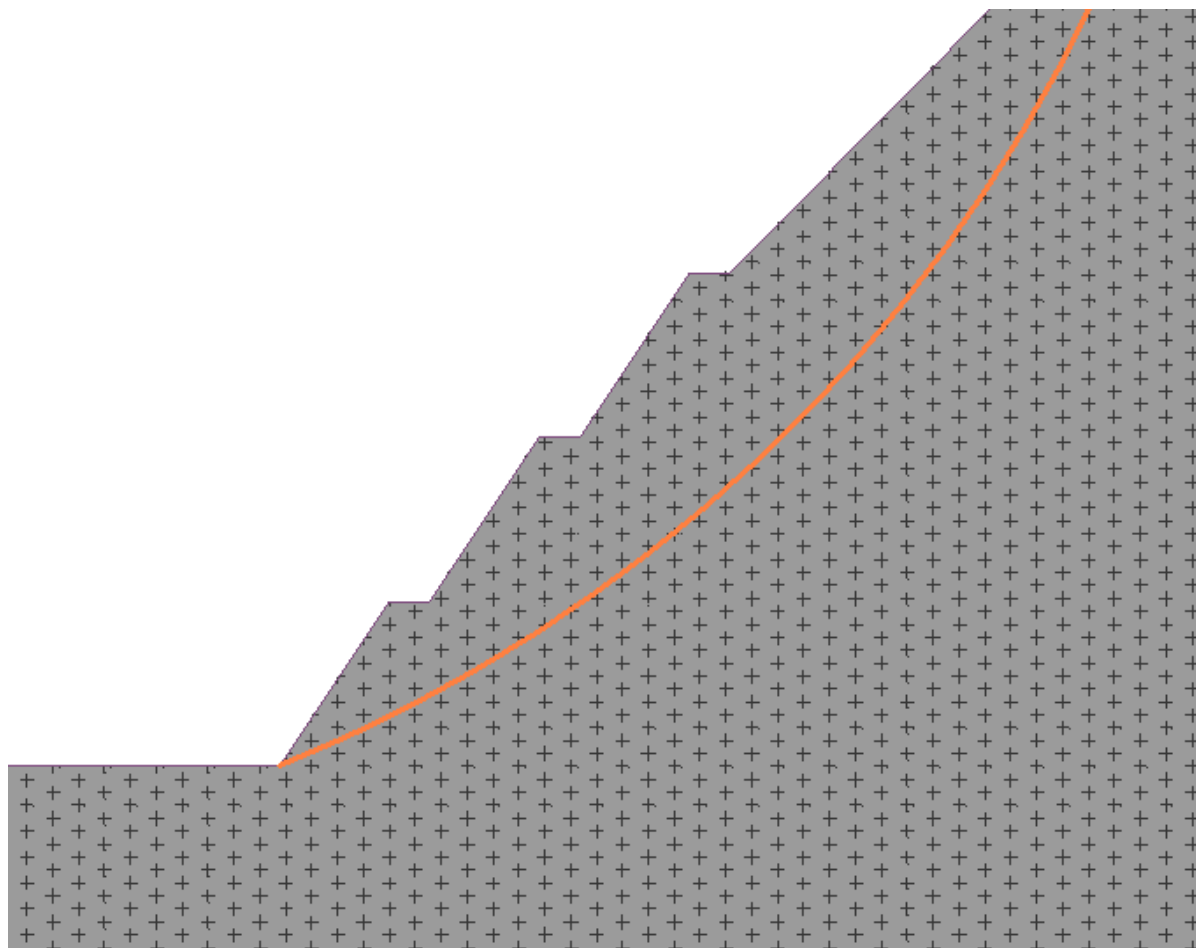
VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

STATICKÉ POSOUZENÍ

A) Odvození náhradních pevnostních parametrů skalního masivu.

Výpočet vychází ze závěrů geologického průzkumu, že definitivní sklon nezajištěných zářezových svahů by měl být max. $56,5^\circ$, to je ve sklonu 1,5:1.

Cílem je najít takové smykové parametry masivu, při kterých stupeň bezpečnosti stability svahu dosáhne hodnoty 1.5.



Parametry výpočtu		Kruhová smyková plocha		Posouzení stability svahu (Bishop)		
Metoda :	<input type="text" value="Bishop"/>	Střed : x =	<input type="text" value="-7.21 [m]"/>	z =	<input type="text" value="35.19 [m]"/>	
Typ výpočtu :	<input type="text" value="Optimalizace"/>	Poloměr : R =	<input type="text" value="37.94 [m]"/>	Sumace aktivních sil :	$F_a = 1389.29 \text{ kN/m}$	
Omezení	<input type="text" value="není zadáno"/>	Úhly :	$\alpha_1 =$ <input type="text" value="22.01 [°]"/>	$\alpha_2 =$ <input type="text" value="64.32 [°]"/>	Sumace pasivních sil :	$F_p = 2097.71 \text{ kN/m}$
				Moment sesouvající :	$M_s = 52709.53 \text{ kNm/m}$	
				Moment vzdorující :	$M_p = 79587.14 \text{ kNm/m}$	
				Stupeň bezpečnosti :	$1.51 > 1.50$	
				Stabilita svahu VYHOVUJE		

Nutné smykové parametry pro dosažení předepsané bezpečnosti jsou: $\phi = 42^\circ$ $c = 22 \text{ kPa}$

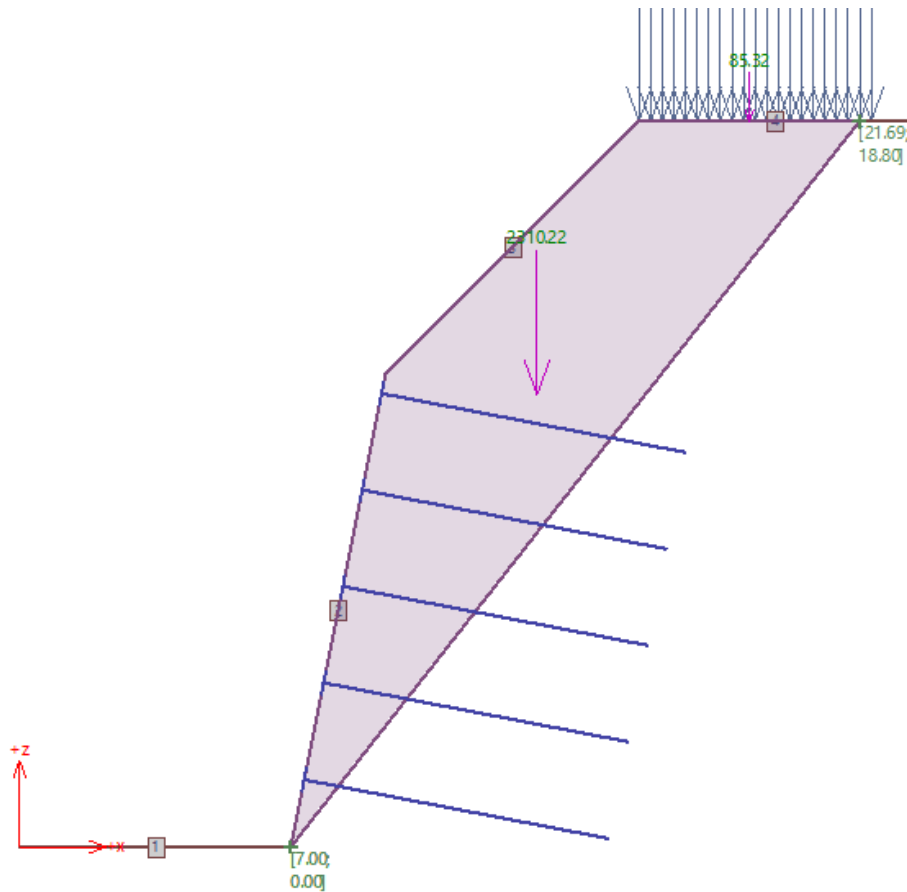
VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

B) Stabilita kotveného svahu.

Výpočet je proveden pro řez v oblasti s nejvyšším odřezem.

- a) Se zavedením náhradných smykových parametrů skalního masivu.
- b) Se zavedením smykových parametrů odpovídajících min. dim. tlaku.

a) Se zavedením náhradných parametrů z předchozího výpočtu $\phi = 42^\circ$ $c = 22$ kPa



☒ Dopočítat nutnou kotevní sílu

Sklon kotevní síly : $\alpha =$ [°]

Typ kotvy :

— Legenda —

Výpočet rovinné smykové plochy

Výpočet nutné kotevní síly:

Nutná kotevní síla = 659.87 kN/m

Sklon kotevní síly = 11.00 °

Síla vzdorující $T_{res} = 2382.21$ kN/m

Síla posouvající $T_{act} = 1588.14$ kN/m

Stupeň bezpečnosti = 1.50 > 1.50

Stabilita skalního svahu VYHOVUJE

Nejnepříznivější smykový plocha má sklon 52° .

Pro zajištění stability se stupněm bezpečnosti 1.5 je nutné svah přikotvit.

Celková nutná kotevní síla je 659.9 kN/bm.

Při rozteči kotev 2.5 m a kotvení svahu v 5 úrovních to znamená, že síla připadající na 1 kotvu je $660 \cdot 2.5/5 = 330$ kN

VD ORLÍK – STÁNÍ V HORNÍ A DOLNÍ VODĚ

b) Se zavedením smykových parametrů odpovídajících min. dim. tlaku


Minimální koeficient aktivního zemního tlaku je 0.2.

Tomu odpovídají následující smykové parametry:

$$\operatorname{tg}^2 (45-\phi/2) = 0.2$$

$$\phi = 42^\circ \quad c = 0.0$$

☒ Dopočítat nutnou kotevní sílu
Sklon kotevní síly: $\alpha =$ [°]
Typ kotvy:
— Legenda



Výpočet rovinné smykové plochy
Výpočet nutné kotevní síly:
Nutná kotevní síla = 1013.73 kN/m
Sklon kotevní síly = 11.00 °
Síla vzdorující $T_{\text{res}} = 2141.24$ kN/m
Síla posouvající $T_{\text{act}} = 1427.49$ kN/m
Stupeň bezpečnosti = 1.50 > 1.50
Stabilita skalního svahu VYHOVUJE

V tomto případě je nutná celková kotevní síla 1013.73 kN.

Na jednu kotvu připadá: $1014 \times 2.5/5 = 507.0$ kN

POSOUZENÍ KOTVENÍ

Kotva tyčová: Výztuž: tyč WR ϕ 40 mm 950/1050.
Délka: 14 m včetně 6 m injektovaného kořene
situovaného v navětralých amfibolitech nebo rulách.

Návrhová hodnota konstrukční únosnosti kotvy: $2^2 \times 3.14 \times e - 4 \times 1050 \times e^3 / 1.25 \times 0.9 = 950.0$ kN
 507.0 kN < 950.0 kN

Návrhová hodnota únosnosti proti vytažení:

Charakteristická únosnost 1 bm kořene pro injekční tlak 2.0 MPa = 350.0 kN

Návrhová únosnost kořene délky 6.0 m $6.0 \times 350 / 1.6 = 1312.5$ kN

507.0 kN < 1312.5 kN

Navržené kotvy vyhovují

Listopad 2023

Vypracoval: Ing. Karel Staněk

