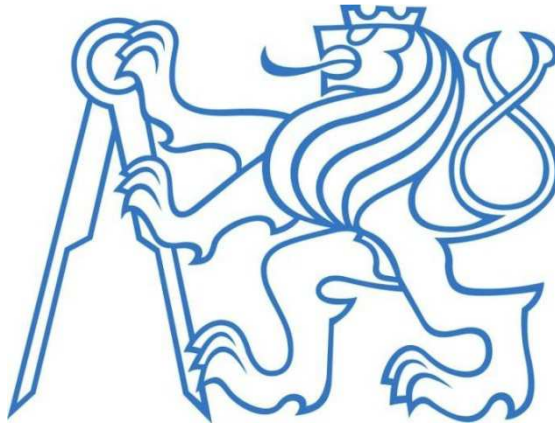


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra geotechniky



DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Jan Vrbata

ANALÝZA RAŽBY METODOU DRILL AND BLAST

Doktorský studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Školitel: doc. Dr. Ing. Jan Pruška

Praha, duben 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci *Analýza ražby metodou drill and blast* vypracoval zcela samostatně, bez cizí pomoci, pouze s použitím uvedené literatury a dalších zdrojů.

V Praze dne 27. 4. 2018

.....

Ing. Jan Vrbata

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Dr. Ing. Janu Pruškovi za jeho odborné vedení, užitečné rady, cenné připomínky a ochotný přístup po celou dobu mého doktorského studia. Děkuji mu také za zapůjčení mnoha odborných textů, časopisů, skript či knih a v neposlední řadě za spoluautorství dvou článků publikovaných ve sbornících ze zahraničních konferencí.

Mé poděkování patří také všem spolupracovníkům z divize 5 společnosti Metrostav a.s., díky nimž jsem měl možnost získat řadu praktických zkušeností při realizaci podzemních staveb metodou drill and blast. Zvláště děkuji Ing. Pavlu Bürgelovi, Ing. Lukáši Křístkovi, Ing. Ivanu Pirščovi a Ing. Jiřímu Šachovi.

Dále děkuji kontrolním inženýrům Larsi Jørgenu Holeovi a Tomu Rotegårdovi z organizace Statens vegvesen za poskytnutí podkladů o geologických poměrech v trase tunelu Moane.

Speciální poděkování patří prof. Ing. Jiřímu Bartákovi, DrSc. za jeho nadšení pro obor, které na mě během svých výborných přednášek dokázal přenést a velmi tím ovlivnil můj zájem o studium geotechniky a problematiky podzemních staveb.

Poděkovat chci také své přítelkyni, dceři, rodičům a sestře za jejich podporu během mého studia, zvláště pak při psaní této disertační práce.

**ANALÝZA RAŽBY
METODOU DRILL AND BLAST**

**ANALYSIS OF EXCAVATION
USING THE DRILL AND BLAST METHOD**

Anotace

Disertační práce přináší komplexní popis problematiky ražby pomocí tunelovací metody drill and blast. Po obecném představení principů a možností využití následuje detailní seznámení s praktickou aplikací této metody na příkladu stavby tunelu Moane v norském Kongsbergu. Pozornost je věnována především moderním přístupům a používání nových technologií jako je nabíjení čelby emulzní trhavinou a 3D skenování výrubu. Hlavním tématem práce je analýza ražby na zmíněném projektu. Na základě dat z průběhu ražby je proveden rozbor všech faktorů ovlivňujících kvalitu záběrů, rychlost postupu prací a finanční náklady. Výsledky analýzy ukazují, které vstupní parametry ražby hrají nejdůležitější roli a jak je možné optimalizovat technologický postup.

Klíčová slova:

tunelovací metoda drill and blast, trhací práce, tunel Moane, emulzní trhavina, 3D skenování výrubu, analýza ražby, faktory ovlivňující ražbu, optimalizace technologického postupu

Annotation

The thesis provides a comprehensive description of excavation using the Drill and Blast tunnelling method. A general presentation of principles and potential for utilization is followed by a detailed introduction to the practical application of this method on the construction of Moane tunnel in Kongsberg, Norway. Attention is paid particularly to the latest approaches and use of modern technologies such as charging the face with emulsion explosive and 3D scanning of a tunnel contour. The main objective of the thesis is to analyze the excavation of the above-mentioned tunnel. Based on the data from the excavation process an analysis of all factors affecting round quality, speed of progress and financial costs is performed. The results of the analysis show which of the input excavation parameters play the most significant role and how the technological process can be optimized.

Keywords:

Drill and Blast Tunnelling Method, Blasting Works, Moane Tunnel, Emulsion Explosive, 3D Scanning of Tunnel Contour, Analysis of Excavation, Factors Affecting Excavation, Optimization of Technological Process

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	- 10 -
DEFINICE POJMŮ.....	- 11 -
ÚVOD.....	- 12 -
1 METODA DRILL AND BLAST	- 14 -
1.1 Historie	- 15 -
1.2 Postup prací.....	- 16 -
1.2.1 Vrtání pro odpal	- 17 -
1.2.2 Nabíjení čelby a odpal	- 21 -
1.2.3 Odtěžování rubaniny.....	- 24 -
1.2.4 Začištění výrubu	- 24 -
1.2.5 Zajištění výrubu	- 25 -
1.2.6 Geodetické měření.....	- 27 -
1.3 Chování horninového masivu a princip návrhu zajištění výrubu... - 27 -	
1.4 Klasifikace horninového masivu.....	- 30 -
1.4.1 Index RQD.....	- 30 -
1.4.2 Q index	- 31 -
2 TUNEL MOANE	- 33 -
2.1 Popis projektu	- 33 -
2.2 Geologické poměry	- 35 -
2.3 Technologický postup	- 38 -
2.3.1 Navigace vrtného vozu	- 39 -
2.3.2 Vrtání pro odpal	- 41 -
2.3.3 Nabíjení čelby	- 47 -

2.3.4	Odpal.....	- 51 -
2.3.5	Odtěžování rubaniny.....	- 53 -
2.3.6	Začištění výrubu	- 55 -
2.3.7	Zajištění výrubu	- 57 -
3	EMULZNÍ TRHAVINA	- 63 -
3.1	Výhody a princip použití.....	- 63 -
3.2	Specifikace trhaviny Hydromite 100.....	- 64 -
3.3	Aplikace trhaviny Hydromite 100.....	- 65 -
3.4	Cup test.....	- 67 -
4	3D SKENOVÁNÍ.....	- 71 -
4.1	Motivace.....	- 72 -
4.2	Popis technologie	- 72 -
4.3	Možnosti využití.....	- 74 -
4.4	3D skenování tunelu Moane	- 74 -
5	ANALÝZA RAŽBY TUNELU MOANE.....	- 80 -
5.1	Metodika hodnocení.....	- 81 -
5.2	Neměnné faktory	- 84 -
5.2.1	Geologické poměry.....	- 84 -
5.2.2	Penetrace	- 84 -
5.2.3	Čistota vrtů.....	- 84 -
5.2.4	Celková délka vrtů pro odpal.....	- 85 -
5.2.5	Vliv předchozího záběru.....	- 85 -
5.3	Hodnotící kritéria.....	- 85 -
5.3.1	Délka záběru.....	- 86 -
5.3.2	Tvar výrubu.....	- 86 -
5.3.3	Tvar čelby	- 86 -
5.3.4	Doba vrtání pro odpal a nabíjení čelby.....	- 87 -
5.3.5	Doba odtěžování rubaniny a začištění výrubu.....	- 87 -

5.4 Proměnné faktory	- 87 -
5.4.1 Vrtné schéma a plán nabíjení.....	- 88 -
5.4.2 Vrtné nářadí	- 88 -
5.4.3 Počet vrtů pro odpal.....	- 88 -
5.4.4 Přesnost geometrie vrtů	- 89 -
5.4.5 Referenční rovina.....	- 89 -
5.4.6 Množství trhaviny.....	- 89 -
5.4.7 Nastavení emulzní trhaviny	- 90 -
5.4.8 Teplota emulzní trhaviny	- 90 -
5.4.9 Retrakční jednotka	- 90 -
5.5 Vyhodnocení.....	- 91 -
5.5.1 Vyhodnocení nastavení proměnných faktorů	- 112 -
5.5.2 Vyhodnocení časové náročnosti záběru.....	- 119 -
ZÁVĚR	- 121 -
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ.....	- 124 -
Literatura	- 124 -
Další zdroje.....	- 125 -
Internetové zdroje	- 126 -
SEZNAM PŘÍLOH	- 127 -

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

3D	trojrozměrný = prostorový
DBN	Dynamic Bayesian Network – dynamická výpočetní síť Bayesian
MWD	Measurement While Drilling – záznam dat během vrtání
NMT	Norwegian Method of Tunneling – Norská tunelovací metoda
NATM	New Austrian Tunneling Method – Nová rakouská tunelovací metoda
p	tlak
SSE	Site Sensited Emulsion – emulze zcitlivěná na místě použití
TBM	Tunnel Boring Machine – plnoprofilový tunelovací stroj

DEFINICE POJMŮ

Detonace je výbuchová přeměna, která se šíří výbušninou vyšší rychlostí, než je rychlost zvuku ve zplodinách výbuchu. Ve výbušnině vzniká detonační vlna, která se vyznačuje prudkým tlakovým skokem. Rychlost této přeměny může být od 1000 až do 9000 metrů za sekundu (m/s). [11]

Detonační rychlost je jedním z nejdůležitějších parametrů výbušnin. Má rozhodující vliv na brizanci (tříštivost). Jde o rychlost výbušného rozkladu trhaviny. Udává se v metrech za sekundu (m/s) nebo v kilometrech za sekundu (km/s). Hodnoty jsou velmi vysoké, u trhavin se pohybují v rozmezí 2000 – 5000 m/s. [11]

Iniciace je počáteční podnět vyvolávající detonaci. [11]

Trhací práce představují takové používání výbušnin, při kterém se využívá chemické výbuchové přeměny výbušnin k rozpojování materiálů. [11]

Trhaviny jsou výbušniny, jejichž hlavním typem výbušné přeměny je detonace. Na rozdíl od třaskavin jsou však trhaviny méně citlivé a k vyvolání jejich detonace je nutné použít silného podnětu, například detonace jiné výbušniny. Při trhacích pracích jsou jedním ze základních prostředků rozpojování hornin. [11]

Výbuchová energie je energie, která se uvolní při výbuchu výbušniny. Udává se v kilojoulech na kilogram (kJ/kg). U výbušnin se hodnoty výbuchové energie pohybují v rozmezí 3050 – 5500 kJ/kg. Lze ji také označit pojmem výbuchové teplo. [11]

ÚVOD

Moderní společnost klade stále větší nároky na dopravní infrastrukturu. Lidé chtějí cestovat rychleji, jednodušeji a pohodlněji. To s sebou přináší nutnost budovat nové komunikace, jejichž výstavba je čím dál více směřována do tzv. čtvrté dimenze, čili podzemí.

Rostoucí využití prostoru pod zemským povrchem souvisí také se snahou o udržení ekologické rovnováhy a harmonického uspořádání území. Ochrana životního prostředí postupně získává převahu nad ekonomickými aspekty a technickou náročností podzemních děl. Umístěním infrastruktury do podzemí se výrazně snižuje hluk, prašnost a množství výfukových plynů na povrchu a vytváří se tak lepší podmínky pro život.

Historicky ražba tunelů patřila k vrcholům lidských schopností a jen ty nejvyspělejší civilizace dokázaly urychlovat přepravu obyvatel a zboží pomocí podzemních staveb. Dnešní úroveň poznání v oblasti navrhování i realizace tunelů je ovšem na tak vysoké úrovni, že v podstatě neexistují podmínky, ve kterých bychom nebyli schopni podzemní dílo vybudovat. Stavíme tunely pod horskými masivy či mořským dnem. Současné technologie umožňují neustálý vývoj a zdokonalování jednotlivých způsobů tunelování, ať už se jedná o metody konvenční nebo kontinuální s nasazením TBM.

O vhodnosti tunelovací metody pro ražbu konkrétní podzemní stavby však stále rozhoduje příroda. Jaký postup ražby zvolíme nám vždy predikují geologické poměry, byť by byla některá z metod sebedokonalejší.

Pro ražbu ve skalních horninách je nejvhodnější metoda drill and blast. Patří mezi vůbec nejstarší tunelářské postupy a její podstatou jsou trhací práce. Proces ražby touto metodou ovlivňuje mnoho faktorů a pokrok v některých vědních oborech nám nabízí možnost pro jeho optimalizaci. Typickým příkladem takového vylepšení postupu prací je nabíjení čelby emulzní trhavinou. Velkým přínosem pro ražbu metodou drill and blast je také 3D skenování, které je velmi efektivním nástrojem nejen pro dokumentaci geometrie výrubu. Nelze opomenout ani technologii MWD zaznamenávající celou řadu důležitých dat během vrtání pro odpal.

Tato disertační práce se snaží komplexně popsat tunelovací metodu drill and blast, někdy též zvanou Norská tunelovací metoda. Informuje nás o jejích základních principech, možnostech využití, seznamuje nás s její historií a především nám detailně vysvětluje postup prací při ražbě touto metodou a to nejen obecně, ale také na příkladu stavby tunelu Moane v norském Kongsbergu.

Hlavním cílem práce je analýza ražby výše zmíněného projektu. Jako základní podklady pro analýzu slouží výstupy z geologického mapování čelby a 3D skenování, záznamy z MWD a také výsledky in situ zkoušek, které autor sám prováděl. Byl totiž po celou dobu ražby tunelu přítomen přímo na stavbě. Díky tomu má k dispozici mnoho zajímavých dat, fotografií a hlavně vlastních praktických zkušeností. Prvním krokem vlastního analyzování bude snaha o pojmenování veškerých faktorů ovlivňujících kvalitu ražby a to jak z hlediska technologického postupu, tak z hlediska času a finančních nákladů. Druhým krokem pak bude hodnocení těchto faktorů podle stanovených kritérií. Vyhodnocením analýzy bychom měli určit, které vstupní faktory ražby hrají nejdůležitější roli, měli bychom získat informace vedoucí k optimalizaci technologického postupu ražby a stanovit obecná doporučení pro budoucí tunelové projekty ražené metodou drill and blast. Přínosem může být už samotná metodika analýzy, poněvadž ukáže, jak by se k obdobným posuzováním ražby mohlo přistupovat.

Pro nás, české tuneláře, představuje tato práce první rozsáhlejší publikaci o metodě drill and blast v naší mateřštině. Věřím, že nezklame a přinese užitek.

1 METODA DRILL AND BLAST

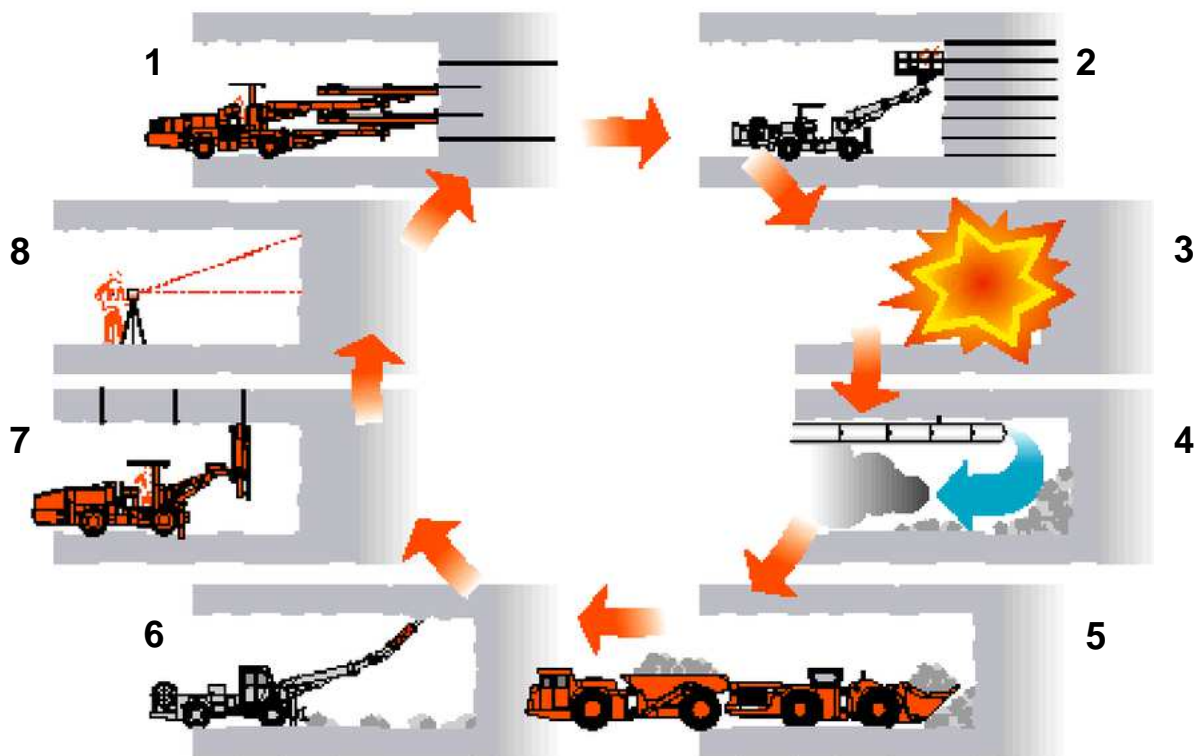
Základní myšlenka metody drill and blast jednoznačně vyplývá již z jejího názvu. Pokud ho doslovně přeložíme do českého jazyka, tak „drill“ znamená vrtat a „blast“ znamená odstřelit, odpálit. Nejprve se v horninovém masivu vytvoří vrty, které se následně vyplní trhavinou a provede se odpal. Podstatou této technologie ražby jsou tedy trhací práce. Metoda je určena pro ražbu v pevných skalních horninách a je využívána především ve Skandinávii. V České republice se s aplikací jejích principů také setkáme, ovšem vzhledem k našim geologickým podmínkám v dosti omezené míře.

Pojmem „drill and blast“ nemusí být nutně označována přímo konkrétní tunelovací metoda, ale mnohdy se setkáváme s použitím pouze v obecném významu vyjadřujícím použití trhacích prací bez ohledu na technologii tunelování. Samotné trhací práce jsou totiž součástí i mnoha jiných tunelovacích metod, včetně nám neznámější Nové rakouské tunelovací metody (New Austrian Tunneling Method – NATM), při které ovšem postup ražby vychází ze zcela jiných principů založených na relaxaci horninového masivu a jeho nosném spolupůsobení s primárním vyztužením výrubu. V moderním pojetí je technologie drill and blast často nazývána jako Norská tunelovací metoda (Norwegian Method of Tunneling – NMT), jejíž vznik se oficiálně datuje do roku 1974. Tehdy byla na základě zkušeností s ražbou několika tisíc kilometrů tunelů na území Skandinávie N. Bartonem a jeho kolegy z Norského geotechnického institutu definována horninová klasifikace Q index (viz podkapitola 1.4.2), kterou Norská tunelovací metoda využívá při návrhu zajištění výrubu.

Postup razicích prací (viz obr. 1.1) začíná vrtáním pro odpal. Následně se vrty nabijí trhavinou a provede se samotný odpal. Ihned po něm je nutné zahájit větrání, aby koncentrace škodlivých zplodin klesly pod povolené limity a raziči tak mohli zahájit odtěžování rubaniny. Dále přichází postupně na řadu mechanické a ruční začištění výrubu, během něhož geolog na čelbě vypočítá Q index a tím jednoznačně určí způsob zajištění výrubu. Celý pracovní cyklus

končí geodetickým měřením pro ověření správnosti geometrie vystřeleného profilu. Tento cyklus je souhrnně nazýván jako jeden záběr, který se neustále opakuje. Jedná se tedy o tzv. konvenční způsob tunelování.

Metoda drill and blast je vhodná pro ražbu ve všech typech skalních hornin od kříd až po žuly a čediče. Její velkou předností je rychlý postup prací, vysoký stupeň mechanizace a v porovnání s jinými tunelářskými technologiemi i nižší náklady, jelikož se nevyužívá silně vyztuženého ostění tunelu a výrub je zpravidla zajištěn pouze stříkaným drátkobetonem a svorníky. Ražby probíhají na plnou plochu výrubu bez členění čelby a v co nejdelším záběru, který umožňuje vrtací technika (obvykle 3 - 6 m).



Obr. 1.1: Sled pracovních operací při ražbě metodou drill and blast [29]

1 – vrtání pro odpal, 2 – nabíjení čelby, 3 – odpal, 4 – větrání, 5 – odtěžování rubaniny, 6 – začištění výrubu, 7 – zajištění výrubu, 8 – geodetické měření

1.1 Historie

Na rozšíření tunelovací metody drill and blast měl v minulosti zásadní vliv především vývoj vrtací techniky a znalost používání výbušnin. První zmínky o aplikaci výbušného prachu vyráběného z ledku pocházejí už ze starověké

Číny [10]. K prvnímu oficiálně doloženému využití výbušniny pro účely trhacích prací v horninách ovšem došlo až dne 8. února 1627. Kašpar Weindl tehdy použil černý střelný prach při dobývání zlata ve štole Horná Bieber v Banské Štiavnici na území dnešního Slovenska. Ještě téhož roku se jeho zkušenosti začaly uplatňovat v dalších zemích včetně Čech, konkrétně např. v Kraslicích v Krušných horách [11]. I přes značný vývoj v oblasti výbušnin se černý střelný prach občas využívá i v současné době k blokové těžbě pro kamenickou výrobu. Velký skok v rozvoji trhacích prací představoval v roce 1867 vynález dynamitu Alfredem Nobelem. Dynamit měl pětikrát větší účinnost než do té doby prakticky výhradně používaný střelný prach. Navíc jej bylo možné aplikovat i ve vlhkých podmínkách a mnohem méně nebezpečný byl jeho převoz. Jedno z prvních nasazení dynamitu pro ražbu bylo např. na původním Gotthardském železničním tunelu délky 15 km, který se podařilo vyrazit za pouhých 8 let (1872 - 1880). Dokončovací práce pak trvaly ještě další 2 roky. Ražba tunelu byla zahájena pomocí vrtacího stroje zkonstruovaného francouzským inženýrem Germainem Sommeillerem. O pohon se tehdy ještě staral stlačený vzduch. Vývoj šel ale rychle kupředu a brzy se začalo vrtat s hydraulicky poháněnými soupravami. Díky nim se v roce 1878 na Simplonském tunelu dosáhlo denního postupu ražeb 6,2 m, což už se výrazně přiblížilo současným možnostem. Rozvoj tunelového stavitelství s využitím trhacích prací nadále pokračoval zejména v alpských zemích a ve Skandinávii, kde si rozšiřování silniční a železniční sítě bez tunelů v podstatě nelze představit. Dnešní poznatky, technika a zkušenosti nám umožňují propracovat metodu drill and blast do posledních detailů.

1.2 Postup prací

Jednotlivé kroky technologického postupu prací byly vyjmenovány již v úvodu této kapitoly a jsou znázorněné na obr. 1.1. Nyní budou popsány podrobněji. V kapitole 2 se pak seznámíme s detailním postupem prací na konkrétním příkladu tunelu Moane v Norsku.

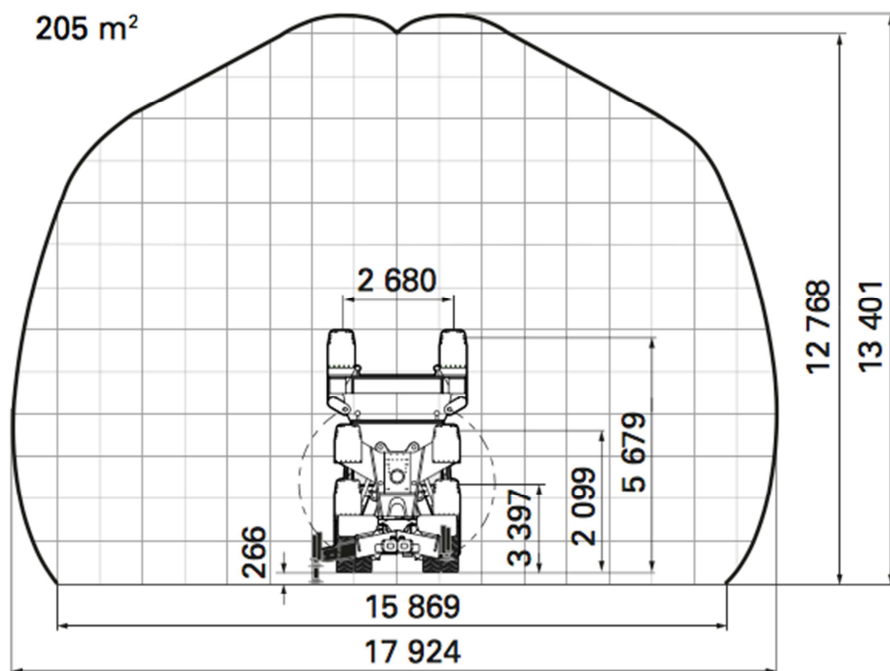
1.2.1 Vrtání pro odpal

Cyklus prací jednoho záběru zahajuje vrtání pro odpal. Jedná se zpravidla o časově nejnáročnější operaci celého cyklu. Jeho rychlost závisí především na vlastnostech horninového masivu, které tak předurčují požadavky na vrtnou soupravu (viz obr. 1.2) a vrtné nářadí. Moderní vrtné soupravy poskytují díky hydraulicky poháněným vrtacím kladivům dostatečný výkon i pro vrtání v těch nejtvrdších horninách. Jsou schopné vrtat velmi přesně a bez narušení okolního masivu, což je důležité z hlediska následného nabíjení. Vrty musí po navrtání zůstat čisté, aby bylo možné do nich umístit trhavinu. Kromě vrtání pro odpal je součástí pracovního cyklu také vrtání pro svorníky a vrtání průzkumných vrtů.



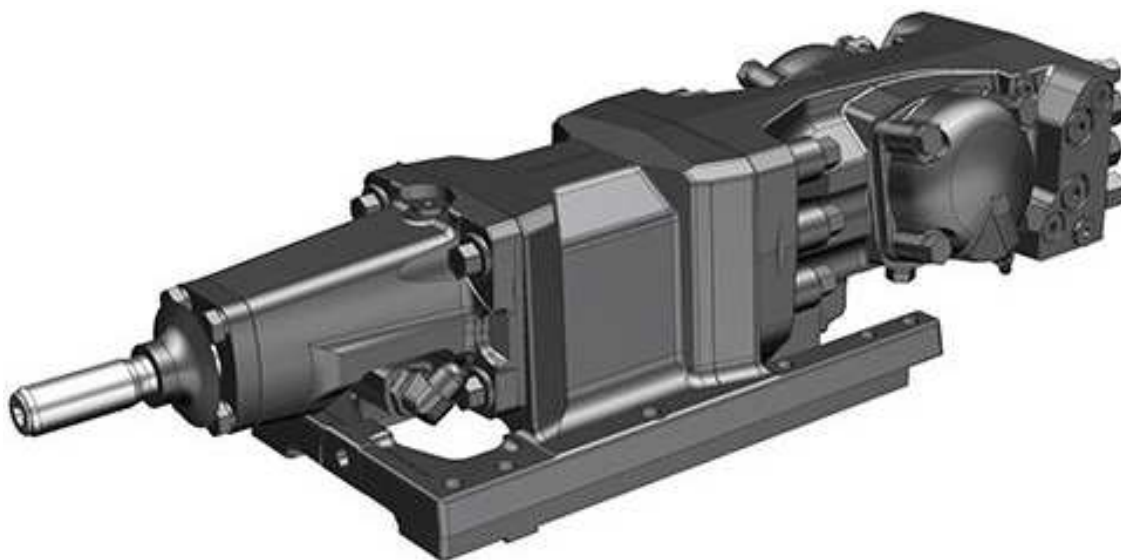
Obr. 1.2: Vrtná souprava Sandvik DT 922i při vrtání čelby pro odpal [30]

Vrtné soupravy mají dieselově poháněný podvozek a jsou vybaveny elektro-hydraulickou pohonnou jednotkou, která zajišťuje pohyb ramen, lafet a kladiv. Součástí stroje je kompresor pohánějící vodní výplachové čerpadlo. Jednotlivá ramena umožňují operátorovi vrtného vozu nasměrovat lafety do potřebné polohy jak pro vrtání čelby pro odpal, tak pro vrtání otvorů pro osazování svorníků. Obvykle mívají vrtné soupravy 2 – 3 lafety (výjimečně až 5) a délka vrtných tyčí bývá do 6 m. Při provádění průzkumných vrtů se běžně vrtá do hloubky cca 30 m a jednotlivé vrtné tyče se tedy musí nastavovat pomocí hydraulicky ovládaných svěr. Většina vrtných vozů je dnes vybavena také systémy pro automatizaci procesu vrtání, což umožňuje jednomu operátorovi současně obsluhovat více lafet najednou. Největší vrtné soupravy jsou schopné obsáhnout čelbu o ploše cca 200 m² (viz obr. 1.3).



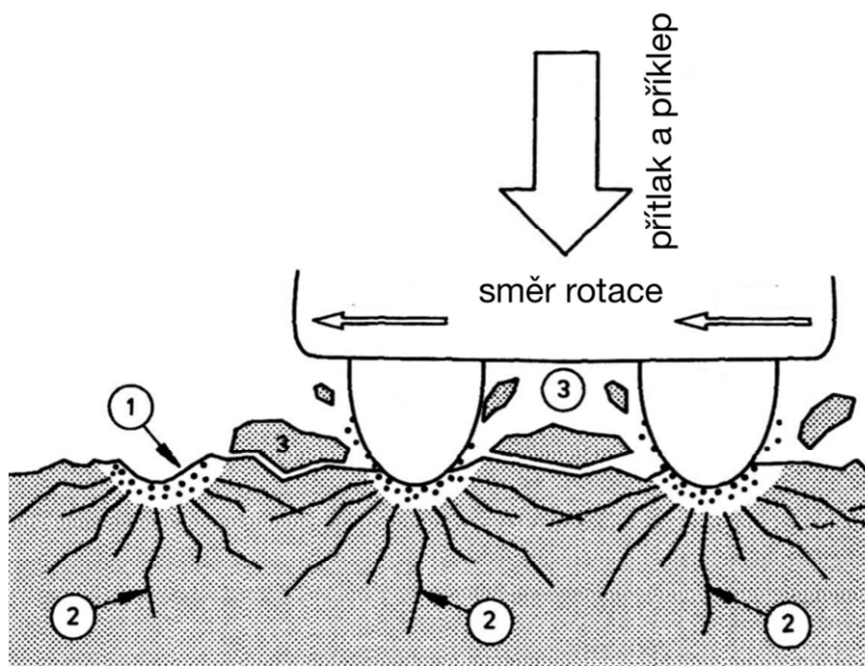
Obr. 1.3: Ukázka dosahu lafet vrtné soupravy Atlas Copco Boomer EX4 [27]

Prakticky výhradně se dnes používá rotačně příklepné vrtání pomocí vrchových kladiv (Top hammer percussive-rotatory drilling). To znamená, že kladivo (viz obr. 1.4) je osazeno na saních pohybujících se po lafetě a během vrtání nepostupuje do vrtu. Rotace, příklep a přítlak jsou přenášeny vrtným soutyčím z kladiva na korunku. Vrtání s ponorným kladivem se při ražbách tunelů vzhledem k běžné délce vrtů zpravidla nepoužívá.



Obr. 1.4: Vrchové kladivo Sandvik HLX5 rock drill [30]

Princip rotačně příklepného vrtání znázorňuje obr. 1.5. Hydraulicky poháněné kladivo zajišťuje rotaci, příklep a přítlak korunky, která je umístěna na konci tyče neboli bóru. Na dně vrtu nejprve v důsledku příklepového impulsu vznikají radiální trhliny (2). Rozvojem trhlin následně dochází k uvolňování drobných úlomků horniny (3), které jsou drceny na jemný prach (1). Působením přítlačné síly je zajištěn neustálý kontakt bitů korunky se dnem vrtu. Příklep a současný rotační pohyb korunky pak způsobuje další drcení úlomků horniny na prach. Dnes používaná kladiva jsou schopna zajistit přítlak až 250 bar a příklep o frekvencích v rozmezí 50 - 70 Hz s rotací až 300 otáček za minutu. Při provádění vrtů o obvyklém průměru 45 - 50 mm v horninách s pevností okolo 200 MPa můžeme dosáhnout výkonů až téměř 4 vyvrtaných metrů za minutu, což u vrtných souprav se třemi lafetami dává výkon až kolem 400 vyvrtaných metrů za hodinu. To vše za předpokladu obsluhy jedním operátorem, kdy samozřejmě dochází k určitým časovým ztrátám při přemísťování lafet.

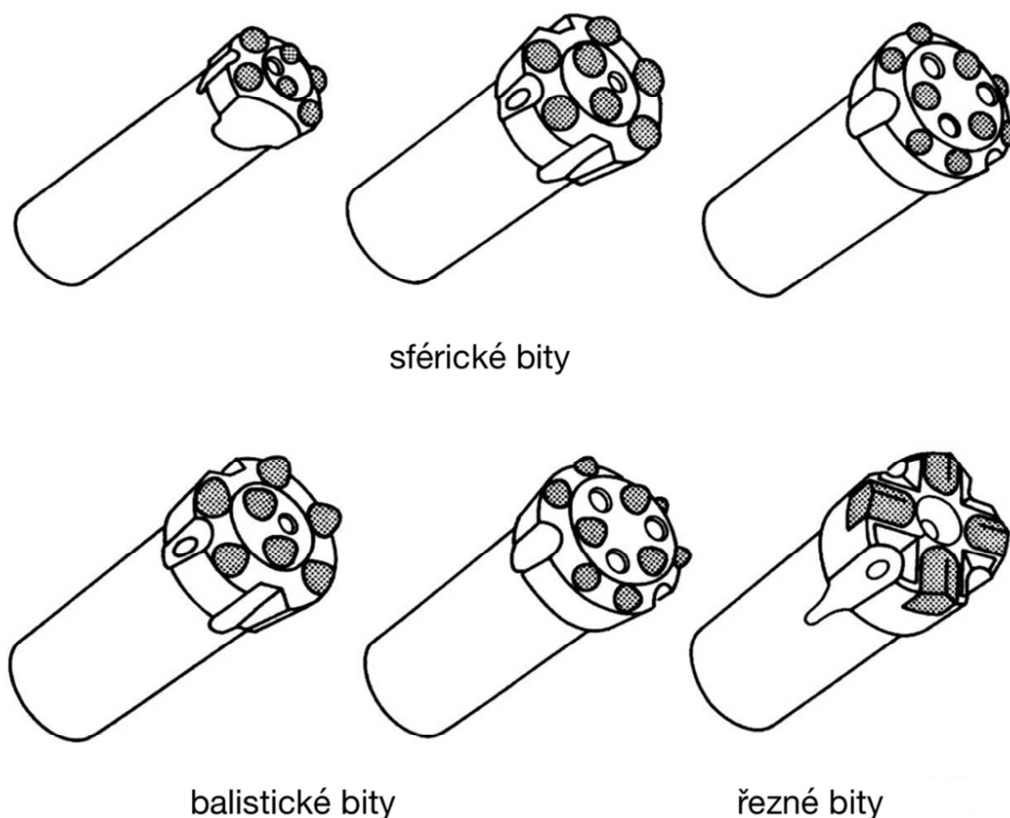


Obr. 1.5: Princip rotačně příklepného vrtání [10]

Síly z kladiva přenáší adaptér napojený pomocí závitového spojníku na vrtnou tyč. Na druhém konci tyče je díky závitů přímo připevněna vrtná korunka. Systém celého vrtného soutyčí je velice jednoduchý a variabilní. Lze kombinovat různé délky tyčí nebo tyče libovolně nastavovat, můžeme velmi snadno a rychle měnit vrtné korunky. Pro snížení namáhání ramena, lafety,

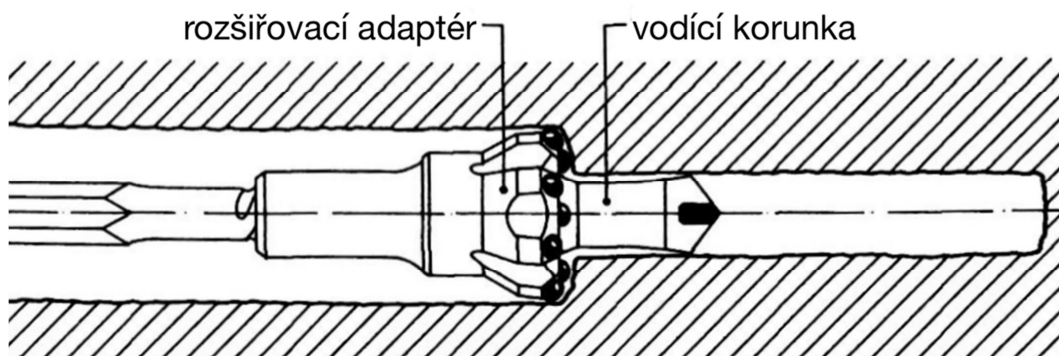
adaptéru, spojníku a vrtné tyče při jejím držení ve správné pozici bývá na konci lafety umístěna gumová podložka, aby bylo možné před zahájením vrtání lafetu pevně opřít o čelbu.

Základní dělení vrtů pro odpal je na produkční a odlehčovací. Produkční vrty jsou následně při nabíjení čelby vyplňovány trhavinou. Jejich průměry se pohybují v rozmezí 35 – 50 mm. Vrtají se roubíkovými korunkami s různými tvary bitů (viz obr. 1.6) Odlehčovací vrty jsou situovány do oblasti zálomu a mívají průměry od 90 do 130 mm. Nenabíjejí se, zůstávají volné a vytváří tak prostor pro uvolnění výbuchové energie z trhaviny odpálené v sousedních produkčních vrtech. Počet, úklon a především rozmístění vrtů v čelbě je dáno tzv. vrtným schématem (podrobněji viz podkapitola 2.3.2).



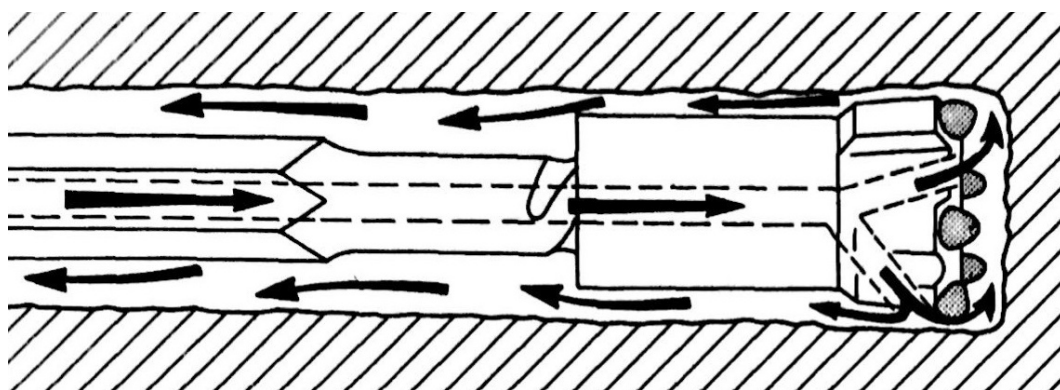
Obr. 1.6: Roubíkové korunky s různými tvary bitů [10]

Pro vrtání odlehčovacích vrtů se používají korunky větších průměrů či rozšiřovací adaptéry s vodící korunkou – tzv. pilotem (viz obr. 1.7). Důležité je, že se vždy nejprve vyvrtá otvor korunkou stejného průměru jako mají produkční vrty a ten se pak po výměně korunky či nasazení adaptéru rozšiřuje na požadovaný rozměr.



Obr. 1.7: Způsob vrtání odlehčovacího vrtu [10]

Výplach jemného prachu z vrtů je nejčastěji zajištěn vodou vháněnou vodním výplachovým čerpadlem na dno vrtu přes otvory v korunce a podélným otvorem vedeným v ose tyče (viz obr. 1.8). Pro plynulost vrtání je výplach velmi důležitý. Jakmile by došlo ke ztrátě výplachu např. vlivem puklin v horninovém masivu, hrozí zaseknutí tyče ve vrtu. Vrt se tak ucpe a operátor je nucen nasadit novou vrtnou tyč a v těsné blízkosti původního vrtu vyvrtat nový. Proto je výplach jedním z nejdůležitějších parametrů, které během vrtání sledujeme.



Obr. 1.8: Princip vodního výplachu [10]

1.2.2 Nabíjení čelby a odpal

Pro lepší srozumitelnost a správné pochopení si před popisem samotného nabíjení čelby a provádění odpalu nejprve stručně vysvětleme alespoň základní teorii výbuchu. Při výbušné přeměně dochází ke stlačování a pohybu okolního prostředí. To se projeví jako rázová vlna, která při průchodu prostředím způsobuje skokové zvyšování hustoty, teploty a tlaku a prostředí se začne pohybovat ve směru šíření vlny. Se vzdáleností od místa výbuchu rychlost rázové vlny klesá a nakonec přechází ve vlnu zvukovou. Při šíření rázové vlny ve výbušnině nastává v příznivých případech rychlá chemická reakce, která tuto

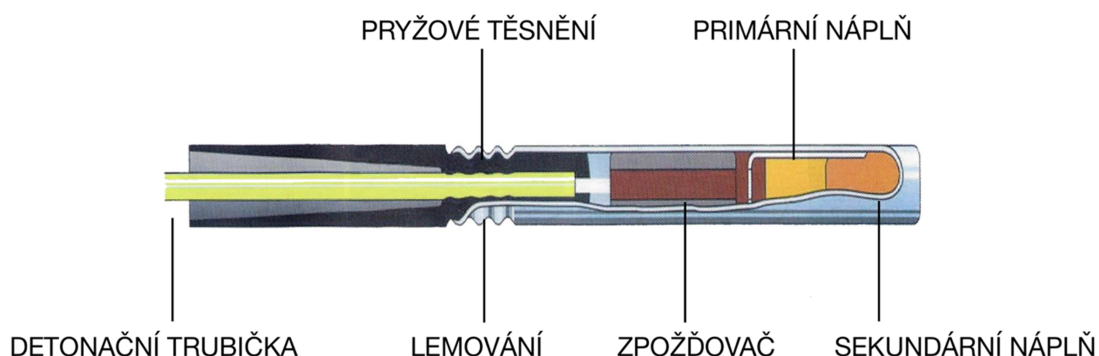
vlnu umocňuje. Jedná se tzv. detonaci. Rázová vlna se pak označuje jako vlna detonační. Výbuch je charakteristický svou mohutností, poměrně malou koncentrací energie a velmi krátkým trváním děje. Při přepočtu na mechanickou práci přináší výkon až v tisících MW. Detonace působí jednak rázovým účinkem detonačního tlaku na plochu přímého styku trhaviny a horniny, jednak tlakem výbuchových plynů. Detonační tlak dosahuje hodnot až statisíců MPa, ovšem působí řádově v milisekundách [11].

Právě detonační tlak hraje zásadní roli při rozpojování horniny a působí svým rázovým účinkem hlouběji než tlak výbuchových plynů. Zhruba ve vzdálenosti desetinásobku poloměru vrtu se detonační rázová vlna přemění ve vlnu tlakovou, která postupuje k nejbližší volné ploše. Na ní se díky rozdílné akustické impedanci prostředí vlna štěpí a odráží a postupuje zpět do horninového masivu, ovšem jako vlna tahová. V tahu a ve smyku mají horniny až o 80 % menší pevnost než v tlaku. Proto dojde překonáním tahové pevnosti horniny k jejímu odštěpování. Děje se tak od povrchu směrem do hloubky a vzniká tak výtrž [11].

Na trhací práce se obecně používají tři základní prostředky – výbušniny, rozněcovadla a ostatní pomůcky potřebné k jejich správnému použití a zapojení jako např. roznětnice či ohmmetr. Při ražbách metodou drill and blast obvykle využíváme oba základní typy trhavin – pevné i emulzní. Pevné trhaviny mají vyšší detonační účinek a umísťují se do zálomů a do případných přístřílek. Vyráběny jsou v podobě náložek, které se zasouvají do vrtů pomocí dřevěné ládovací tyče. Emulzní trhaviny se vyznačují výrazně jednodušším způsobem aplikace a větší odolností vůči vodě. Výsledná směs emulzní trhaviny se míchá až na čelbě těsně před jejím čerpáním do vrtu, v němž následně „zraje“ do požadované hustoty. Podrobněji se emulzním trhavinám věnuje kapitola 3.

Roznět trhavin se provádí pomocí rozněcovadel. Mezi nejpoužívanější rozněcovadla patří elektrické palníky, elektrické a neelektrické rozbušky a bleskovice. Na začátku procesu odpalu se pomocí elektrického proudu elektrickým palníkem či elektrickou rozbuškou iniciuje připojená bleskovice nebo zážehová rozbuška. Procházejícím elektrickým proudem se zahřeje odporový drátek v můstku palníku a od drátku se dále na zážehovou teplotu zahřeje pilule uvnitř palníku. Tím dojde k výbuchu pilule a následně k iniciaci rozbušky. Rozbuška může sloužit přímo k roznětu trhaviny nebo také k roznětu

neelektrického roznětného systému. Ten se skládá z bleskovic a detonačních trubiček. Na konci každé trubičky je pak připojena další tentokrát neelektrická rozbuška. Tímto způsobem je tedy možné do systému zapojit neomezené množství rozbušek. Základním parametrem rozbušky je její stupeň časování neboli zpoždění, čili o kolik milisekund se zpozdí její výbuch a tedy i roznět připojené trhavinou od prvotní iniciace rozbušky. Kroky zpoždění jsou u nejkratších časů odstupňovány po 50 ms, u delších časů pak po 200 ms nebo 500 ms. Volba správného zpoždění jednotlivých rozbušek zapojených do roznětné sítě má zcela zásadní vliv na úspěšnost odpalu. Konstrukce neelektrické rozbušky včetně zpožďovače je znázorněna na obr. 1.9. V dnešní době se také často používají elektronické rozbušky. Hlavní výhodou je, že jejich zpoždění lze nastavit až před odpalem po zapojení celé roznětné sítě. Přenos detonace v roznětné síti se nejčastěji děje prostřednictvím bleskovice. Ta je tvořena třaskavinou či brizantní trhavinou v izolačním obalu. Náplň výbušniny v bleskovici bývá v rozmezí 5 – 100 g na metr délky a její detonační rychlost je cca 6500 m/s.



Obr. 1.9: Konstrukce neelektrické rozbušky [11]

Proces nabíjení čelby začíná rozmístěním neelektrických rozbušek do produkčních vrtů dle zvoleného schématu časování. Dále se do vrtů aplikuje trhavina. Provede se spojení všech rozbušek pomocí bleskovice a celá takto vytvořená roznětná síť se připojí k elektrické rozbušce. Ta dostane elektrický impuls z roznětnice přes roznětné vedení – dnes nejpoužívanější je dvojlinka z měděných drátů s ocelovou výztuhou.

1.2.3 Odtěžování rubaniny

Po odpalu se musí provést dostatečné vyvětrání škodlivých zplodin, jejichž koncentrace musí klesnout pod povolené limity. Následuje kontrola rozvalu rubaniny a výrubu střelmistrem. Pokud nejsou nalezeny nevybuchlé trhaviny – tzv. selhávky, může být zahájeno odtěžování rubaniny z čelby. V závislosti na velikosti výrubu a množství rubaniny je třeba zvolit vhodnou mechanizaci. Musí mít dostatečný výkon, ale zároveň i vhodné rozměry umožňující operátorovi dostatečný pohyb stroje. Nejčastěji se používají lžicové nakladače s bočním výklopem. O jejich pohon se starají dieselové motory s katalyzátory, v případě menších strojů se někdy setkáváme s elektromotory. Důležité je, aby veškerá mechanizace nasazená v podzemí co nejméně znečišťovala ovzduší. Odvoz rubaniny z čelby na venkovní deponii je zajištěn dumpery nebo běžnými nákladními automobily.

1.2.4 Začištění výrubu

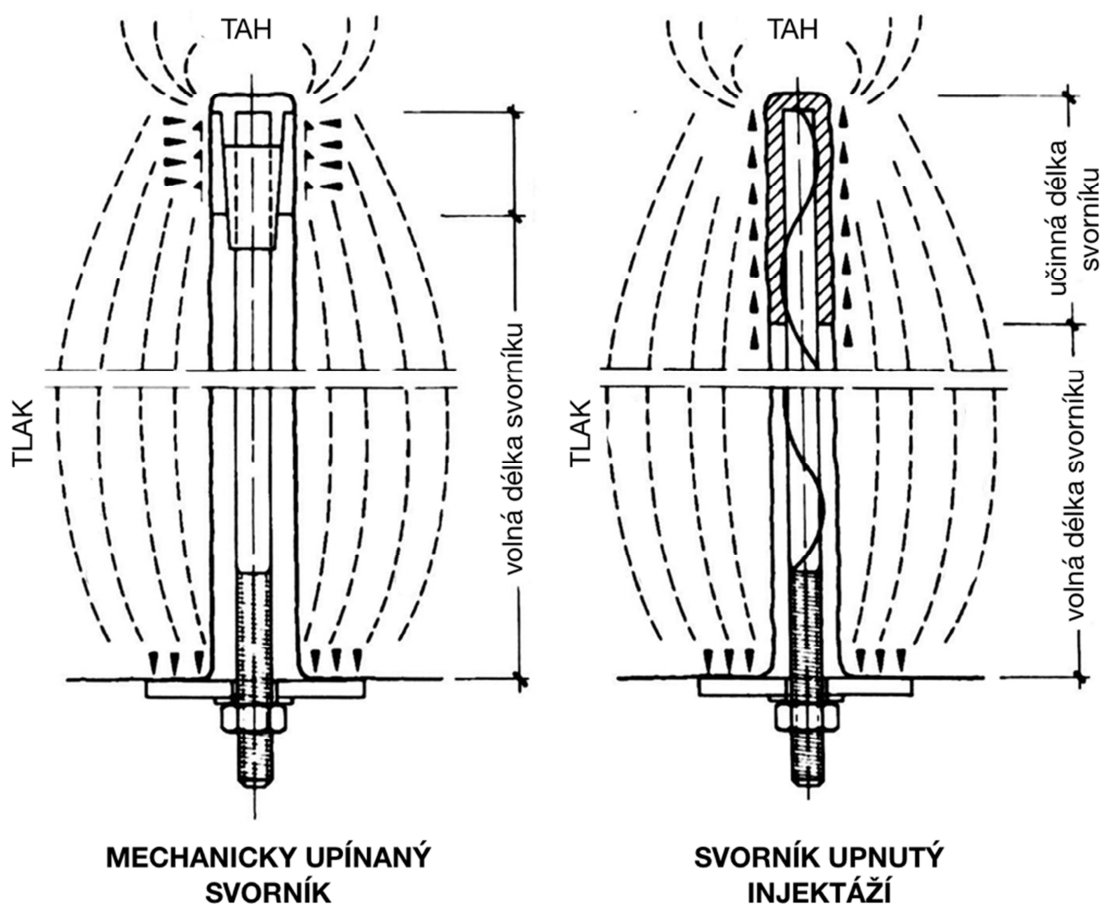
Už během odtěžování zpravidla začíná proces mechanického začištění výrubu. Na čelbu vedle nakladače najede bagr a pomocí hydraulického kladiva – impaktoru shazuje uvolněné skalní bloky. Vždy postupuje od stropu směrem k počvě a od předešlého záběru k čelbě. Na dočištění se pak používají různé tvary háků, zubů a samozřejmě lžice. Mechanickým začištěním výrubu jsme často schopni výrub doprofilovat v případě nedokonalého odpalu.

Po mechanickém začištění se na čelbu najede vrtnou soupravou a přistoupí se k ručnímu začištění – tzv. hand scalingu. Pomocí obtrhávací tyče se z koše vrtného vozu odstraní i malé úlomky horniny, aby byla zajištěna bezpečnost razičů při dalších prováděných činnostech, zejména pokud by prováděli nabíjení dalšího záběru bez zajištění aktuálního záběru stříkaným betonem. V případě příznivých geologických podmínek se totiž mnohdy provádí zajištění stříkaným betonem až po vyražení více záběrů. Znamená to určitou časovou a tím i finanční úsporu. Stále ovšem musí platit, že bezpečnost pracovníků je na prvním místě.

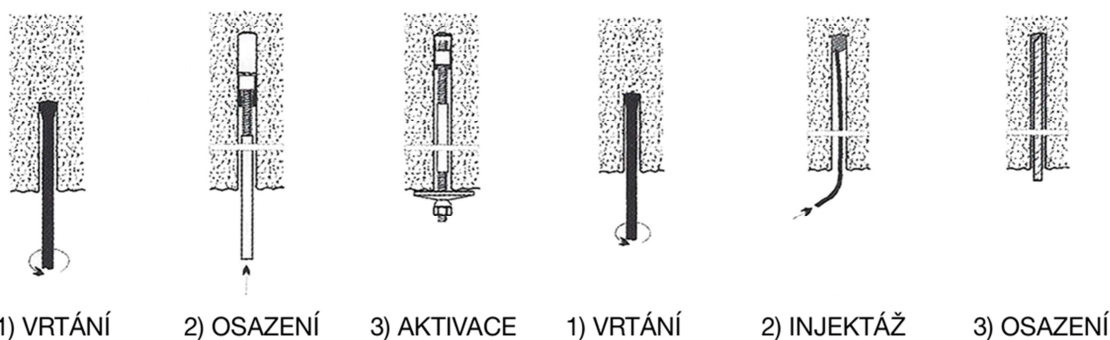
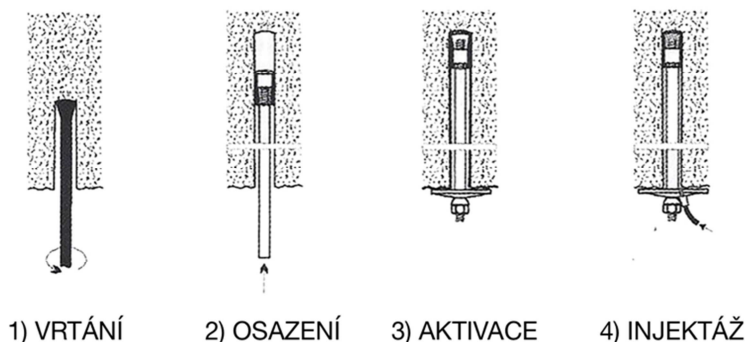
Proces začištění výrubu se dokončí omytím tlakovou vodou před stříkáním betonu. Tím se zároveň zajistí dostatečné přilnutí stříkaného betonu k horninovému masivu.

1.2.5 Zajištění výrubu

Při metodě drill and blast se k zajištění výrubu nejčastěji používají dva základní typy výztuže – svorníky a stříkaný beton. Svorníky se vkládají do vrtů, v nichž jsou různým způsobem upnuty a ukotvují tak líc výrubu hlouběji do masivu do zóny bez ovlivnění výrubem. Aktivací svorníků a působením osových sil ve svornících vznikne kolem výrubu zpevněná oblast, v níž je hornina odolnější proti usmyknutí a tím je zabráněno případnému uvolňování skalních bloků. Svorníky můžeme ihned po osazení předeprnout, čímž dojde k jejich aktivaci a okamžitě tak zajišťují podporu líci výrubu. Druhou variantou je, že necháme líc výrubu deformovat a tím dojde k postupné aktivaci osazených svorníků. Rozdělení napětí v masivu v okolí svorníku je znázorněno na obr. 1.10. Jednotlivé způsoby upnutí svorníků do horninového masivu jsou ukázány na obr. 1.11.



Obr. 1.10: Rozdělení napětí v masivu v okolí svorníku [8]

MECHANICKY UPÍNANÉ SVORNÍKY**INJEKTOVANÉ SVORNÍKY (SN)****KOMBI SVORNÍKY****Obr. 1.11: Způsoby upnutí svorníků do horninového masivu [10]**

Zajištění výrubu stříkaným betonem se provádí pomocí dálkově ovládaného manipulátoru po vrstvách tloušťky do 150 mm. Názem na podklad se nanášená betonová směs zhutňuje a proniká i do dutin a trhlin na líci výrubu, čímž se zlepšuje její spojení s horninou. Betonová směs je tvořena kamenivem o velikosti zrna zpravidla do 8 mm, jemně mletým cementem v množství cca 400 – 450 kg/m³ směsi, vodou a různými přísadami a příměsemi, které příznivě ovlivňují např. rychlost tuhnutí a tvrdnutí, pevnost v tlaku a další vlastnosti betonu. Velmi často se mechanické vlastnosti betonové směsi zlepšují přimícháním ocelových drátků, pak hovoříme o drátkobetonu. Obvyklé množství drátků je cca 25 – 40 kg/m³ směsi. V případě zvýšených požadavků na požární odolnost se používá vláknobeton, do něhož se místo drátků přidávají polymerová (např. polypropylenová, polyethylenová či nylonová) vlákna.

1.2.6 Geodetické měření

Úkolem geodetických prací je provést kontrolu výrubu po odpalu z hlediska jeho geometrie a případných zásahů do projektovaného profilu. Na základě vyhodnocení měření se pak stanovuje další postup ražby. Když je vše v souladu s projektovou dokumentací, pokračuje se vrtáním pro odpal dalšího záběru. V případě menších podprofilů se přistoupí k dodatečnému mechanickému začištění výrubu pomocí bagru s hydraulickým kladivem. Jsou-li však zásahy do profilu většího charakteru, musí se provést jejich přistřelení. Více se tématu geodetického měření a moderním přístupům ke kontrole geometrie výrubu se věnuje kapitola 4.

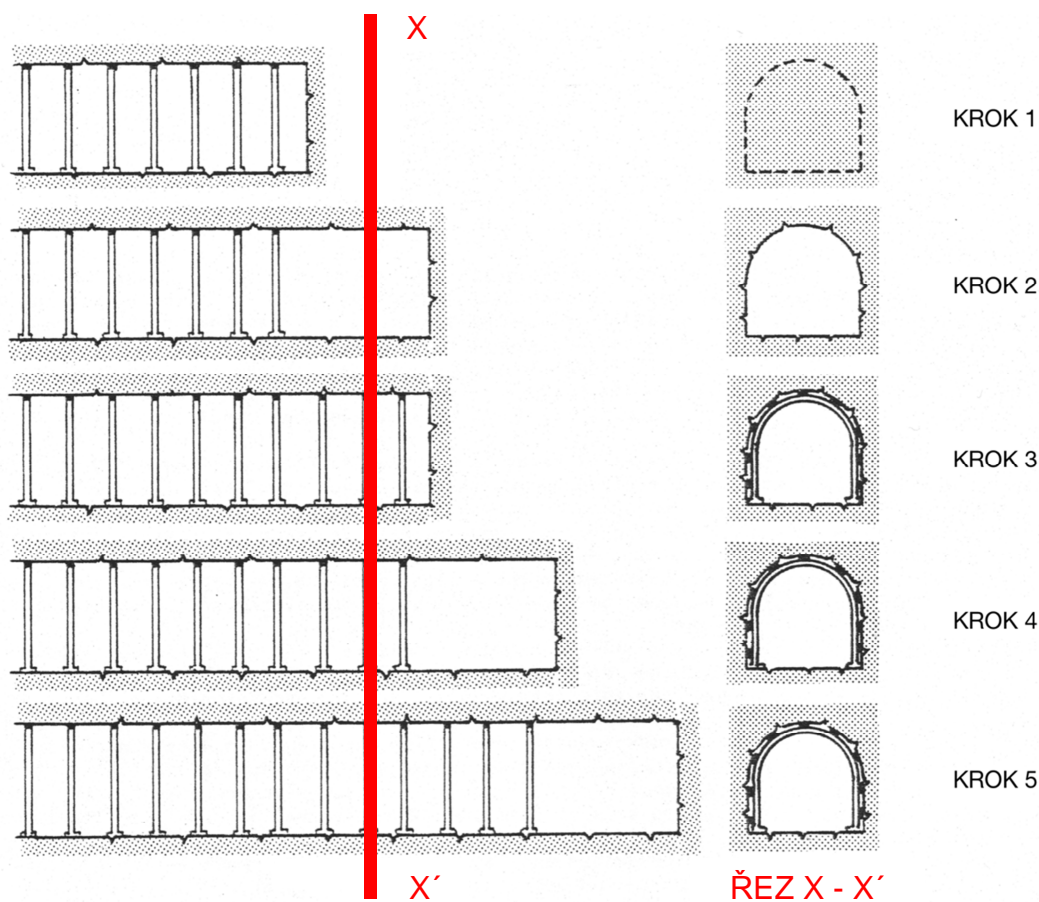
1.3 Chování horninového masivu a princip návrhu zajištění výrubu

Principem návrhu zajištění výrubu při ražbě metodou drill and blast je poskytnout horninovému masivu takové podepření, aby se kolem výrubu vytvořila horninová klenba a masiv se tak stal samonosný. Chování masivu je vysvětleno na příkladu ražeb na plný profil s vyztužením výrubu ocelovými oblouky, které jsou vždy instalovány po dokončení každého záběru (viz obr. 1.12). V případě zajištění výrubu svorníky a stříkaným betonem zůstává chování masivu principiálně zcela stejné. Vodorovné i svislé napětí horninového masivu před ražbou uvažujeme za rovné a má hodnotu p_0 .

V prvním kroku ještě ražba nepostoupila do řešeného řezu $X - X'$. Horninový masiv v prostoru budoucího tunelu stále přebírá veškerý tlak od horninového masivu v okolí budoucího tunelu a tlak na líci výrubu p_i je tedy v rovnováze s původním tlakem horninového masivu p_0 . Na deformačních křivkách se nacházíme v bodě A (viz obr. 1.13).

V kroku 2 už ražba pokročila za řešený řez $X - X'$. Podpurný tlak p_i zajišťovaný horninou uvnitř budoucího tunelu tak klesl na nulu. Přesto ale nedojde ke kolapsu výrubu, protože radiální deformace výrubu je omezena blízkostí čelby. Ta rostoucí deformaci zastaví. Pokud by čelba nedokázala zabránit nárůstu deformace u , bylo by k zajištění výrubu potřeba takové vyztužení, které by přeneslo tlak p_i o velikosti odpovídající hodnotě tlaku pro body B a C na deformačních křivkách. Je třeba si uvědomit, že podpurný tlak nutný k zastavení deformace stropu tunelu, je větší než podpurný tlak potřebný

k zastavení deformace boků tunelu, a to o hodnotu tlaku vyvolaného vlastní tíhou horniny v rozvolněné stropní části výrubu. Proto se deformační křivka stropu tunelu liší od deformační křivky boků tunelu.

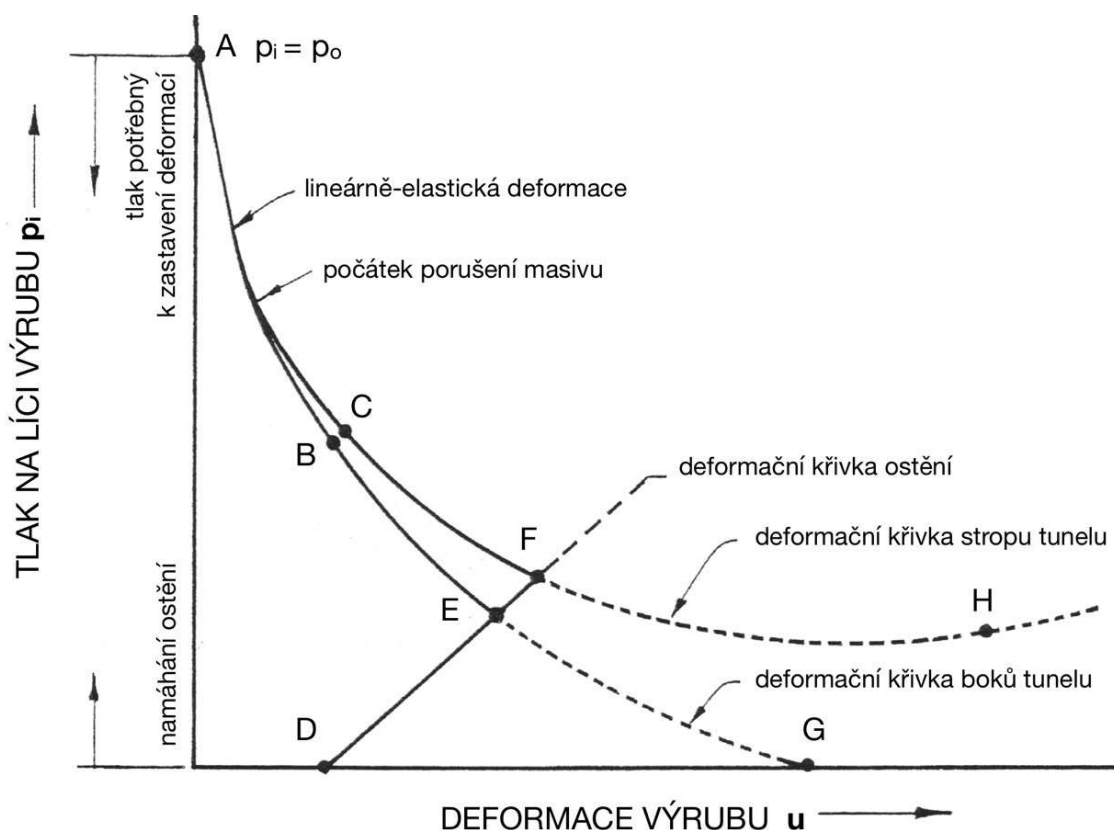


Obr. 1.12: Postup ražby a zajišťování výrubu [8]

Třetí krok představuje stav, kdy byla dokončena těžba rubaniny a výrub byl až k čelbě vyztužen ocelovými oblouky. V okamžiku těsně po instalaci oblouků ještě nestihlo dojít k další deformaci výrubu a vyztužení tunelu tak zatím teoreticky nepřenáší žádné zatížení – viz bod D deformační křivky ostění. Pro tlak působící na líci výrubu p_i tak stále platí, že je roven tlaku odpovídajícímu pro body B a C na deformačních křivkách. Samozřejmě pouze za předpokladu, že horninový masiv nemá žádné časově závislé deformace.

Ve čtvrtém kroku ražba postoupila cca o jeden a půl násobek průměru výrubu za řez X – X'. Omezení deformace výrubu vlivem blízkosti čelby se značně snížilo. To má za následek další deformaci výrubu reprezentovanou křivkami BEG a CFH. Díky narůstání deformace výrubu se aktivuje vyztužení a jeho podpůrný tlak p_i roste s jeho rostoucí deformací podle křivky DEF.

V kroku 5 už ražba pokročila tak daleko, že blízkost čelby nemá na deformace v řezu X – X' vůbec žádný vliv. Pokud by nebylo osazeno vyztužení výrubu, zvyšovala by se radiální deformace výrubu podle křivek EG a FH. V případě boků tunelu by podpůrný tlak potřebný k zastavení dalších deformací výrubu klesl k nule v bodě G a od tohoto okamžiku by se stěny výrubu staly stabilní. V případě stropu tunelu by sice tlak potřebný k zastavení deformace výrubu klesl na své minimum, ale deformace by se i nadále rozvíjela – viz bod H deformační křivky stropu tunelu. To je způsobeno faktem, že zóna rozvolněné horniny ve stropní části má možnost se stále zvětšovat. Pokud tomu nezabráníme instalací vyztuže, dojde ke kolapsu výrubu. Včasné zajištění výrubu ostěním vede k dosažení rovnováhy mezi tlakem potřebným k zastavení deformací výrubu a tlakem okolního masivu – deformační křivky vyztužení a horninového masivu se protnou – viz body E a F [8].



Obr. 1.13: Deformační křivky horninového masivu a ostění [8]

1.4 Klasifikace horninového masivu

Při ražbách metodou drill and blast se ke klasifikaci horninového masivu a následnému návrhu zajištění nejčastěji používá klasifikace Q indexem. Např. v Norsku zcela výhradně. K určení Q indexu potřebujeme znát celkem šest parametrů, přičemž jedním z nich je další klasifikace hornin – index RQD (Rock Quality Designation).

1.4.1 Index RQD

Klasifikace RQD byla vytvořena D. U. Deerem v roce 1967 pro odhadnutí kvality horninového masivu na základě vyhodnocení vrtného jádra. Postupně se stala součástí dalších klasifikací podobně jako je tomu u Q indexu.

Index RQD je definován jako procentuální zastoupení neporušených kusů jádra delších než 100 mm vzhledem k celkové délce jádra. Výpočet indexu RQD je určen vztahem (1).

$$RQD = \frac{\sum \text{délky kusů jádra} > 100 \text{ mm}}{\text{celková délka jádra}} \times 100 \% \quad (1)$$

Na základě vypočtené hodnoty indexu RQD se pak hornina klasifikuje dle následující tab. 1.1.

Hodnota indexu RQD [%]	Klasifikace kvality horninového masivu
0 – 25	Velmi nízká
26 – 50	Nízká
51 – 75	Střední
76 – 90	Dobrá
91 – 100	Výborná

Tab. 1.1: Klasifikace kvality horninového masivu dle hodnoty indexu RQD [3]

1.4.2 Q index

Klasifikace horninového masivu Q index byla definována N. Bartonem a jeho kolegy z Norského geotechnického institutu v roce 1974. Využívá zkušeností z ražeb několika tisíc kilometrů tunelů na území Skandinávie. Q index určuje kvalitu horninového masivu na základě pěti parametrů ohodnocených body a zatřídění horniny podle indexu RQD. Vypočteme ho dosazením bodů a hodnoty indexu RQD do vztahu (2).

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} \quad (2)$$

RQD ... příslušná hodnota indexu RQD [%]

J_n ... počet puklinových systémů

J_r ... drsnost puklin

J_a ... zvětrání a výplň ploch diskontinuit

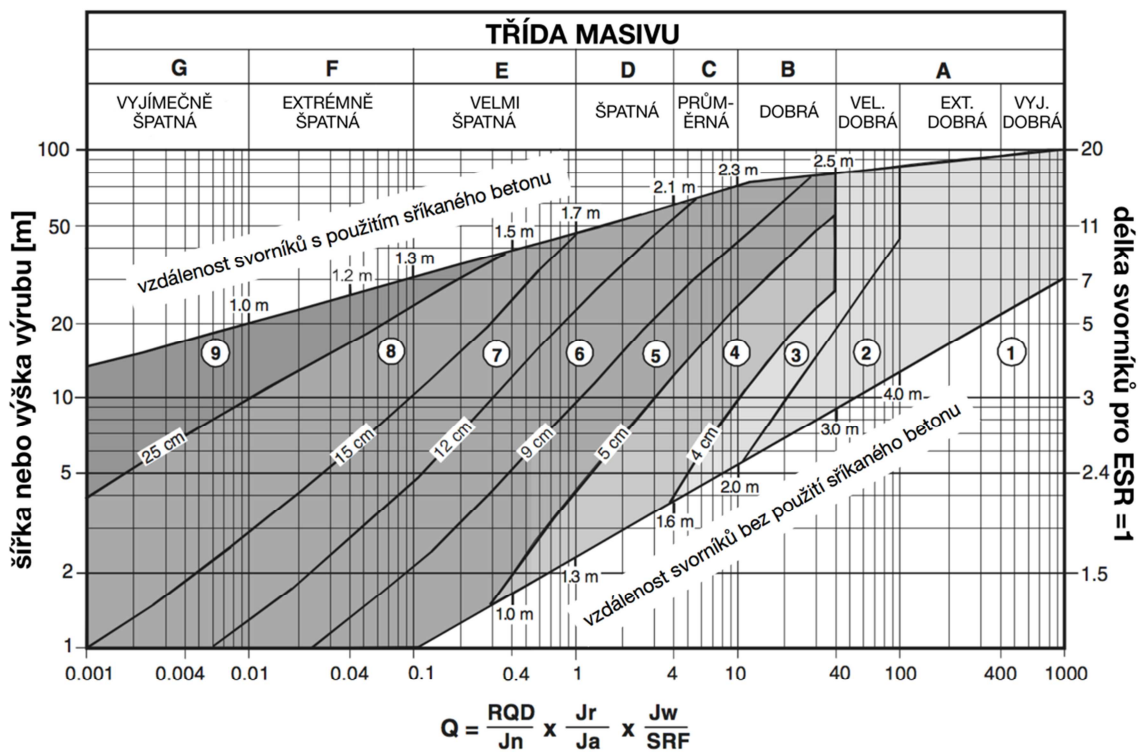
J_w ... vodní tlak

SRF ... podmínky původní napjatosti horninového masivu

Při návrhu zajištění výrubu je nutné znát ještě další parametr, kterým je ekvivalentní rozměr výrubu L. Určuje ho vztah (3).

$$L = \frac{\text{šířka nebo výška výrubu (větší z hodnot)}}{ESR} \quad (3)$$

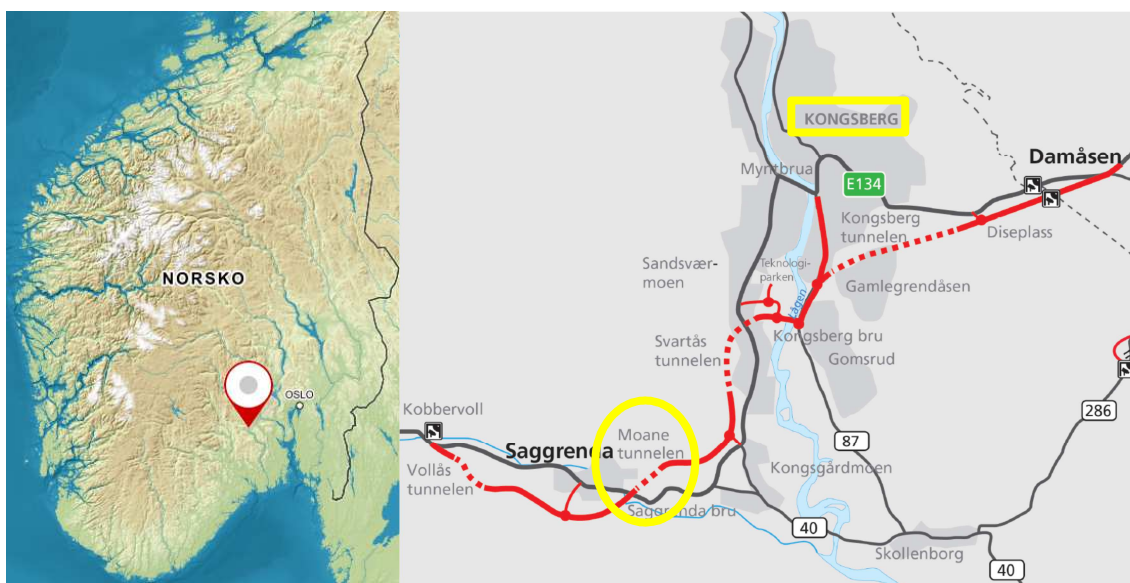
Parametr ESR charakterizuje účel stavby a pro silniční tunely je roven jedné. Způsob vyztužení výrubu se pak na základě Q indexu a ekvivalentního rozměru výrubu L snadno určí pomocí tab. 1.2. V nejlepších geologických podmínkách se k zajištění výrubu používá pouze nahodilé kotvení, případně kombinace nahodilého kotvení se stříkaným betonem. Se zhoršující se kvalitou masivu či rostoucí velikostí výrubu se aplikuje masivnější ostění ze stříkaného betonu a menší rozestupy svorníků. V případě velmi špatné geologie se budují vyztužné oblouky – tzv. žebra z betonářské oceli a stříkaného betonu.



Tab. 1.2: Návrh zajištění výrubu dle Q indexu [20]

2 TUNEL MOANE

Morfologie terénu na území Norska významně přispívá k neustálému budování nových tunelů. Další rozvoj silniční i železniční sítě s sebou přináší nutnost zásahů do podzemí. Stejně tak je tomu i u výstavby silničního obchvatu města Kongsberg ležícího cca 80 km jihozápadně od hlavního města Oslo. Projekt pod názvem E134 Damåsen – Saggrenda zahrnuje hned čtyři tunely. Část E30 Trollerudmoen – Saggrenda, jejíž součástí jsou dva z nich, realizovala ve sdružení s norskými partnery Bertelsen & Garpestad AS a Hag Anlegg AS česká firma Metrostav a.s. Její pozice na norském trhu v oblasti podzemních staveb se začíná upevňovat, jelikož je to již její třetí úspěšně dokončený projekt.

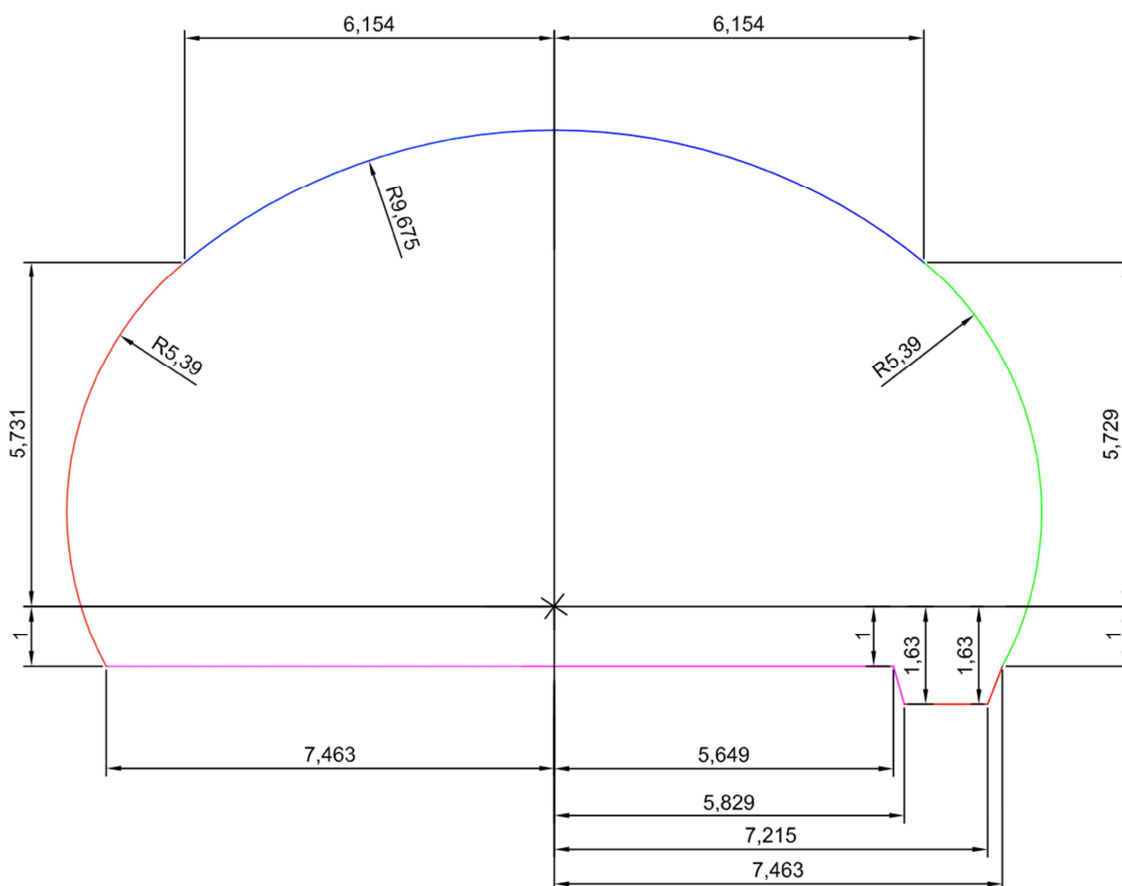


Obr. 2.1: Poloha tunelu Moane u norského Kongsbergu [28, 18]

2.1 Popis projektu

Nově budovaný silniční obchvat města Kongsberg mezi jeho částmi Damåsen a Saggrenda (viz obr. 2.1) dosahuje délky 13,2 km. Je součástí silnice E134, která tvoří páteřní spojnici mezi městy Drammen na východě a Haugesund na západním pobřeží. Hlavním cílem projektu je snížení dopravního zatížení centra města, zkapacitnění komunikace, zvýšení bezpečnosti dopravy a také zkvalitnění životního prostředí.

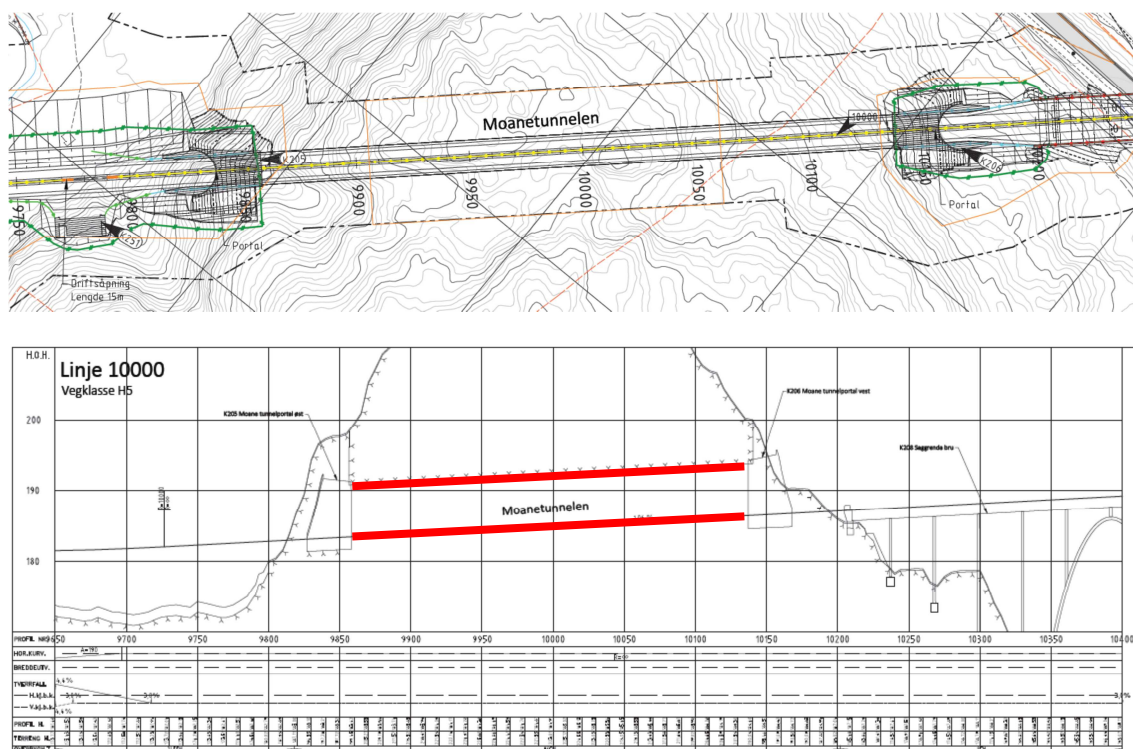
Úsek E30 Trollerudmoen – Saggrenda má délku 4,8 km a nachází se na něm několik mostů a především dva tunely – Moane o délce 341 m a Vollås o délce 495 m. Komunikace v tunelech má 2 jízdní pruhy oddělené středovým svodidlem. Její celková šířka v koruně 14,5 m, jedná se tedy o tunelový profil T 14,5, což je největší standardně ražený profil na norských pozemních komunikacích. Na obr. 2.2 je znázorněna geometrie projektovaného profilu tunelu Moane o ploše 130 m². Tím je ražena většina délky tunelu, pouze v příportálových úsecích se tunelový průřez zvětšuje až na 156 m².



Obr. 2.2: Geometrie projektovaného profilu tunelu Moane [19]

Ražba tunelu Moane probíhá dovrchně od východního portálu s podélným sklonem 1,06 %. Ražená část tunelu začíná na staničení 9855,0 a končí na staničení 10140,0. Dosahuje tedy délky 285,0 m. Směrové vedení tunelu je v celé délce v přímé. Počva tunelu má při ražbě pravostranný příčný sklon 5 %, což zajišťuje její snadné odvodnění do příkopu – tzv. gráblu, který díky podélnému sklonu odvádí vodu ven z tunelu. Oba portály jsou založeny ve skalním zářezu a po betonáži portálové konstrukce budou znovu zakryty. Celá

řada dalších informací o tunelu Moane a jeho ražbě je patrná z tab. 5.1 - 1 až 5.1 - 6: Charakteristiky záběrů v kapitole 5. Situaci a podélný profil tunelu ukazuje obr. 2.3.



Obr. 2.3: Situace a podélný profil tunelu Moane [18]

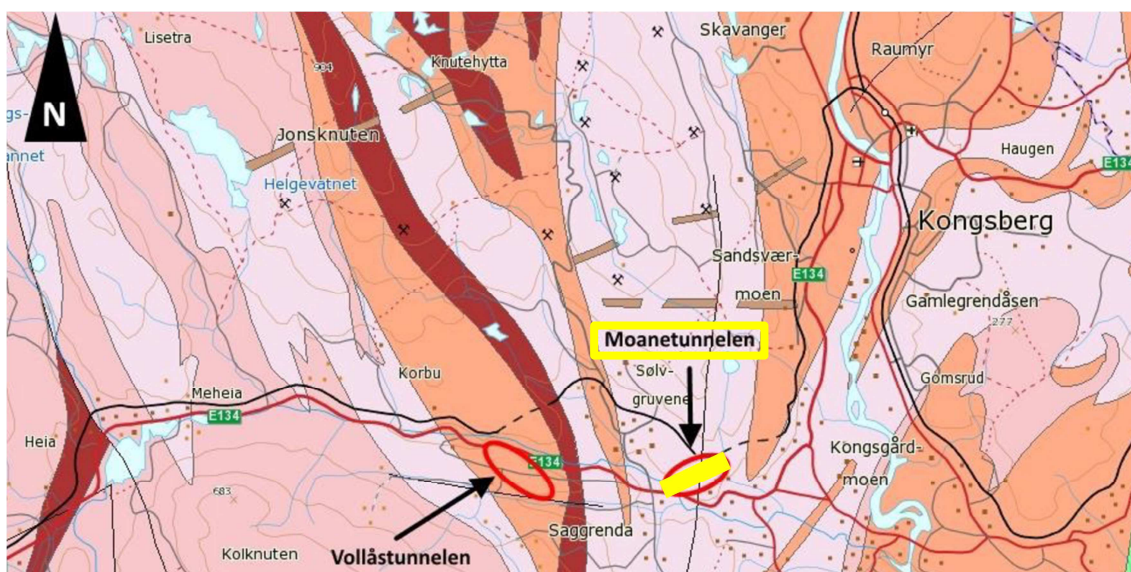
2.2 Geologické poměry

Mocnost skalního nadloží nad východním portálem ve staničení 9855 je cca 7,5 m a portálový zářez dosahuje výšky až 21 m (viz obr. 2.4). Okolní terén v oblasti zářezu je relativně příkrý. Pokrývá ho sypká zemina a nachází se zde také několik velkých kamenných bloků. Maximální mocnost skalního nadloží nad trasou tunelu je cca 33 m a to přibližně ve staničení 9950. Terén nad trasou tunelu je tvořen malými skalními hřbety, mezi nimiž ho pokrývá borovicový les. Západní portál tunelu je situován do staničení 10140. Mocnost skalního nadloží je zde cca 6,5 m a výška portálového zářezu je maximálně 14 m. Terén kolem zářezu má mírně svažitý charakter. Povrch terénu je tvořen rostlou skálou, zcela bez pokrytí zeminou. Nad trasou tunelu nenalezneme žádný vodní tok ani jezero.



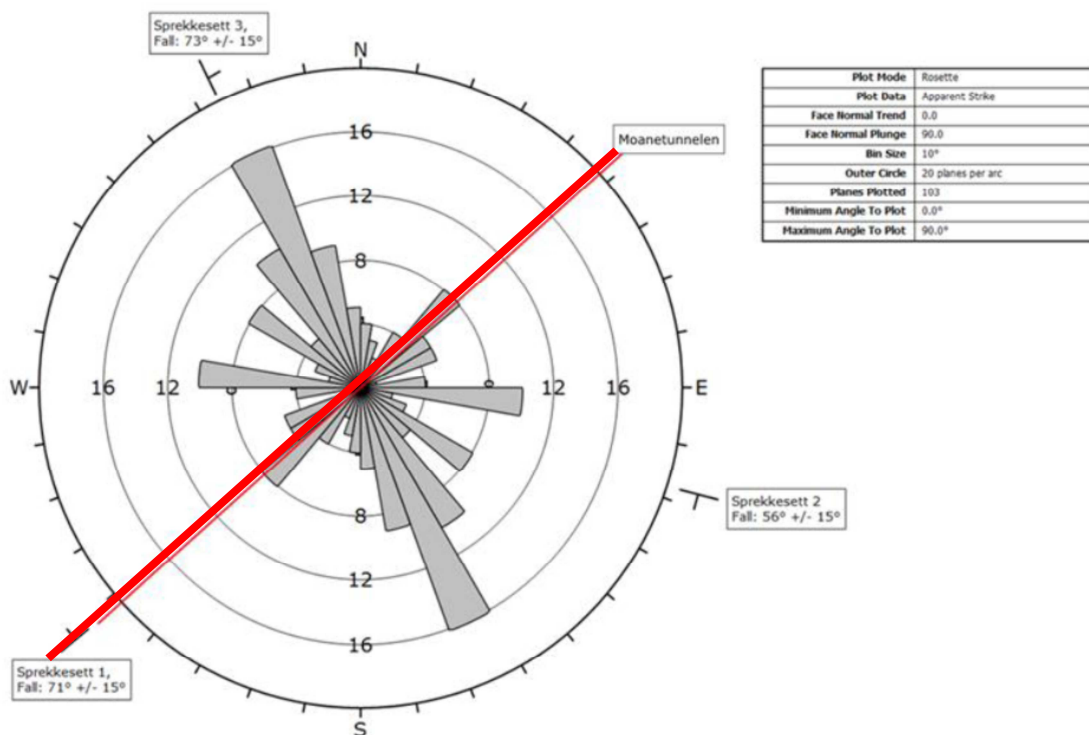
Obr. 2.4: Pohled na východní portál tunelu Moane [23]

Trasa tunelu Moane prochází skalním masivem tvořeným převážně z amfibolické ruly prekambričského stáří (viz obr. 2.5 – světle růžová barva). Hornina má částečně břidlicově štěpné vazebné struktury a ojediněle se v ní vyskytuje síra a měď. V puklinách můžeme nalézt také stříbro.



Obr. 2.5: Geologická mapa okolí tunelu Moane [18]

Z inženýrsko-geologického pohledu je podloží relativně nehomogenní a je oslabeno významnými poruchovými zónami. V masivu jsou dokumentovány tři hlavní sady ploch nespojitosti (viz obr. 2.6). Dominantní sadou ploch nespojitosti je sada 3. Trasa tunelu vede takřka rovnoběžně se sadou 1. Vzdálenost mezi diskontinuitami je 0,3 – 1,5 m.



- Sada ploch nespojitosti 1: Směr: S 228° (±15°) V, sklon: 71° (±15°) SZ
 - Sada ploch nespojitosti 2: Směr: S 107° (±30°) V, sklon: 56° (±15°) JZ
 - Sada ploch nespojitosti 3: Směr: S 336° (±15°) V, sklon: 73° (±15°) SV
- Poznámka: Směr trasy tunelu Moane je znázorněn červenou úsečkou.*

Obr. 2.6: Puklinová růžice tunelu Moane [18]

Podzemní voda v horninovém masivu je pouze puklinová s volnou hladinou. V rámci geotechnického průzkumu byl v celé délce tunelu Moane proveden jádrový odvrt. Výnos jádra cca v polovině délky tunelu je dokumentován na obr. 2.7. Na základě vyhodnocení jádra z průzkumného vrtu a dalších polních zkoušek byl proveden odhad průměrných hodnot všech parametrů potřebných pro výpočet Q indexu: RQD = 80 %; $J_n = 9$; $J_r = 1,5$; $J_a = 2$; $J_w = 1$ a SRF = 2,5. Hodnota samotného Q indexu by se měla pohybovat v intervalu 0,03 – 50 s průměrem cca 8. Zároveň bylo vypracováno předpokládané zastoupení jednotlivých tříd masivu a vystrojovacích tříd v trase tunelu (viz tab. 2.1).



Obr. 2.7: Výnos z jádrového odvrtu cca v polovině délky tunelu Moane [18]

Třída masivu	Vystrojovací třída	Předpoklad zastoupení v trase tunelu [%]	Délka úseku tunelu [m]
A/B – velmi dobrá/dobrá	I	23	66
C – střední	II	35	100
D – špatná	III	23	64
E – velmi špatná	IV	14	41
F – extrémně špatná	V	5	14
G – mimořádně špatná	VI	0	0

Tab. 2.1: Předpoklad zastoupení tříd masivu a vystrojovacích tříd v trase tunelu Moane [18]

2.3 Technologický postup

Po dokončení každého záběru je vždy na základě zastižené geologie a následného zatřídění do vystrojovací třídy operativně určen postup prací. Ten se tedy musí průběžně upravovat v závislosti na konkrétních zastižených podmínkách. Nejčastější technologický postup ražby tunelu Moane je popsán v následujících podkapitolách 2.3.1 – 2.3.7. Seznámení se technologickým postupem je nezbytné pro pochopení analýzy, která je řešena v kapitole 5.

2.3.1 Navigace vrtného vozu

Celý proces jednoho záběru začíná vrtáním pro odpal. Již při najíždění vrtného vozu na čelbu musí být rozhodnuto o případných přístřílkách nutných k úpravě profilu. Mnohdy jsou totiž zásahy dále od čelby a operátor je musí navrtat ještě před ustavením vrtné soupravy do finální pozice, protože pak už by na tato místa nedosáhl. Na čelbě zastaví vrtný vůz zhruba uprostřed profilu. Vzdálenost přední části lafet od samotné čelby by měla být cca jeden metr. Po zaparkování soupravy se přistoupí k její navigaci. Vrtačka má ve svém počítači nahanou trasu tunelu a aby byla schopna určit správný směr vrtání, musíme jí zadat její přesnou polohu. Navigaci můžeme provést dvěma způsoby. Rychlejší a jednodušším způsobem je zaměření geodetických bodů na ostění tunelu pomocí laserového zaměřovače (viz obr. 2.8) umístěného přímo na vrtném voze a napojeného na systém Bever Control. Souřadnice zaměřovaných bodů je možné do tohoto systému předem nahrát z kanceláře přes Wi-Fi síť. Systém je pak schopen sám určit přesnou polohu vrtného vozu, pokud zaměří alespoň dva takto nachystané body osazené zrcátky.



Obr. 2.8: Laserový zaměřovač – tzv. profiler používaný pro navigaci [23]

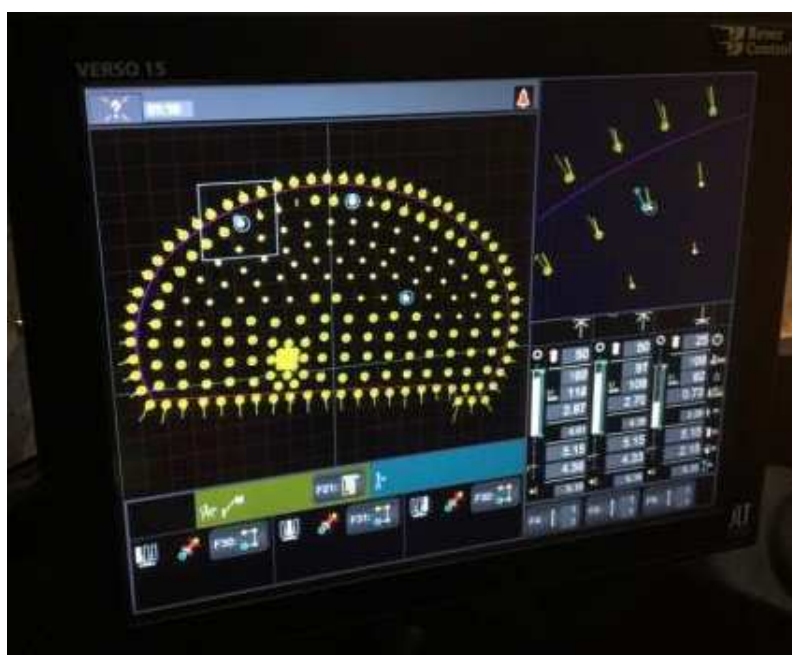
Druhá varianta navigace vrtného vozu (viz obr. 2.9) spočívá v zaměření přesné pozice jedné z lafet pomocí totální stanice. Nejprve se lafeta opře o čelbu a nasadí se na ni dva terče. Poté geodet pomocí totální stanice určí jejich souřadnice a nahraje je do kontrolního systému Bever. Systém už opět sám jednoznačně vyhodnotí přesnou polohu vrtné soupravy. Tento postup je pracnější a vyžaduje přítomnost geodeta. Na druhou stranu jej lze využít vždy.

První způsob navigace bývá někdy problematický, protože připravené zaměřovací body jsou příliš daleko do čelby, případně došlo k jejich poškození vlivem odpalu či nárazem mechanizace při odtěžování rubaniny.



Obr. 2.9: Navigace vrtného vozu pomocí totální stanice [23]

Po znavigování vrtného vozu musí vrtač na dotykové obrazovce v kabině (viz obr. 2.10) zvolit vrtné schéma a nastavit některé další parametry vrtání jako např. délku vrtů, průměr vrtných korunek či tlaky rotace, příklepu a přítlaču. V případě potřeby srovnání čelby může také nastavit referenční rovinu vrtání (viz dále). Nahrávání vrtného schématu do systému Bever Control se provádí stejně jako u navigačních bodů přes Wi-Fi síť, případně z flash disku přímo v kabině vrtné soupravy.



Obr. 2.10: Obrazovka operátora vrtného vozu [23]

2.3.2 Vrtání pro odpal

Na tunelu Moane je na veškeré vrtání včetně vrtů pro kotvení a průzkumných vrtů používán vrtný vůz AMV 21SGB-CC (viz obr. 2.11). Pro příjezd na čelbu využívá stroj diesellový pohon. Po ustavení na čelbě je kabelem připojen do elektrické sítě, ve které je napětí 1000 V. Vrtná souprava od norského výrobce AMV má 4 ramena, na třech z nich jsou osazeny lafety a na čtvrtém koš využívány při ručním začištění čelby, kotvení, nabíjení čelby a provádění průzkumných vrtů. Celkový výkon soupravy je 482 kW, výkon hydraulických vrtacích kladiv pak 3 x 110 kW. Svou délkou nám lafety umožňují při použití jedné vrtné tyče vytvářet vrty o maximální délce 5,25 m. Z jedné polohy vrtného vozu dokážou lafety obsáhnout čelbu až o ploše 190 m².



Obr. 2.11: Vrtný vůz AMV 21SGB-CC [23]

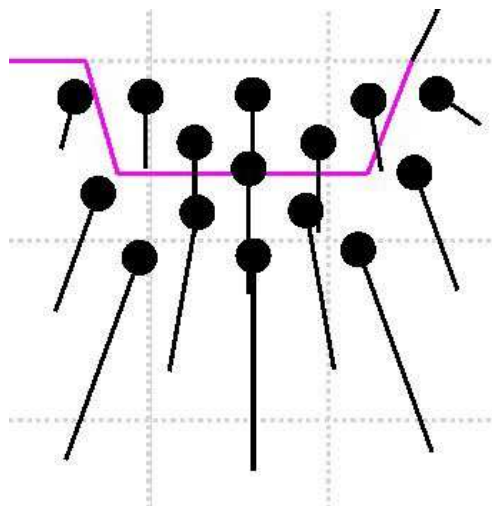
Celý proces vrtání (viz obr. 2.12) včetně jeho automatizace řídí již zmiňovaný software Bever Control. Zároveň provádí záznam veškerých dat o vrtání metodou MWD – Measurement While Drilling a umí tyto údaje online přenášet přes Wi-Fi síť. Operátor má k dispozici dvě obrazovky, kde může sledovat mnoho informací o průběhu vrtání – např. rychlost penetrace [m/min], dosaženou hloubku vrtu [m], rychlost rotace vrtné tyče [rpm], přítlak kladiva [bar], množství vody pro výplach [l/min] či tlak vody pro výplach [bar].

Rameno s lafetou navede do požadované polohy pomocí dvou joysticků. Pro stanovení co nejpřesnější polohy vrtu se mu na displeji zobrazuje automatické přibližovací okno příslušné části čelby. Na určení směru vrtu je používáno vektorové zobrazení míry vychýlení vrtu od přímky rovnoběžné s osou ražby. Díky automatizaci vrtání operátor ve většině případů pouze opře lafetu o čelbu ve správné pozici a zahájí vrtání. Ihned poté se může plně věnovat navigování další lafety. Po dokončení vrtu je totiž vrtná tyč automaticky vytažena a lafeta je připravena pro další vrt. Velmi důležitým úkolem vrtaře je dopředu si rozvrhnout, kdy a které vrtu bude kterou lafetou vrtat, aby si lafety navzájem nepřekážely a zároveň aby byly všechny využity až do konce vrtání. Zkušený operátor zvládne sám navigovat všechny tři lafety a současně sledovat údaje o průběhu vrtání, jelikož pouze výjimečně je dosahováno rychlosti vrtání přes 3 m/min. V reálném provozu však často dochází ke ztrátě výplachu vlivem rozpukanosti masivu. Tuto skutečnost systém vyhodnotí ztrátou tlaku vody pro výplach a přeruší vrtání. Vrtař je pak nucen dokončit vrtání manuálním ovládním lafety.



Obr. 2.12: Vrtání čelby vrtným vozem AMV 21SGB-CC [23]

Při ražbě je třeba myslet i na budoucí odvodnění tunelu. Proto má počva v celé trase tunelu pravostranný příčný sklon 5 %. Veškerá voda je z ní odváděna do podélného příkopu – tzv. gráblu. Každých cca 80 m je v odvodňovacím příkopu navržena šachta. To s sebou přináší potřebu nepatrně upravit vrtné schéma. Zpravidla postačuje přidat několik vrtů s výrazně větším úklonem pod počvu (viz obr. 2.13).

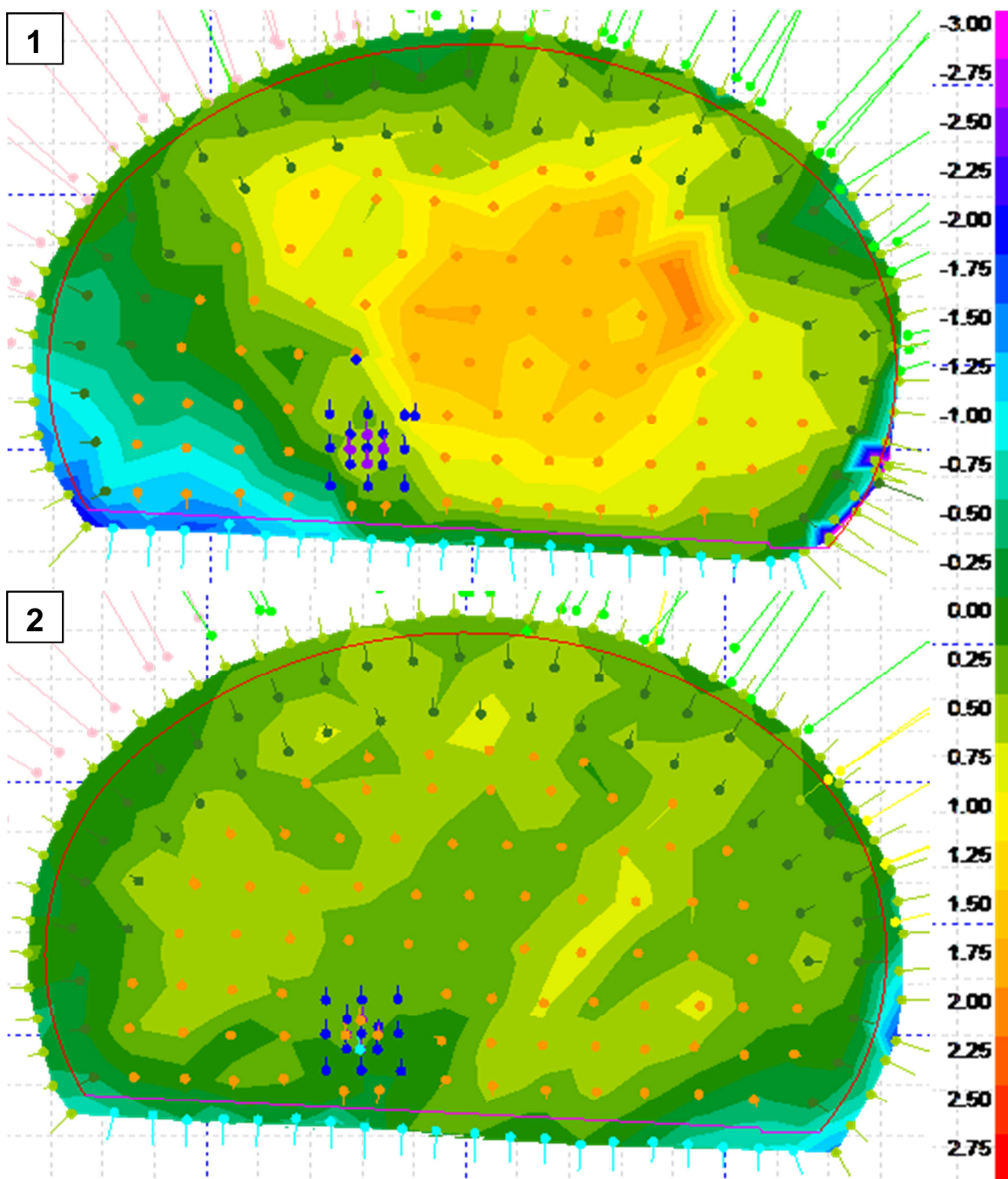


Obr. 2.13: Vrtné schéma odvodňovací šachty [19]

Odvodňovací příkop je případě tunelu Moane možné využít už v průběhu ražby, jelikož se tunel v celé své délce razí dovrchně. Veškerá voda použitá pro výplach při vrtání, voda z chladicího systému vrtného vozu i přítoky z masivu jsou grábem odvedeny do jímky u portálu. Zde se voda pomocí hydrocyklónu zbaví hrubších nečistot a následně je přečerpávána do systému sedimentačních van s nornými stěnami a lapolu ropných látek. Voda z tunelu je kontaminována chemikáliemi používanými v trhavinách a ve stříkaném betonu a také možnými úniky provozních kapalin za strojů. Celý systém čištění odpadních vod je uzavřený, tzn. že všechna voda se recykluje. Po úpravě jde znovu do tunelu a je použita při vrtání.

Před zahájením každého vrtání se musí operátor rozhodnout, zda nebude vrtat na tzv. referenční rovinu. Jedná se o pomyslnou rovinu v určité vzdálenosti před čelbou, ve které budou končit všechny vrty při následném vrtání. To znamená, že na plnou délku 5,25 m se bude vrtat pouze v těch částech čelby, které jsou aktuálně nejvíce pozadu. Všechny ostatní vrty už budou kratší o příslušný rozdíl daný tvarem čelby. Referenční rovinu tedy využíváme v případě, kdy už je čelba příliš deformovaná a je třeba ji vyrovnat z důvodu

usnadnění dalších prací (viz obr. 2.14). Rozdíl ve staničeních jednotlivých částí čelby může být i několik metrů. Ukázka geometrie vrtů při nastavení vrtání na referenční rovinu je znázorněna na obr. 2.15. Mnohdy je rozhodování o vrtání na referenční rovinu velké dilema. Při její aplikaci se totiž „okrádáme“ o metry, jelikož nevyužíváme plnou délku vrtných tyčí a takto vrtané záběry jsou tedy kratší. Více se o tématu vhodnosti použití tohoto způsobu vrtání pro odpal pojednává v kapitole 5.

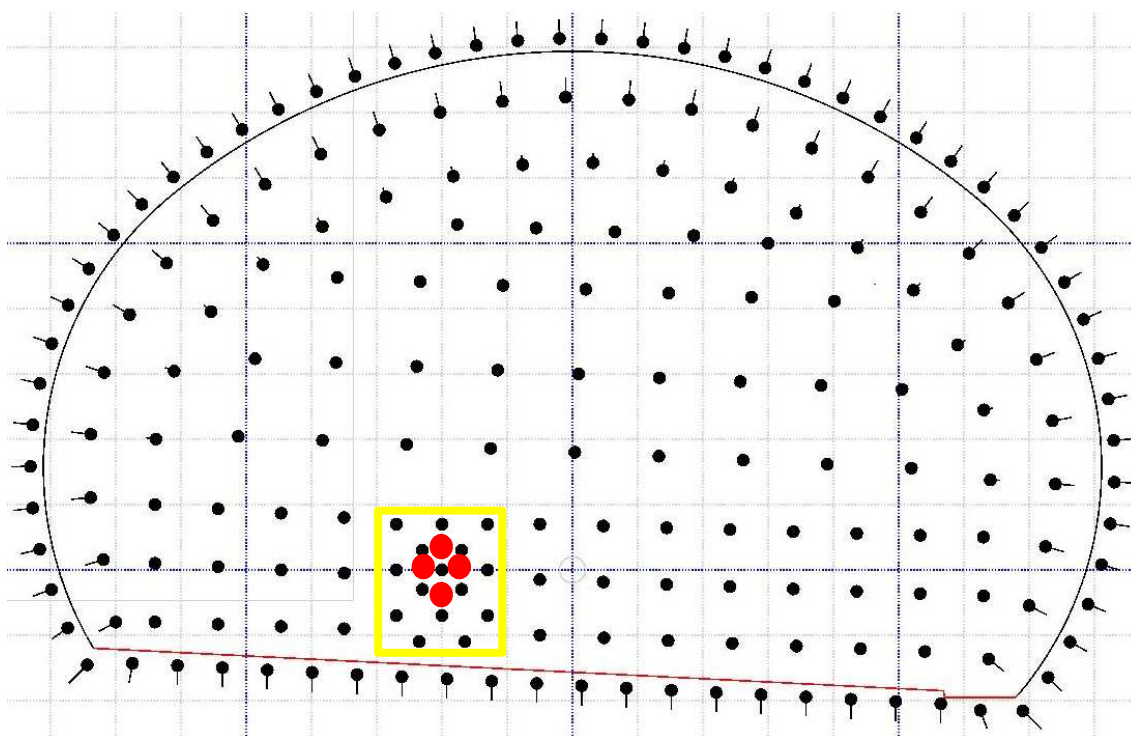


Obr. 2.14: 1 – Tvar čelby vhodný pro vrtání na referenční rovinu, 2 – Tvar čelby po vrtání na referenční rovinu [19]



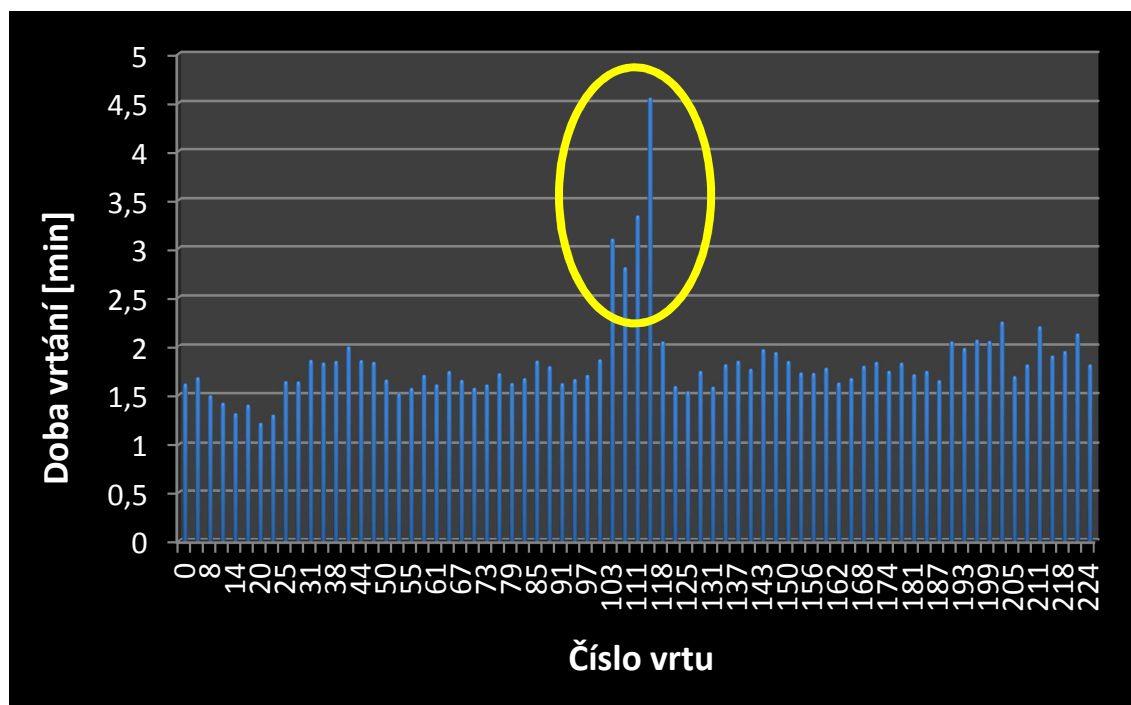
Obr. 2.15: Geometrie vrtů při vrtání na referenční rovinu [19]

Postup vrtání je vždy odspodu nahoru. Začíná se tedy vrtáním počvových vrtů – tzv. spodků neboli zolovek. Je to z toho důvodu, že při vrtání často odpadávají z čelby kusy horniny, tudíž se později během vrtání lafeta u dna k čelbě ani nedostane. Zároveň se do počvových vrtů ihned po navrtání vkládají polyethylenové trubky, které vrt chrání před zasypáním již zmíněnými drobnými úlomky z čelby a současně tím umožňují následnou snadnou aplikaci trhaviny.



Obr. 2.16: Vrtné schéma č. VI používané pro většinu vrtání pro odpal na tunelu Moane – zálom vlevo, 194 produkčních + 4 odlehčovací vrty [19]

Následující fáze vrtání je ta vůbec nejdůležitější a je třeba ji věnovat zvláštní pozornost. Na řadu totiž přichází vrtání zálomu (viz obr. 2.16 – uvnitř žlutého ohraničení). Čtyři vrty v zálomu jsou odlehčovací (na obr. 2.16 označeny červeně). Po předvrtání korunkou \varnothing 48 mm se rozšiřují korunkou \varnothing 102 mm, případně 127 mm. Pro dosažení co největší přesnosti geometrie zálomových vrtů se všechny vrtají stejnou lafetou – v případě tunelu Moane prostřední lafetou č. 2. Zálom je možné umístit do středu čelby, ale samozřejmě není problém ho kamkoliv posunout. O jeho pozici bychom se měli rozhodovat na základě zastižené geologie a nesituovat ho do míst poruchových zón. Pro operátora vrtacího vozu je nejvýhodnější umístění mírně na levé straně, protože tak si může rameno s prostřední lafetou natočit do polohy, které mu nijak nezabraňuje ve výhledu na čelbu. Na následujícím obr. 2.17 je ukázán záznam z vrtání lafetou č. 2 pro odpal č. 20. Jedná se o záznam ze systému Bever Control prostřednictvím technologie MWD – Measurement While Drilling. Dokumentuje dobu vrtání jednotlivých vrtů, která je cca 1,5 – 2 min. Tedy kromě odlehčovacích vrtů (na obr. 2.17 označeny žlutě), kdy vrtání trvá cca 3 – 4,5 min. Dobou vrtání se myslí pouze čas, kdy se opravdu vrtá. Nezahrnuje dobu přesunu lafety na závrtné místo ani dobu vyjždění vrtné tyče z dokončeného vrtu.



Obr. 2.17: Doba vrtání jednotlivých vrtů pro odpal č. 20 pomocí lafety č. 2 [19]

Na rychlost vrtání má kromě geologie a nastavených tlaků rotace, příklepu a přítlaku vliv také použité vrtné náradí, konkrétně vrtné korunky. V závislosti na tvrdosti horninového masivu se každých cca 15 – 40 vrtů musí vyměnit, protože jejich bity jsou už značně opotřebené. Po první výměně je možné bity nabrousit a korunku ještě jednou použít na cca 10 – 20 vrtů. Na obr. 2.18 je ukázka nové vrtné korunky s balistickými bity v porovnání se silně opotřebenou korunkou. Je třeba zmínit také fakt, že nemalý rozdíl je také v kvalitě korunek od různých výrobců. Více se o tomto tématu dozvíme v kapitole 5.



Obr. 2.18: Srovnání silně opotřebené a nové vrtné korunky [23]

Vrtné náradí má omezenou životnost a stejně jako korunky se musí měnit i vrtné tyče, spojníky a adaptéry. Samozřejmě zdaleka ne tak často, ale občas vlivem silného opotřebení prasknou. Vrtnou tyč je vhodné vyměnit i pokud je jen mírně ohnutá, jinak se díky její rotaci zbytečně více opotřebovává uložení lafet.

2.3.3 Nabíjení čelby

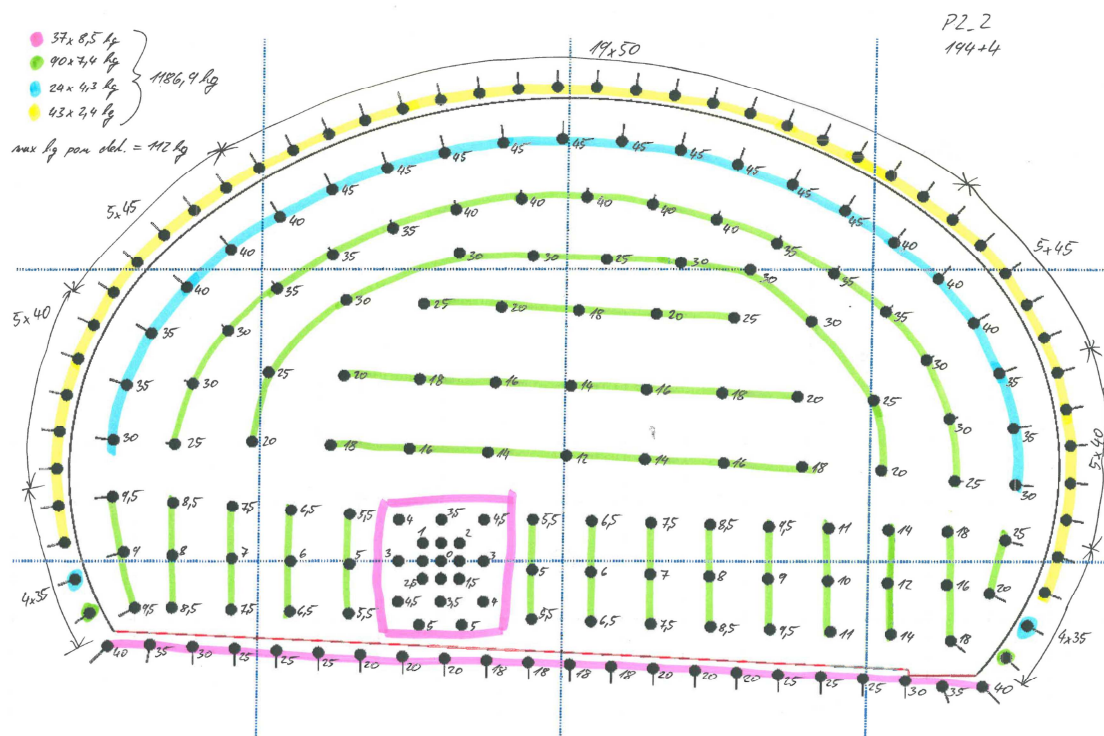
Při ražbě metodou drill and blast je obecně zvykem začít nabíjení čelby už během vrtání pro odpal. Představuje to však určité riziko možného předčasného odpálení některých nabitých vrtů již při samotném vrtání. Proto je to norskou legislativou zcela vyloučené a nabíjení tak začíná až po úplném dokončení posledního vrtu. K nabíjení se používají pevné i emulzní trhavy. Pevné trhavy dávají větší detonační energii pro rozpojení masivu a používají se do přístřilek při úpravě profilu a při zkrácených záběrech. Někdy je výhodné je

aplikovat také v zálomu. V naprosté většině případů se ovšem používá emulzní trhavina. Před dokončením vrtání pro odpal se na čelbu dopraví v tzv. SSE (Site Sensited Emulsion) jednotce Red Devil (viz obr. 2.19). Jednotka je osazena na nákladním automobilu odstaveném mimo dobu nabíjení ve vytápěném stanu z důvodu udržení optimální teploty emulze. Po příjezdu na čelbu se připojí do elektrické sítě, napojí se na řád technologické vody a připraví se hadice pro čerpání trhaviny do vrtů. Podrobněji o emulzní trhavině i SSE jednotce pojednává kapitola 3.



Obr. 2.19: SSE jednotka Red Devil [23]

Před zahájením vlastního nabíjení je nutné si podle plánu nabíjení (viz obr. 2.20) připravit rozbušky. Ty jsou společně s pevnými trhavinami uloženy v zabezpečeném skladu trhavin na okraji staveniště. Zpravidla je chystá střelmistr během vrtání pro odpal. Pro urychlení procesu nabíjení a přehlednost si je předem rozděluje do skupin podle jejich rozmístění na čelbě – např. skupina rozbušek do zálomu, rozbušky pro počvové vrty, do obrysu atd. Současně musí dbát na dodržení časování rozbušek dle nabíjecího plánu. Převoz rozbušek trhavin musí provádět oprávněná osoba ve speciálně označeném vozidle. Po příjezdu na čelbu se na všechny neelektrické rozbušky nasunou počiny neboli primery, boostery. Jejich smysl je v zesílení iniciační energie při detonaci emulze.



Obr. 2.20: Plán nabíjení čelby č. VI používaný pro většinu odpalů na tunelu Moane [19]

Z hlediska nabíjení je čelba rozdělena na dvě pomyslné části. Dolní část po úroveň čtvrté horizontální řady vrtů se nabíjí z počvy, pouze za použití krátkého žebříku. Při nabíjení horní části čelby se ovšem využívá koš na vrtném voze. Horní část čelby se kvůli své výšce nabíjí z koše vrtacího vozu. Na úvod se připravené rozbušky s počiny se rozmístí do příslušných vrtů (viz obr. 2.21).



Obr. 2.21: Rozbušky s počiny rozmístěné v příslušných vrtech [23]

Nachystaná rozbuška s počinem se vloží do nabíjecí hadice a pomocí ní se vsune až na dno vrtu (viz obr. 2.22). Poté se dálkovým ovladačem spustí plnění trhavinou. Rozbuška díky tlaku emulze zůstane na dně vrtu a hadice je za současného čerpání emulzní trhavinou plynule vytahována z vrtu. K nabíjení se používají souběžně dvě plnicí linie, jedna pro nabíjení z počvy a druhá pro nabíjení z koše vrtného vozu. Po aplikaci trhavinou do všech produkčních vrtů se provádí spojení jednotlivých detonačních trubiček vedoucích k rozbuškám. Trubičky se spojují do svazků – tzv. bunchů po maximálně 20 kusech (viz obr. 2.23). Ke každému svazku se poté připojí bleskovice. Ta se buď omotá okolo svazku, nebo se k propojení používají speciální konektory. V každém případě musí být zaručen přenos roznětu z bleskovice do všech detonačních trubiček. Nakonec se vzájemně sváží samotné bleskovice, ke svazku bleskovic se připojí elektrická rozbuška a na řadu přichází odpal.



Obr. 2.22: Nabíjení čelby emulzní trhavinou [23]



Obr. 2.23: Svazky detonačních trubiček z rozbušek spojené bleskovicí [23]

2.3.4 Odpal

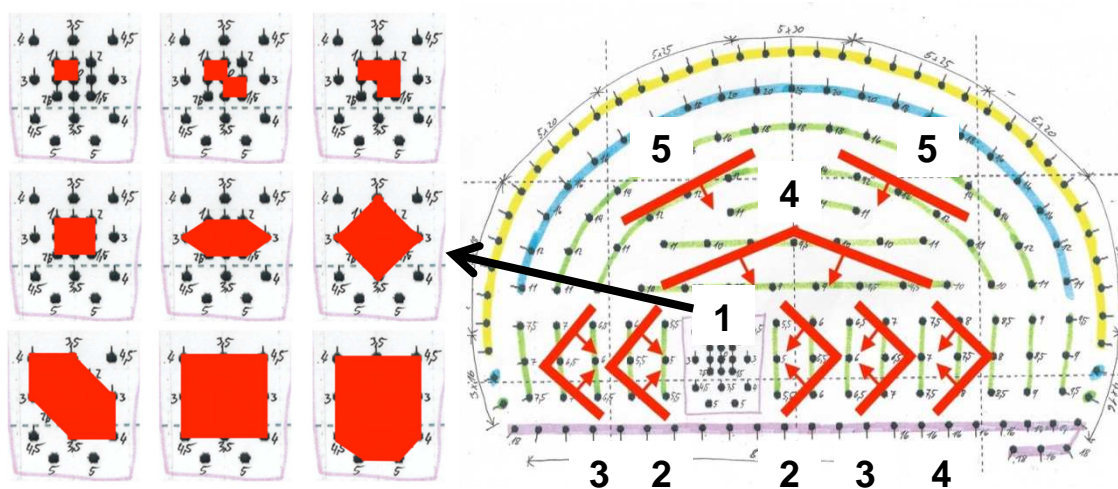
Po svázání bleskovic a připojení elektrické rozbušky zkontroluje střelmistr zapojení celé roznětné sítě včetně dvojlinky přívodních elektrických vodičů. Musí přeměřit jejich odpor pomocí ohmmetru. Pokud je vše v pořádku, opouští čelbu a to vždy jako poslední. Z bezpečné vzdálenosti pak provádí odpal. Spustí sirénu a otáčením klíčky pomocí induktoru nabije kondenzátor v roznětnici (viz obr. 2.24). Současným stisknutím dvou tlačítek dá impuls k elektrickému roznětu. Ten iniciuje elektrickou rozbušku na konci dvojlinky a detonace dále pokračuje roznětem sítě neelektrických rozbušek dle jejich časování.

U odpalů poblíž portálu tunelu je střelmistr povinen rozmístit hlídky pro kontrolu vyklizení bezpečnostního prostoru. S hlídkami komunikuje pomocí vysílačky. Kvůli lepší vzájemné koordinaci prací se odpal zpravidla alespoň dvě hodiny předem nahlašuje všem ostatním účastníkům stavby. Pokud je v blízkosti tunelu zástavba, tak se odpal z důvodu bezpečnosti hlásí také majitelům těchto budov. Mnohdy je totiž nutné zajistit jejich vyklizení a všechny obyvatele evakuovat do dostatečné vzdálenosti.



Obr. 2.24: Roznětnice Beethoven MK 22/2 s připojenou dvojlínkou elektrických vodičů [23]

Vhodné načasování rozbušek je jedním ze základních předpokladů úspěšného odpalu. Postupnou detonací dochází k postupnému rozvoji volných ploch a tím k postupnému snižování upnutí horniny, která se tak snadněji štěpí. Na následujícím obr. 2.25 je znázorněn postup detonace v čelbě. Nejprve je postupně odpálen zálom, přičemž nulové zpoždění má jeho středový vrt. Po něm se postupně dle časování rozbušek odpalují vrty přibírkové (označené zeleně), dále přicházejí na řadu podobrysovové vrty (označené modře) a celý odpal je zakončen detonací obrysových vrtů (označených žlutě).



Obr. 2.25: Postup detonace v čelbě

Při prvních odpalech tunelu v blízkosti portálu se provádí zakrytí čelby nebo alespoň zálomu gumovými matracemi ze starých pneumatik svázaných ocelovými lany (viz obr. 2.26). Díky nim se výrazně sníží rozlet rubaniny a zabrání se tak případnému poškození ventilátoru, potrubí, elektrických kabelů či jiných objektů na staveništi. Po postupu ražby hlouběji do masivu se matrace nahradí sítí, a když se čelba dostane do dostatečné vzdálenosti od portálu, přestanou se bezpečnostní opatření bránící rozletu používat.



Obr. 2.26: Čelba zakrytá gumovými matracemi po provedení odpalu [23]

2.3.5 Odtěžování rubaniny

Ihned po odpalu se zapne ventilátor a zahájí se větrání nebezpečných zplodin ven z tunelu. K tomu na tunelu Moane slouží ventilátorová stanice Cogemacoustic, která je napojená na flexibilní lutny o průměru 1800 mm (viz obr. 2.27). Po několika minutách se změní koncentrace oxidu uhelnatého (CO) a oxidů dusíku (NO a NO₂) a jsou-li jejich hodnoty pod povolenými limity 0,003 % u oxidu uhelnatého a 0,00076 % u oxidů dusíku, může střeľmistr provést kontrolu odpalu na čelbě. Pokud byl odpal úspěšný a nejsou nalezeny nevybuchlé rozbušky či zbytky trhavin – tzv. selhávky, vjíždí do tunelu mechanizace na odtěžování rubaniny.



Obr. 2.27: Ventilátorová stanice Cogemacoustic před portálem tunelu [23]

Nakládání rubaniny se provádí kolovým nakladačem Volvo L350F (viz obr. 2.28) se lžící s bočním výsypem, bez něhož si nakládání rubaniny do dumperů ve stísněném prostoru u čelby nelze vůbec představit. Na rychlost nakládky má kromě šikvosti a zkušeností strojníka zásadní vliv také velikost kusů rubaniny v rozvalu. Velké a těžké bloky odtěžbu zdržují. K odvozu rubaniny na deponii před portálem se starají zpravidla tři dumpery Komatsu HD325 (viz obr. 2.29), případně je jeden z nich nahrazen dumperem Volvo A25D. Po každém úspěšném odpalu je třeba vytěžit cca 650 – 700 m³ horniny.



Obr. 2.28: Kolový nakladač Volvo L350F se lžící s bočním výsypem [23]



Obr. 2.29: Nakládání rubaniny do dumperu Komatsu HD325 [23]

2.3.6 Začištění výrubu

Ještě před dokončením odtěžování rubaniny najede na čelbu bagr CAT 323D a pomocí hydraulického kladiva – impaktoru shazuje všechny uvolněné kusy horniny z výrubu (viz obr. 2.30). Proces tzv. pikování je velice náročný na vzájemnou koordinaci práce bagru, nakladače a dumperů, jelikož se všechny tyto stroje současně pohybují v prostoru čelby. Kromě uvolněných skalních bloků se strojník v bagru snaží odstranit i případné jasně viditelné zásahy do profilu a také se pokouší co nejvíce vyrovnat plochu čelby. Vždy postupuje od stropu směrem k počvě a od předešlého záběru k čelbě. Na závěr vymění kladivo za lžici a začistí počvu a odvodňovací příkop. Po dokončení mechanického začištění se provede kontrola geometrie profilu pomocí 3D skeneru. Více o tomto tématu pojednává kapitola 4.

Po naskenování výrubu najíždí na čelbu vrtný vůz, z jehož koše pak pracovníci provádějí ruční začištění výrubu – tzv. hand scaling (viz obr. 2.31). Pomocí obtrhávací tyče odstraní z výrubu i malé úlomky horniny. Současně se během hand scalingu vyhodnotí výsledky skenování výrubu a rozhodne se o dalším postupu prací. V ideálním případě, je-li profil bez zásahů, přistoupí se k zajištění výrubu stříkaným betonem. Pokud ovšem nalezneme podprofily, musíme je odstranit. Malé zásahy zpravidla opikujeme bagrem pomocí impaktoru, větší podprofily však většinou musíme přistřelit.



Obr. 2.30: Mechanické začištění čelby pomocí bagru CAT 323D [23]



Obr. 2.31: Ruční začištění výrubu pomocí obtrhávací tyče [23]

Celá operace začištění výrubu se dokončí omytím tlakovou vodou pomocí stroje Meyco Potenza (viz obr. 2.32). Z výrubu se tím odstraní i ty nejmenší úlomky horniny.



Obr. 2.32: Omytí výrubu tlakovou vodou pomocí stroje Meyco Potenza [23]

2.3.7 Zajištění výrubu

O způsobu zajištění výrubu se rozhoduje během ručního začištění. V tu dobu je výrub dobře osvětlen díky vrtnému vozu. Na čelbu přichází geolog investora stavby a provádí zatřídění výrubu do vystrojovací třídy. Na základě mapování čelby vypočte hodnotu Q indexu a rozhodne o typu a tloušťce stříkaného betonu a o délce a rastru svorníků (viz tab. 2.2). V případě nepříznivých geologických podmínek může navrhnout jehlování či žebra z betonových vyztužených oblouků.

V závislosti na vystrojovací třídě se používají dva typy stříkaného drátkobetonu – B35 E700 a B35 E1000. Označení B35 udává pevnost v tlaku. Ve srovnání s Eurokódem odpovídá třídě C30/37. Označení E700 a E1000 představuje energetickou houževnatost, čili jakou energii je schopen beton absorbovat bez vzniku trhlin. Pro typ betonu E700 je to 700 J, pro E1000 pak 1000 J. Houževnatost se navyšuje přidáváním ocelových drátků do betonové směsi. U typu E700 se přimíchává 25 kg drátků na m^3 směsi, u E1000 je to pak 33 kg/m^3 . Tloušťka vrstvy stříkaného betonu se pohybuje v rozmezí 80 – 250 mm. Na tunelu Moane je obvyklá spotřeba betonu pro zastříkání celé plochy výrubu v záběru dlouhém 5 m cca 20 m^3 . Pak se ovšem provádějí

opravy, případně se budují oblouky, musí se zajistit portálová stěna, v některých místech se stříká vyrovnávací vrstva pro izolaci a pokud vše sečteme, vychází průměrná spotřeba betonu na jeden záběr cca 30 m³.

Třída masivu	Q index	Vystrojovací třída	Zajištění výrubu
A/B	100 – 10	I	Stříkaný beton B35 E700 – tl. 80 mm Nahodilé kotvení
C	10 – 4	II	Stříkaný beton B35 E700 – tl. 80 mm Systematické kotvení – rastr 2,0 x 2,0 m
D	4 – 1	III	Stříkaný beton B35 E1000 – tl. 100 mm Systematické kotvení – rastr 1,5 x 1,5 m
E	1 – 0,1	IV	Stříkaný beton B35 E1000 – tl. 150 mm Systematické kotvení – rastr 1,5 x 1,5 m Jehlování (je-li $Q < 0,2$), \varnothing 25 mm, max. vzdálenost jehel 300 mm Vyztužené oblouky ze stříkaného betonu (je-li $Q < 0,2$), výztuž \varnothing 20 mm, oblouky systematicky zakotveny svorníky délky 3 – 4 m v rastru 1,5 x 1,5 m Zvážení betonáže dna
F	0,1 – 0,01	V	Stříkaný beton B35 E1000 – tl. 150 – 250 mm Systematické kotvení – rastr 1,5 x 1,5 m Jehlování, \varnothing 32 mm, vzdálenost jehel 200 – 300 mm Vyztužené oblouky ze stříkaného betonu, výztuž \varnothing 20 mm, oblouky systematicky zakotveny svorníky délky 3 – 5 m v rastru 1,0 x 1,0 m Dno z vyztuženého betonu, vzepětí klenby min. 10 % šířky tunelu
G	< 0,01	VI	Speciální dimenzování

Tab. 2.2: Zajištění výrubu v závislosti na vystrojovací třídě [18]

Před zahájením vlastního nanášení betonu je výrub omyt tlakovou vodou, což kromě dočištění zároveň zajistí dostatečné přilnutí betonu k horninovému masiv a tím i minimalizaci množství spadu. Na čelbu je v autodomíchávačích – tzv. mixech (viz obr. 2.33) dovážena mokrá betonová směs dané receptury. Vlastní nástřik směsi na líc výrubu se provádí strojem Meyco Potenza, stejně jako omytí výrubu tlakovou vodou. Stříkač pomocí dálkově ovládaného ramena s tryskou nanáší rovnoměrnou vrstvu betonu po celé ploše výrubu (viz obr. 2.34). Dodržení předepsané tloušťky betonu závisí zejména na jeho zkušenostech. Tloušťka betonového ostění se později kontroluje odvrtvy a také 3D skenováním (viz kapitola 4). Do betonové směsi se těsně před nástřikem přidává urychlovač tuhnutí. Pevnost betonu díky němu narůstá výrazně rychleji, i když konečná pevnost se jeho přimícháním nepatrně sníží. Obvyklé množství urychlovače je u stříkaného betonu cca 8 – 10 % hmotnosti cementu. Za jednu hodinu je operátor schopen provést nástřik cca 15 m³ betonové směsi.

Kvalita betonové směsi se pravidelně ověřuje zkouškami. Vyrábějí se krychle pro zkoušení pevnosti v tlaku, desky pro ověřování energetické houževnatosti a také se kontroluje se množství drátků ve směsi. Při příjezdu každého mixu se měří teplota betonu, která v době vykládky musí být alespoň 15 °C. Teplota skalního podkladu při nástřiku nesmí v žádném případě klesnout pod 2 °C. Doba zpracovatelnosti betonové směsi je cca 180 minut.



Obr. 2.33: Autodomíchávač a Meyco Potenza při nástřiku betonu [23]



Obr. 2.34: Nástřik betonu pomocí dálkově ovládaného ramena s tryskou [23]

Po nástřiku betonu přichází na řadu další fáze zajištění výrubu. Tou je osazení svorníků. Vrty pro svorníky se většinou vrtají současně s vrty pro odpal. Díky tomu se vrtná souprava naviguje pouze jednou v každém záběru. Je vhodné nejprve nějakou dobu vrtat pro odpal a pak teprve přejít k vrtům pro svorníky. Beton tak má čas trochu zatvrdnout a nevrta se do čerstvě nanesené směsi. Zároveň je to výhodné i z důvodu bezpečnosti. Když jdou raziči osazovat svorníky, beton už má větší pevnost a riziko odlomení kusu betonu z výrubu je tak výrazně nižší.

Základním typem svorníků používaným na tunelu Moane jsou svorníky Pretec NC M20 s únosností 124 kN/kus (viz obr. 2.35). Postup kotvení je následující. Nejprve se sprejem na líc výrubu naznačí rastr svorníků. Podle rastru se pak vyvrtají otvory, do nichž se svorníky osadí. Vrty jsou vůči výrubu orientovány radiálně (viz obr. 2.36). Po osazení se svorníky ve vrtu mechanicky upnou. Otočením dřívku svorníku se posune kužel v jeho patě a dojde k roztažení ozubené objímky ke stěnám vrtu. Takto aktivovaný svorník se dotáhne pneumatickým utahovákem. Následně se provede injektáž

cementovou směsí skrz otvor v hlavě svorníku. Směs se připravuje přímo na čelbě a do vrtů se injektuje pomocí stroje Putzmeister. Dříčky svorníků jsou opatřeny plastovým obalem, díky němuž by se směs měla vždy dostat až k patě svorníků. Svorník je plně zainjektován ve chvíli, kdy začne injektážní směs unikat okolo podložky.



Obr. 2.35: Kombi svorník Pretec NC M20 [19]



Obr. 2.36: Vrtání otvorů pro svorníky [23]

Pokud je masiv oslabený puklinami, dochází často k ucpávání otvorů pro osazení svorníků drobnými úlomky horniny. Vsunout svorník do vrtu pak představuje velký problém. Buď se musí provést převrtání otvoru, nebo se udělá nový vrt v těsné blízkosti toho původního. Výhodné je však v těchto geologických podmínkách použít IBO svorníky. Na jeden konec dříku se našroubuje vrtná korunka. Druhý konec se pak napojí na adaptér vrtacího kladiva a celý svorník se místo vrtné tyče zavrtá do masivu. Jedná se tedy o tzv. samozávrtný svorník. Injektáž svorníku se provede podélným otvorem v ose dříku, který při vrtání sloužil k výplachu vrtné moučky.

Osazením svorníků je dokončeno zajištění výrubu a zároveň končí cyklus jednoho záběru. Tedy pokud není zvolen složitější postup zajištění výrubu, např. budováním vyztužených oblouků ze stříkaného betonu či prováděním deštníku z jehel. Práce opět pokračují vrtáním pro odpal.

3 EMULZNÍ TRHAVINA

Od počátku 21. století nastává proces zásadní modernizace v oblasti používání trhavin. Vývoj postupně směřuje k téměř úplnému odklonu od plastických (želatinových) trhavin – dynamitů a přechází se na vícesložkové tekuté čerpatelné – emulzní trhaviny.

3.1 Výhody a princip použití

Emulzní trhaviny nebo také tzv. slurry trhaviny jsou trhaviny na bázi organických roztoků jako např. dusičnanu amonného a zcitlivujících přísad. Můžeme je rozdělit na dva základní typy.

První typ tvoří náložkované emulzní trhaviny. U nich jsou všechny složky smíchané už ve výrobě. Jejich účinnost je podobná jako u trhavin typu dynamitů, ovšem mají výhodu ve vyšší odolnosti proti vodě. Hlavní benefit, který nám ovšem přináší aplikace emulzních trhavin, nám nabízí pouze jejich druhý typ. Jedná se o emulzní trhaviny vyráběné až na místě spotřeby. Ve výrobě se vytvoří směs pouze základních složek – tzv. matrice, která sama o sobě není trhavinou. Není proto problém s jejím převozem a skladováním bez zvláštních bezpečnostních opatření. Na stavenišť se přiveze v cisterně, přečerpá se do zásobního tanku a z něho se postupně vždy před nabíjením čelby přečerpává do nabíjecí jednotky. Teprve až těsně před čerpáním do vrtu se přímo na čelbě do matrice přimíchají zcitlivovače, čímž vzniká výbušná směs. Proces zcitlivění trvá jen několik minut a dochází k němu až ve vrtu. K iniciaci emulzní trhaviny je nutná relativně velká energie, proto se k rozbuškám před umístěním do vrtů přidávají počiny.

Shrneme-li si výhody emulzních trhavin, pochopíme, proč se od používání pevných trhavin postupně ustupuje. Emulzní trhaviny jsou výrazně bezpečnější při přepravě, skladování i samotné manipulaci při nabíjení, díky nim se významně zkracuje doba nabíjení, proces nabíjení je vysoce mechanizovaný, jsou odolné proti vodě, výbušné plyny po odpalu obsahují méně škodlivých látek a případné zbytky trhaviny v rubanině jsou zdravotně nezávadné.

Současně poskytují dostatečnou účinnost a detonační rychlost i ve vrtech menších průměrů. Jejich další plus je, že můžeme při nabíjení plně využít průřez vrtu. Naopak jejich nevýhodou je tzv. efekt umrtvujícího stlačování (Dead pressing effect). Pokud se stlačí dosud neiniciovaná trhavina vlivem výbuchu trhaviny v sousedním vrtu, může dojít k rozdrčení iniciačních kuliček nebo k takové komprimaci plynových bublinek v emulzi, že nastane její znečistlivění a tím pádem dojde k selhávce. Tomuto jevu lze předejít zvětšením vzdálenosti jednotlivých vrtů a také zkrácením zpoždění mezi odpaly jednotlivých vrtů.

Přínos emulzních trhavin tak jasně převyšuje jejich nedostatky. Navíc se neustále zdokonalují a jejich vývoji je věnováno velké úsilí. Příkladem emulzní trhaviny je Hydromite 100 od výrobce Austin Powder. V dalším textu si popíšeme její vlastnosti a také zkušenosti s její aplikací při ražbě tunelu Moane.

3.2 Specifikace trhaviny Hydromite 100

Hydromite 100 patří mezi emulzní trhaviny, které se zcitlivují až na místě spotřeby a to chemickým zplyněním. Jedná se o směs dusičnanu amonného, dusičnanu sodného, vody, olejové fáze a dusitanu sodného. Níže je specifikováno její složení, vlastnosti a podmínky použití [25].

- **Složení:**

Matrice:	Hydrox S
Zcitlivovače:	R1 – na bázi kyseliny octové R2 – na bázi dusitanu sodného
Obsah vody:	4 %

- **Vlastnosti:**

Hustota:	1,05 – 1,15 g/cm ³
Kyslíková bilance:	- 0,8 %
Objem zplodin po výbuchu:	958 l/kg
Výbuchová teplota:	1980 °C
Výbuchové teplo:	2 937 kJ/kg
Detonační rychlost:	4 000 m/s

- **Podmínky použití:**

Minimální/maximální teplota:	+ 5 °C/+ 50 °C
Minimální průměr vrtu:	35 mm
Maximální doba expozice:	8 hodin při limitních teplotách

Hydromite 100 je vodovzdorná trhavina, tzn. že se může použít i pod vodou, přičemž doba vodní expozice nesmí překročit 4 hodiny a přetlak 0,30 MPa (30 m vodního sloupce). K její iniciaci je zapotřebí počinová nálož plastické trhaviny s hmotností minimálně 100 g a detonační rychlostí minimálně 2500 m/s nebo počinová náložka s obsahem minimálně 20 g pentritu (PETN), případně bleskovice 80 g/m o délce minimálně 16 cm [24].

3.3 Aplikace trhaviny Hydromite 100

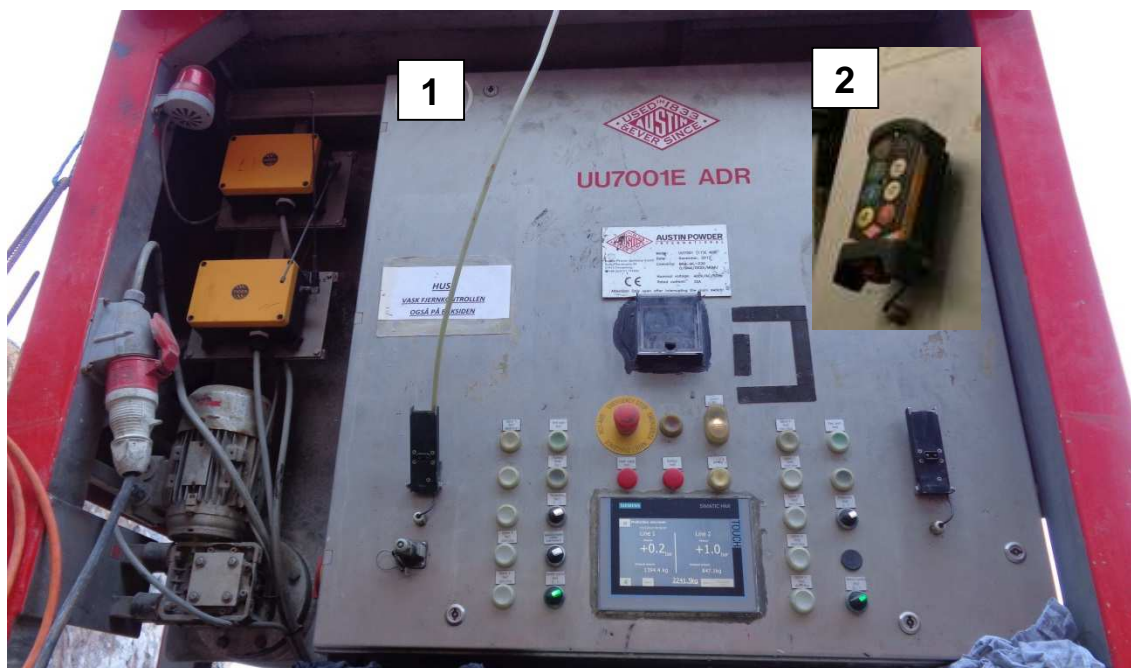
Matrice trhaviny se skladuje v zásobním tanku a zcitlivovače R1 a R2 v plastových bádících uložených do plechových skříní (viz obr. 3.1). Tank i plechové skříně jsou umístěny do vytápěného stanu, aby i v zimním období byly dodrženy limitní teploty pro aplikaci. Na čelbu se všechny složky trhaviny dopravují v SSE jednotce Red Devil na nákladním automobilu.



Obr. 3.1: Skladování matrice Hydrox S (1) a zcitlivovačů R1 a R2 (2) [23]

Součástí SSE jednotky jsou nádrže na matrici Hydrox S, zcitlivovač R1, zcitlivovač R2 a vodu. Všechny nádrže se pravidelně doplňují před každým nabíjením. Jednotka je vybavena dvěma nezávislými plnicími liniemi. Obě mají svůj vlastní čerpací systém, nastavení i ovládání. To oceníme v případě poruchy jedné z nich, kdy druhá zůstává plně funkční. Na jednotce se nachází ovládací panel (viz obr. 3.2-1), na kterém lze veškerá nastavení upravovat. Před každým nabíjením nastavujeme délku nabíjených vrtů, protože s rostoucí délkou vrtů se samozřejmě zvyšuje množství dávkované emulze. Např. pro pětimetrové vrty je základní nastavení následující: do počvy a do zálomu je

aplikováno 8,5 kg emulze na jeden vrt, do přibírkových vrtů pak 7,4 kg/vrt, do podobrysu 4,3 kg/vrt a do obrysových vrtů 2,4 kg/vrt. Trhavina je v každém vrtu rozmístěna od jeho dna až do vzdálenosti cca 50 cm od čelby.



Obr. 3.2: Jednotka SSE – ovládací panel (1), dálkový ovladač (2) [23]

Po dokončení nastavení jednotky a zapojení hadic obou plnicích linek se přejde k čerpání trhaviny do vrtů pro odpal. Od této chvíle už pracovníci jednotku obsluhují pomocí dálkových ovladačů (viz obr. 3.2-2) přímo z čelby. První čerpaná dávka emulze o hmotnosti cca 20 kg slouží pro výplach hadice. Na dvou liniích se tedy ještě před zahájením vlastního plnění vrtů znehodnotí cca 40 kg trhaviny. Nejprve razič vezme rozbušku s počinem a vsune ji na volném konci do plnicí hadice. Tu pak vloží do vrtu, přičemž je důležité, aby ji zasunul až na dno vrtu. Dále stiskne příslušné tlačítko na dálkovém ovladači a hadici plynule vytahuje ven. Na ovladači může zvolit čtyři možnosti dávkování emulze. Červené tlačítko spustí čerpání množství trhaviny určené pro počvové a zálomové vrty, zelené pak pro přibírkové vrty, modré je přednastaveno pro podobrysy a žluté pro obrysy. Vytahování hadice z vrtu musí být plynulé, aby byla emulze rozmístěna souvisle po celé délce vrtu. Nesmí dojít k jejímu přerušení. Zvláště důležité je to u obrysových vrtů, kde je nejmenší množství trhaviny. Pokud se při detonaci neinicuje emulze v celé délce vrtu, může dojít k selhávce. Proto se pro zajištění rovnoměrného vytahování hadice z vrtu používá tzv. retrakční jednotka. Ta je připevněna na koši vrtného vozu a je

tedy k dispozici pouze pro jednu plnicí linii. Jednotka svírá hadici pomocí válců, které se po sešlápnutí penálu v koši roztočí a zajistí plynulé vyjetí hadice ven z vrtu. Tímto způsobem nabíjení by se měl eliminovat lidský faktor a měla by se zvýšit pravděpodobnost úspěšnosti odpalu. Více se tímto tématem zabývá kapitola 5.

3.4 Cup test

Výroba emulzní trhaviny nastává smícháním jednotlivých složek až na čelbě. Teprve během nabíjení tedy můžeme ověřit správné nastavení jejího složení. Slouží k tomu velice jednoduchá zkouška – tzv. cup test.

Aktivaci emulze provedeme přidáním zcitlivovačů R1 a R2 do matrice Hydrox S. Při procesu zcitlivění dochází k postupnému uvolňování plynů ve směsi. Tímto proplyněním se mění hustota emulze. V závislosti na poměru jednotlivých složek a tlaku při čerpání klesne během cca 20 minut na požadovanou hodnotu, která je nezbytná k její explozi. Současně s klesající hustotou klesá i hmotnost, ale narůstá objem emulze. A právě tohoto faktu využívá cup test. Pomocí vážení známého objemu emulze určíme její hustotu (viz obr. 3.3).





Obr. 3.3: Vážení normovaného kelímku s emulzí pro určení její hustoty [23]

Zkouška začíná tím, že přímo z čerpací hadice naplníme normovaný plastový kelímek emulzí. Ihned musíme vzorek zarovnat stěrkou po horní okraj kelímku a zvážit. Při ideálním nastavení emulze je jeho hmotnost přesně 500 g, což odpovídá jedné opravné dávce trhaviny při nabíjení čelby. Tu můžeme snadno přidat do kteréhokoliv vrtu stiskem tlačítka plus na dálkovém ovladači. V odebraném vzorku emulze dochází k již zmiňovanému proplynění. Klesá hustota a roste objem (viz obr. 3.4). Po uběhnutí pěti minut se vzorek opět strhne stěrkou do úrovně horního okraje kelímku a zváží. Tento postup se opakuje i každých dalších pět minut po dobu půl hodiny a hmotnosti vzorku se zaznamenávají to tabulky. Jednoduchým přepočtem pak z hmotností určíme příslušné hustoty vzorku, případně lze použít tab. 3.1. V ní je zeleně označeno rozmezí hodnot hustoty emulze, které je potřebné, aby měla trhavina správnou účinnost. V ideálním případě se hustota emulze pohybuje mezi 0,85 – 0,90 g/cm³. Přípustné jsou i hodnoty v rozmezích 0,79 – 0,84 g/cm³ a 0,91 – 0,96 g/cm³. Pokud však hustota emulze během provádění cup testu neklesne na tyto požadované hodnoty, je nutné změnit nastavení dávkování zcitlivovačů R1 a R2.



Obr. 3.4: Narůstání objemu emulze během procesu proplynění [23]

Cup test se provádí pro obě plnicí linie samostatně, protože jsou na sobě zcela nezávislé. Občas se stává, že výsledky cup testu obou linií jsou dosti odlišné. A to i přesto, že mají linie naprosto identické nastavení. Proto se můžeme setkat i se stavem, kdy mají linie na jedné jednotce SSE různé poměry dávkování složek, aby mohlo u obou dojít k dosažení optimálních hodnot hustoty emulze.

AUSTIN POWDER INTERNATIONAL

TETTHETSKONTROLL

Gjelder prøve kopp: 393 ml Nettovekt kopp: 23 g
 Vekt av vann: 393 g Startvekt: 311 g

NB! Gjelder inklusive vekt av prøve kopp

Total vekt gram	Tetthet g/cm ³	Total vekt gram	Tetthet g/cm ³
283	0,66	407	0,98
287	0,67	411	0,99
291	0,68	415	1,00
295	0,69	419	1,01
299	0,70	423	1,02
303	0,71	427	1,03
307	0,72	431	1,04
311	0,73	435	1,05
315	0,74	439	1,06
319	0,75	443	1,07
323	0,76	447	1,08
327	0,77	451	1,09
331	0,78	455	1,10
335	0,79	459	1,11
339	0,80	463	1,12
343	0,81	467	1,13
347	0,82	471	1,14
351	0,83	475	1,15
355	0,84	479	1,16
359	0,85	483	1,17
363	0,87	487	1,18
367	0,88	491	1,19
371	0,89	495	1,20
375	0,90	499	1,21
379	0,91	503	1,22
383	0,92	507	1,23
387	0,93	511	1,24
391	0,94	515	1,25
395	0,95	519	1,26
399	0,96	523	1,27
403	0,97	527	1,28

Tab. 3.1: Odpovídající si hodnoty hmotností a hustot zkušebního vzorku [25]

Obecně se cup test provádí pouze při prvotním nastavování dávkování jednotlivých složek emulze, případně se hustota emulze zkontroluje, když nastane neúspěšný odpal. Na tunelu Moane byl však cup test prováděn při každém nabíjení. Hodnoty hmotností vzorků po 30 minutách, tedy při ukončování zkoušky, jsou pro obě linie uvedeny v tab. 5.1 - 1 až 5.1 - 6: Charakteristiky záběrů v kapitole 5. Z nich si lze podle tab. 3.1 snadno určit odpovídající hustoty. V tab. 5.1 - 1 až 5.1 - 6 dále nalezneme také poměry zcitlivovačů R1 a R2. Ty byly za celou dobu ražby tunelu měněny pouze jedenkrát a to hned po třetím odpalu, kdy se čelba nabíjela emulzní trhavinou.

Původní dávkování R1 = 0,20 kg/min a R2 = 0,90 kg/min bylo navýšeno u R1 na 0,22 kg/min a u R2 na 0,95 kg/min. I takto malá změna měla ovšem velký vliv na výsledky následně prováděných cup testů. Až do prorážky tunelu byly natolik dobré, že už nebylo třeba do nastavení dávkování nijak zasahovat. Provedené cup testy zároveň potvrdily, že proplynění emulze opravdu trvá maximálně 30 minut. Poté už přestane chemická reakce probíhat, hmotnost dále neklesá a emulze nenabývá na objemu.

Na účinnost emulzní trhaviny má mimo jiné vliv také její teplota. Limitní hodnoty jsou + 5 °C jako minimum a + 50 °C jako maximum. Pokud je teplota emulze mimo tyto hranice, nemusí správně probíhat reakce vyvolávající změnu hustoty, respektive probíhá pomaleji a hustota dostatečně neklesne. Z tohoto důvodu byla pro jistotu při každém cup testu teplota změřena, i když ražba probíhala v letních měsících a riziko, že se dostane mimo limitní hodnoty bylo minimální. Po celou dobu ražby byly naměřené hodnoty od 12 °C do 15 °C. Podrobně jsou opět uvedeny v tab. 5.1 - 1 až 5.1 - 6.

4 3D SKENOVÁNÍ

V předchozí kapitole jsme si představili nabíjení emulzní trhavinou, což je v současné době vrchol v oboru aplikace výbušnin. Při ražbách tunelů se ovšem využívají i další moderní technologie. Příkladem je 3D skenování, které zaznamenává v posledních letech značný rozmach. Velkou výhodou je především jednoduchost a rychlost, jakou můžeme přímo v podzemí získat informace o geometrii výrubu. Inovativní metoda 3D skenování je založena na principu měření vzdáleností a následném vytvoření trojrozměrného modelu výrubu ve velmi vysokém rozlišení. Vyhodnocení dat poté probíhá porovnáváním naměřeného modelu s modelem projektovaným.



Obr. 4.1: Zařízení pro 3D skenování [23]

Na základě získaných dat o geometrii výrubu můžeme snadněji plánovat další postup prací. Ihned totiž víme, zda je profil tunelu v souladu s projektovou dokumentací či bude nutné odstranit případné zásahy. Zároveň také zjistíme, jestli máme kolem teoretického profilu dostatečnou rezervu na stříkaný beton a případné další varianty zajištění výrubu. Pokud ne, můžeme rychle

zareagovat a předejít dalším komplikacím. Někdy musíme pro další záběr upravit vrtné schéma, jindy stačí více vytočit obrysové vrty. Kromě tvaru profilu samozřejmě získáme i přesný tvar čelby a můžeme zvážit nastavení referenční roviny při následujícím vrtání pro odpal. Díky 3D skenování je optimalizace technologického postupu ražby výrazně ulehčena.

Dalším přínosem měření skenerem (viz obr. 4.1) je možnost přesně dokumentovat kubatury záběrů a případné nadvýlomy. Pokud provedeme skenování před i po nástřiku betonu, budeme po vyhodnocení měření znát jeho reálnou tloušťku po celé ploše výrubu.

4.1 Motivace

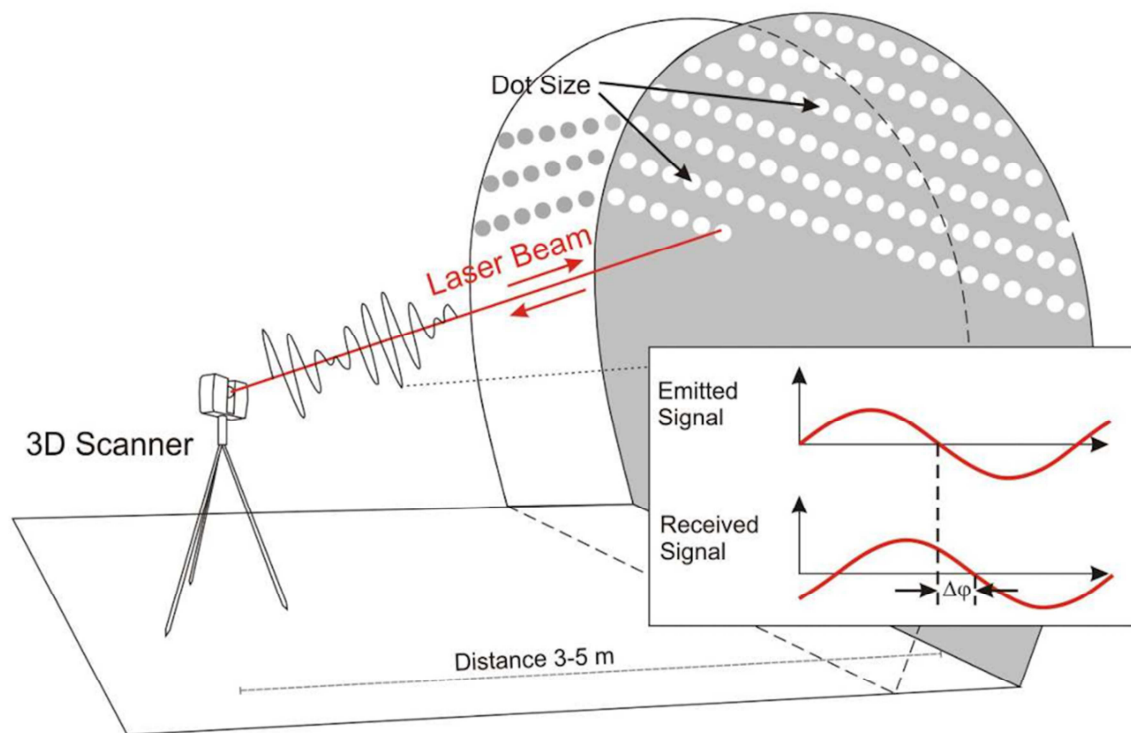
Trend ve stavebnictví směřuje ke stále většímu množství dokumentace provedených prací. Zároveň rostou nároky na její rychlou dostupnost a přesnost a to jak ze strany investora, tak ze strany samotného zhotovitele. Dokumentace je vyžadována nejen v průběhu realizace, ale také po dokončení prací jako podklad pro fakturaci a kontrolu kvality. Zároveň je snahou, aby získávání podkladů pro dokumentaci bylo co nejjednodušší a co nejméně narušovalo průběh prací na stavbě. A právě tyto komplexní požadavky splňuje metoda 3D skenování.

4.2 Popis technologie

3D skenování je v podstatě měření vzdáleností založené na měření návratu laserových paprsků (technologie LiDAR – Light detection and ranging). Základní funkcí skeneru je emitovat svazek laserových paprsků pod známým úhlem odklonu od referenční roviny. Paprsky se následně odráží od měřené plochy (např. výrubu) a jsou znovu detekovány skenerem. Ten se automaticky pomalu otáčí o 360° a měří tedy celý prostor kolem sebe. Pokryje prakticky celou sférickou plochu svého okolí až na zanedbatelný prostor přímo pod ním. Jelikož je 3D skenování metoda založená na emisi světelných paprsků, není vůbec žádný problém s jejím využitím v místech se slabým či žádným osvětlením, což právě tunely jsou. Naopak právě v prostorech bez osvětlení dosahují skenery největší přesnosti měření. Celý proces skenování trvá jen několik minut, přitom se jím zaznamená přesná poloha milionů bodů na

měřeném povrchu. U všech bodů se měří také intenzita odraženého laserového paprsku, proto je možné rozpoznat materiál a někdy také barvu skenovaného povrchu [1, 6].

V současné době využíváme při 3D skenování dva způsoby emise světelného paprsku. První způsob je založen na vysílání pouze laserového impulsu. Jednotlivé laserové impulsy jsou následně zaznamenávány zvlášť. Tato metoda skenování je známá už od devadesátých let minulého století a lze díky ní dosáhnout na úhlu 360° rozlišení cca 300 000 bodů. Mnohem modernější metoda, jejíž aplikace v tunelech je dnes i výrazně rozšířenější, je tzv. metoda CW kontinuálního měření, kdy je kontinuálně vysílán světelný paprsek o známé vlnové délce s modulovanou amplitudou a měří se posun periody odraženého paprsku (viz obr. 4.2). Přesnost měření a tím i rozlišení získaných dat můžeme ovlivnit nastavením frekvence zdroje. Touto technologií skenování je možné dosáhnout rozlišení až 1 000 000 bodů na měřené sférické ploše s přesností několika milimetrů. Metoda CW kontinuálního měření funguje pouze při vzdálenostech cca do 150 m, což je však při ražbách tunelů zcela dostačující [1, 5].



Obr. 4.2: Princip 3D skenování [1]

4.3 Možnosti využití

V tunelovém stavitelství přináší 3D skenování především možnost snadné dokumentace přesné geometrie výrubu, nadvýlomů, průsaků vody, osazených svorníků či reálné tloušťky stříkaného betonu. Tímto ale jeho využití zdaleka nekončí. Můžeme si snadno vytvořit 3D model výrubu v horninovém masivu či příčný řez výrubu v naprosto libovolném staničení. Nejmodernější skenery mohou poskytnout také informace o zastižené geologii. Všechny popsané možnosti využití nám mohou pomoci při optimalizaci prací jak v aktuálním záběru, tak z dlouhodobého hlediska. Výstupy ze skenování v kombinaci s daty z MWD byly základním nástrojem pro hodnocení ražby tunelu Moane při provádění analýzy, které se věnuje kapitola 5.

Technologie 3D skenování umožňuje klást větší důraz na přesnost a kvalitu prováděných prací. Porovnáváním geometrie výrubů v navazujících záběrech můžeme za předpokladu podobné geologie upravovat vrtné schéma či měnit nastavení dávkování trhavy do obrysových vrtů. Tím by mělo být dosaženo nejpresnější možné geometrie výrubu a teoreticky také ideálního rozdělení napětí v okolním masivu.

4.4 3D skenování tunelu Moane

Při ražbě tunelu Moane je měření prováděno skenerem FARO Focus^{3D}. Jedná se o skener využívající CW metodu měření, kdy zdroj emituje laserový paprsek přes rotující zrcadlo a zaznamenává úhel na výstupu, aby následně detekoval odražený paprsek. Změřením jeho úhlu a určením posunu periody stanoví přesnou polohu bodu v prostoru.

- **Specifikace skeneru FARO Focus^{3D} [26]:**

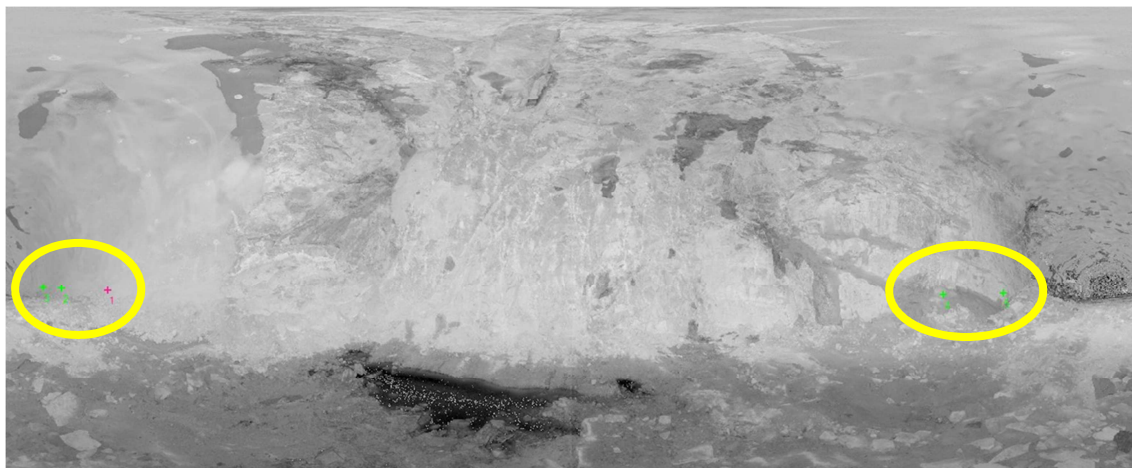
Dosah měření:	153 m
Rozsah měření:	305° vertikálně 360° horizontálně
Rychlost měření:	až 976 000 bodů/s
Odchylka měření:	± 2 mm
Rozlišení měření:	0,009° vertikálně (40 960 bodů na 360°) 0,009° horizontálně (40 960 bodů na 360°)
Vlnová délka laseru:	905 nm

Měření výrubu skenerem přichází na řadu po dokončení mechanického začištění výrubu. Skener se umístí na stativ zhruba v ose tunelu a vzdálenosti cca 5 – 6 m od čelby. Jeho poloha by měla být přibližně vodorovná. Z důvodu bezpečnosti je výhodné stativ se skenerem postavit pod již stříkaným betonem zajištěný výrub. Před zahájením vlastního skenování je zapotřebí na 4 – 6 geodetických bodů v ostění tunelu osadit zrcátka a natočit je jejich matnou stranou směrem ke skeneru. Geodetické body jsou pravidelně osazovány a zaměřovány během prací v předchozím záběru, nejlépe při vrtání pro odpal nebo nabíjení. Jsou umístěny po obou stranách tunelu ve vzájemné vzdálenosti 3 – 6 m. Zrcátka na nich nemohou být umístěna trvale, protože při odpalu či následném odtěžování by mohlo dojít k jejich poškození. Po osazení zrcátek zapneme skener a stisknutím tlačítka na displeji spustíme vlastní měření. V tu chvíli je nutné mít skenovaný prostor zcela vyklizen. Musí ho opustiti i osoba provádějící měření. Skener se na stativu postupně otáčí a snímá plochu výrubu. Celý proces trvá jen cca dvě minuty. Vhodné je stroj na stativu postavit co nejvýše, aby byl schopen naskenovat opravdu celou plochu výrubu včetně odvodňovacího příkopu, který je někdy ve stínu rubaniny na nedostatečně začištěné počvě. Po dokončení skenování se data uloží na SD kartu a může se přistoupit k jejich vyhodnocování přímo na stavbě (viz obr. 4.3). Během něho už práce na čelbě pokračují ručním scalingem.



Obr. 4.3: Vyhodnocování dat ze skenování přímo na stavbě [23]

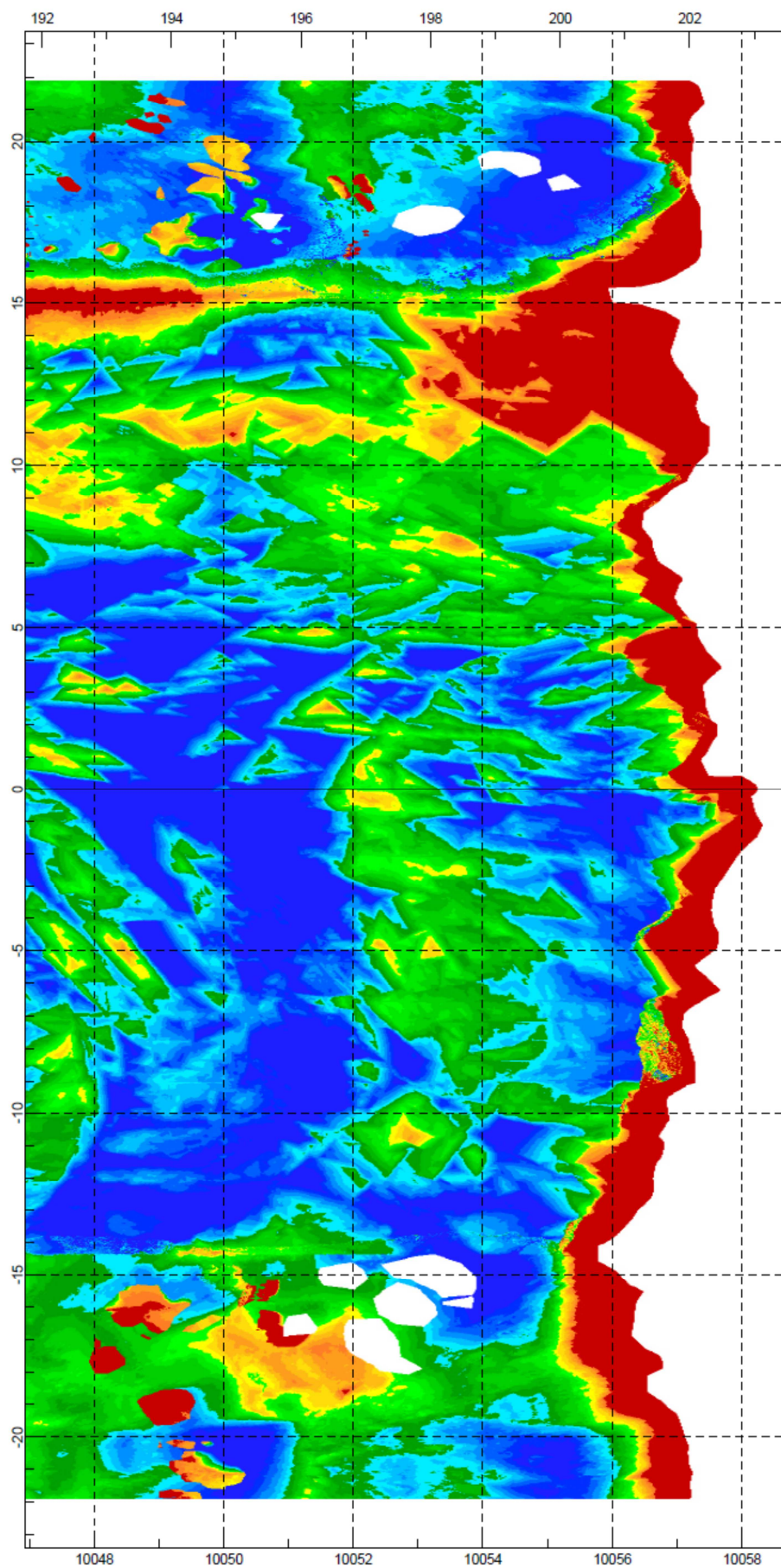
Data z SD karty zkopírujeme do odolného notebooku. V softwaru pro vyhodnocování si otevřeme rozvinutou naskenovanou plochu výrubu a označíme geodetické body, na které jsme před skenováním osazovali zrcátka (viz obr. 4.4). Program zná jejich souřadnice a díky tomu si snadno určí přesnou polohu skeneru. Provede krátký výpočet a naskenovaný model výrubu je hotový. Ihned ho můžeme porovnat s projektovaným profilem a vidíme případné zásahy.



Obr. 4.4: Rozvinutá naskenovaná plocha výrubu s označenými geodetickými body [19]

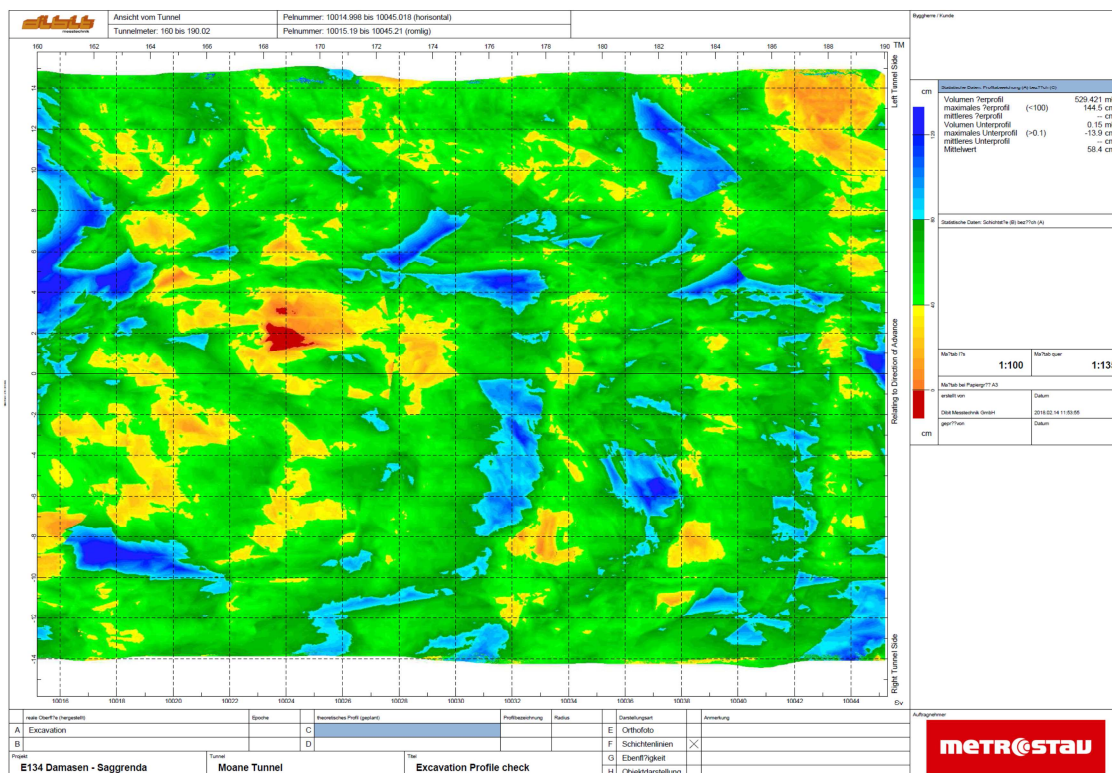
Software nám nabízí dva druhy zobrazení výstupů ze skenování. První variantou jsou příčné řezy výrubu (viz obr. 4.5). Vnitřní profil je projektovaný tvar výrubu a vnější okraj ukazuje tvar reálného výrubu. Míra rezervy případně zásahu do projektovaného profilu je zobrazena pomocí barevné stupnice. Řezy si můžeme zobrazit v libovolném staničení. Obvykle je přednastaven krok řezů 20 – 50 cm po délce tunelu.

Druhým typem zobrazení výstupů ze skenování je rozvinutá plocha výrubu (viz obr. 4.6). Způsob barevného odlišení nadprofilu/podprofilu je totožný jako u řezů, pouze je poněkud složitější se v tomto zobrazení správně zorientovat. Čelba se nachází na pravé straně a je zobrazena červeně, jelikož je logicky v zásahu do projektovaného profilu. Kolem vodorovné osy se zobrazuje rozvinutá plocha kaloty, dále směrem nahoru se zobrazuje pravý bok a pravá polovina počvy a dále směrem dolů se zobrazuje levý bok a levá polovina počvy. Přitom pravou a levou stranu myslíme při pohledu ve směru staničení. Odvodňovací příkop nacházející se v tunelu vpravo je tedy na rozvinuté ploše

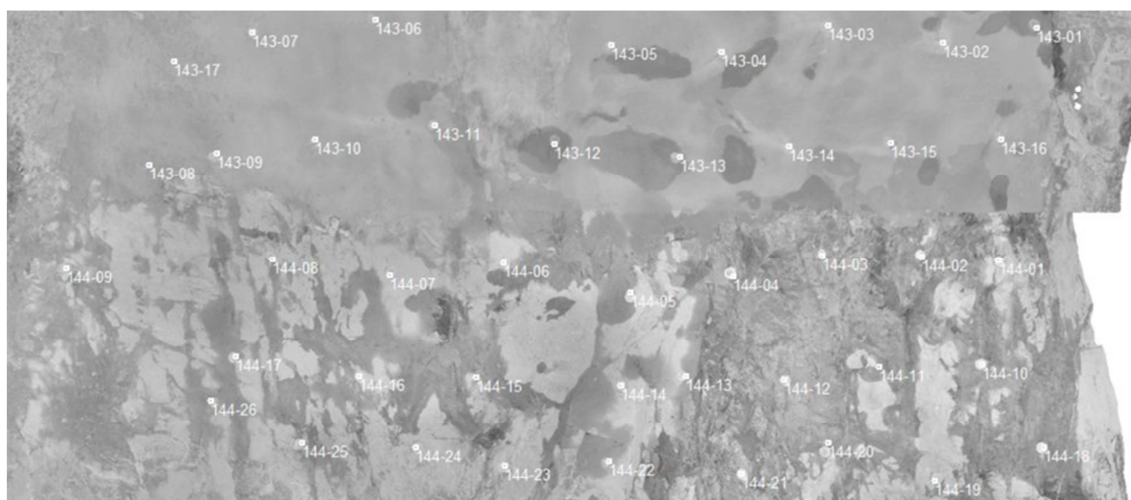


Obr. 4.6: Ukázka výstupu ze skenování – rozvinutá plocha výrubu [19]

Rozvinuté plochy výrubu z jednotlivých skenování se postupně spojují do jednoho celku (viz obr. 4.7). Takovéto zobrazení výstupu ze skenování pak slouží jako dokumentace skutečného provedení stavby. Pomocí 3D skenování před i po zastříkání výrubu se určuje skutečná tloušťka stříkaného betonu. Naskenováním výrubu po kotvení se zaznamenává přesný počet a rozmístění svorníků (viz obr. 4.8). Z výsledků měření výrubu skenerem tedy získáme velkou část dokumentace ražby, která je požadována investorem.



Obr. 4.7: Ukázka výstupu ze skenování – celková rozvinutá plocha výrubu [19]



Obr. 4.8: Ukázka dokumentace svorníků pomocí 3D skenování [19]

5 ANALÝZA RAŽBY TUNELU MOANE

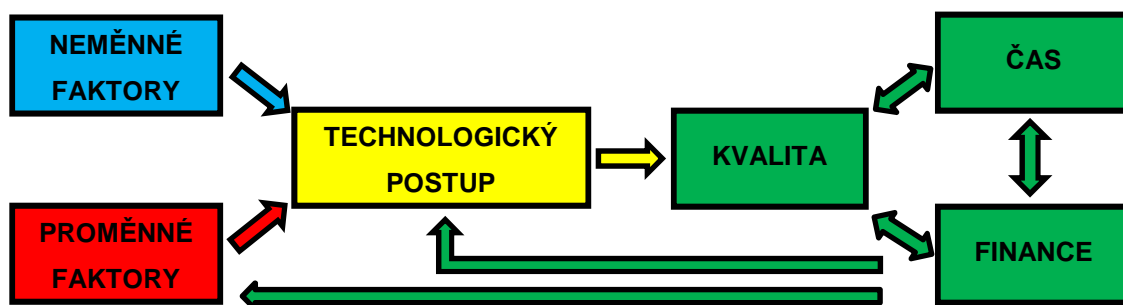
Ražba podzemních prostor metodou drill and blast je velice komplexní proces, do něhož vstupuje několik pracovních operací a ovlivňuje ho celá řada neměnných a proměnných faktorů. Optimalizovat technologický postup prací pro dosažení co nejlepšího výsledku, tedy pro co nejvyšší efektivitu trhacích prací, představuje velmi složitý úkol. Zároveň mnohdy není vůbec lehké jednoznačně určit konkrétní příčinu případného neúspěchu při odpalu. Jak vylepšit a především zrychlit postup ražby za současného neustálého se přizpůsobování aktuálním geologickým podmínkám je tak základní otázkou při realizaci každé tunelové stavby. Snaha ušetřit při ražbě čas a tím i finance vede k prudkému rozvoji v řadě vědních oborů. Na svět přicházejí zcela nové účinnější trhaviny s jednodušším způsobem aplikace, vyrábíme moderní vrtné soupravy s automatizovaným vrtáním a online přenosem dat z vrtání přes Wi-Fi síť či zdokonalujeme technologie a zařízení pro ověření správnosti geometrie výrubu.

V následující kapitole se pokusíme najít a popsat veškeré okolnosti, které mají nějakým způsobem dopad na rychlost a kvalitu ražby. Pojmenujeme faktory dané přírodou i faktory ovlivnitelné činností člověka. Shrneme objektivní i subjektivní kritéria hodnocení úspěšnosti odpalu. Provedeme tedy analýzu ražby metodou drill and blast.

Konkrétně budeme analyzovat ražbu tunelu Moane. K dispozici máme nejen mnoho dat, ale i autorovi praktické zkušenosti, jelikož byl po celou dobu ražby přítomen přímo na stavbě.

Hlavním cílem analýzy je na základě hodnocení několika parametrů ražby vyvodit doporučení pro optimalizaci jednak jejího technologického postupu, jednak nastavení proměnných faktorů. Na vstupu do procesu ražby máme faktory námi neovlivnitelné (např. geologické podmínky) a faktory, které můžeme měnit a upravovat (např. vrtné schéma a plán nabíjení). Aplikujeme na ně zvolený technologický postup a snažíme se co nejrychleji a nejlevněji vybudovat co nejvyšší dílo. Zhodnocením rychlosti prací, vynaložených nákladů a kvality zhotovené stavby jsem schopni zpětně upravovat a zdokonalovat technologický

postup a měnit nastavení proměnných faktorů (viz obr. 5.1). Optimalizace ražby se v praxi v podstatě provádí každý záběr a představuje téměř nikdy nekončící proces. Po odpalu vždy najdeme něco, co se mohlo udělat jinak a lépe nebo čeho se mohlo dát více či méně. Velmi důležité ovšem je, provádět vždy pouze jednu změnu a neupravovat několik nastavení najednou. Pak totiž ani nevíme, co vlastně vedlo k případnému vylepšení.



Obr. 5.1: Grafické znázornění principu optimalizace ražby

5.1 Metodika hodnocení

Analýza ražby tunelu Moane metodicky vychází z principu dynamických výpočetních sítí (Dynamic Bayesian Networks – DBN). Ty dokáží zohlednit celou řadu faktorů ovlivňujících postup ražby včetně mimořádných událostí. Jejich obvyklá aplikace je k predikci postupu ražby pomocí plnoprofilového tunelovacího stroje (Tunnel Boring Machine – TBM). Zvolená metodika je proto mírně upravena pro potřeby hodnocení postupu ražby metodou drill and blast. Objektivně hodnotí ražbu z hlediska času, financí, ale také kvality prováděných prací. Jako hodnotící kritéria jsou využity zejména výstupy z vyhodnocení 3D skenování, záznamy z MWD, časová náročnost jednotlivých pracovních operací a další data získaná autorem v průběhu ražby.

Veškeré faktory, které nějakým způsobem ovlivňují kvalitu prováděných prací, je možné rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří faktory nijak neovlivnitelné technologickým postupem. Mezi ně patří především geologické podmínky a úspěšnost minulého záběru. Do druhé skupiny se řadí faktory, které lze ovlivnit naší činností. Můžeme hledat jejich optimální nastavení, aby byl výsledek v daných podmínkách co možná nejlepší. Jako příklad uveďme počet a vzájemné vzdálenosti vrtů pro odpal, časování rozbušek či typ použitých vrtných korunek.

Analýza ražby tunelu Moane je provedena pro záběry č. 6 – č. 58, tj. celkem pro 53 záběrů a to pro každý samostatně. Několik prvních i posledních záběrů nebylo do analyzování zařazeno, protože by z nějakého důvodu zkreslovaly výsledky. Záběry č. 1 – č. 4 se razily s členěnou čelbou, záběr č. 5 se nabíjel pouze pevnými trhavinami a záběry č. 59 – č. 61 se plánovaně odpalovaly zkrácené o délce 3 – 3,5 m.

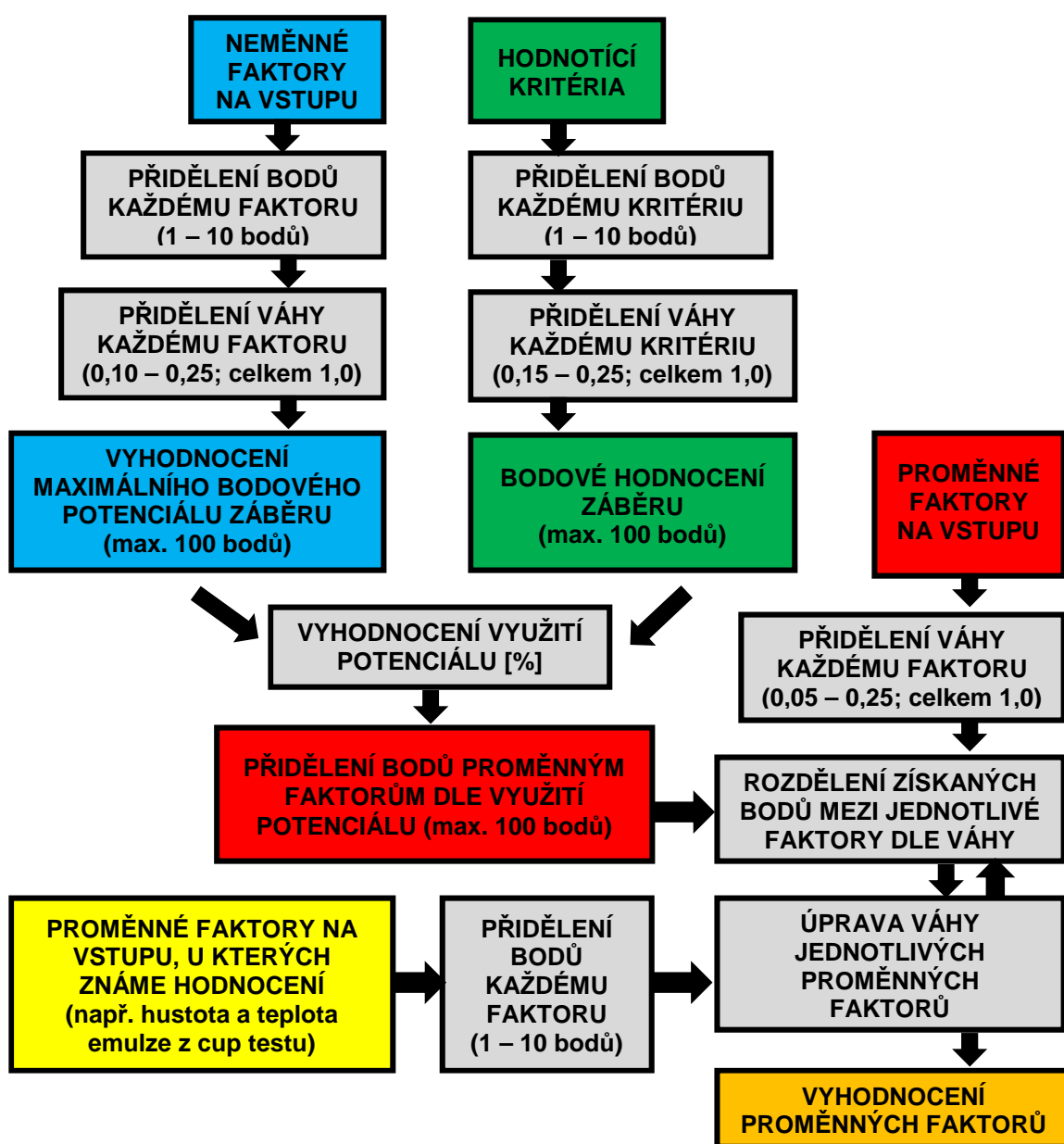
Dále si popíšeme zvolený postup analýzy. Nejprve je každému neměnnému faktoru na vstupu přiřazeno bodové hodnocení v rozmezí 1 - 10, kdy 10 bodů značí teoreticky nejlepší možné podmínky. Způsob bodování těchto faktorů je podrobněji popsán v podkapitole 5.2. V dalším kroku je každému faktoru přisouzena váha, přičemž součet jednotlivých vah všech faktorů činí 1,0 (100 %). Z toho plyne, že maximální možný bodový zisk charakterizující vstupní neměnné podmínky je 100 bodů. Toto celkové bodové ohodnocení neměnných faktorů konkrétního záběru znamená také potenciál neboli nejlepší možný předpoklad pro úspěšný odpal v daných podmínkách. Jinými slovy například u záběru ve složitých geologických podmínkách s celkovým bodovým ziskem 50 bodů nemůžeme očekávat tak dobré hodnocení odpalu jako u záběru se vstupním ziskem 90 bodů, kdy je pak nastavení technologického postupu výrazně snadnější.

Po obodování neměnných faktorů přidělujeme stejným principem body a váhu všem hodnotícím kritériím. Maximální bodový zisk hodnocení jednotlivých záběrů je rovněž 100 bodů. Podrobněji viz podkapitola 5.3.

Následně se vyhodnotí využití potenciálu daných vstupních podmínek na základě celkového bodového hodnocení záběru. Využití potenciálu se vyjádří v procentech, ovšem ihned se znovu převede na body, aby mohly být tyto body zpětně přiřazeny proměnným faktorům na vstupu jako celku. Tento bodový zisk proměnných faktorů, který může být rovněž maximálně 100 bodů, tedy značí, jak vhodně byly jako celek v daných podmínkách nastaveny. Podle přidělené váhy pak celkové body snadno rozpočteme mezi jednotlivé faktory. Tento postup zaručuje, že i v nepříznivé geologii mohou ovlivnitelné vstupní parametry dostat výborné hodnocení a zároveň můžeme tyto faktory porovnávat v různých podmínkách. Více o proměnných faktorech pojednává podkapitola 5.4.

Ve snaze dosáhnout co nejobektivnějšího postupu hodnocení a přidělování vah, jsou některé proměnné faktory hodnoceny zvlášť. Jsou to ty,

u nichž hodnocení předem známe na základě měření – např. hustota a teplota emulze zjištěná při provádění cup testu. Porovnáním bodů získaných podle měření a bodů přidělených rozpočítáním z provedené analýzy jsou váhy jednotlivých faktorů upravovány. Toto přímé ohodnocení na základě měření nám umožňuje lehce ověřit vhodnost nastaveného rozdělení vah mezi jednotlivé proměnné parametry. Na závěr vyhodnotíme proměnné faktory podle přidělených bodů, přičemž jejich nejlepší možné nastavení je reprezentováno bodovým ziskem 10. Stejně jako byly u neměnných faktorů nejlepší možné podmínky hodnoceny 10 body. Princip celého postupu analýzy je přehledně graficky znázorněn na obr. 5.2.



Obr. 5.2: Princip vyhodnocování faktorů ovlivňujících ražbu

5.2 Neměnné faktory

Mezi neměnné faktory ovlivňující postup ražby patří především geologické podmínky, na kterých významnou měrou závisí rychlost většiny pracovních operací. Nezanedbatelným daným faktorem je také vliv předešlého záběru.

5.2.1 Geologické poměry

Geologie je hodnocena dvěma způsoby. První variantou je přidělení bodů na základě geologického mapování po mechanickém začištění výrubu (viz příloha č. 1). Výstupem mapování každého záběru je určení Q indexu a zařazení masivu do odpovídající třídy. Body jsou přidělovány následovně: třída masivu G = 1 bod, F = 2 body, E = 3 body, D = 4 – 5 bodů, C = 6 – 7 bodů, B = 8 – 9 bodů, A = 10 bodů. U tříd s rozptylem bodů je pak příslušná hodnota určena podle Q indexu, jehož hodnota má v každé třídě také určitý rozptyl. Hodnocení geologie dle mapování je přisouzena váha 0,20 (20 %).

Druhý způsob hodnocení geologických poměrů vychází z výstupů z MWD. Body jsou přidělovány podle zjištěné tvrdosti a puklinatosti masivu a přítomnosti vody. Opět platí, že 1 bod značí teoreticky nejhorší podmínky a 10 bodů teoreticky nejlepší podmínky. Pro geologické poměry zastižené při ražbě tunelu Moane se bodové hodnocení pohybuje v rozmezí 5,2 – 7,8 bodu. Tomuto způsobu hodnocení geologie je přidělena váha 0,25 (25 %).

5.2.2 Penetrace

Dalším hodnoceným neměnným faktorem je průměrná rychlost penetrace při vrtání. Zdrojem dat jsou opět výstupy z MWD. Zisk 6 bodů odpovídá nejnižší naměřené hodnotě 1,79 m/min a zisk 10 bodů odpovídá nejvyšší naměřené hodnotě 3,02 m/min. Mezilehlé hodnoty bodového zisku jsou pak určeny interpolací v závislosti na hodnotách rychlostí penetrace. Váha přidělená tomuto faktoru je 0,15 (15 %).

5.2.3 Čistota vrtů

Neměnným faktorem, který významně ovlivňuje možnost správné aplikace trhaviny, je čistota vrtů pro odpal. Pokud jsou vrty procházející přes poruchové zóny v masivu ucpány drobnými úlomky horniny, může být nabíjení čelby velmi

zdlouhavé, jelikož musíme vrty čistit háčkem či protahovat vrtnou tyčí. A mnohdy se ani tak nepodaří vrt nabít. Faktor čistoty vrtů je hodnocen jednak podle počtu puklinových systémů J_n , jednak podle doby samotného nabíjení. Bodové zisky pro jednotlivé záběry se pohybují v rozmezí 5 – 10 bodů. Tomuto faktoru je přidělena váha 0,15 (15 %).

5.2.4 Celková délka vrtů pro odpal

Skutečná celková délka vrtů pro odpal v jednom záběru se lehce zjistí ze záznamů z MWD. K hodnocení tohoto faktoru je přistupováno tak, že čím více metrů se navrtalo, tím je větší počet vrtů s menší vzájemnou vzdáleností, současně se tedy použije více trhaviny, a proto je větší pravděpodobnost úspěšnosti odpalu. Z hlediska hodnocení tohoto faktoru jednotlivé záběry získaly 7 – 10 bodů. 7 bodů odpovídá celkové délce vrtů 876,10 m a 10 bodů odpovídá celkové délce vrtů 1326,23 m. Váha faktoru je 0,10 (10 %).

5.2.5 Vliv předchozího záběru

Pokud chceme objektivně ohodnotit kvalitu odpalu, je nutné mezi neměnné faktory charakterizující podmínky na vstupu zahrnout i vliv předchozího záběru. Případný nezdár v minulém záběru má totiž zcela jistě určitý dopad na aktuální odpal, protože se vstupním podmínkám do záběru musel uzpůsobit postup prací – např. v minulém záběru byl zásah, který neumožnil správně umístit lafetu při vrtání obrysů. Aktuální záběr je tedy znehodnocen ještě před jeho samotným zahájením. Zahrnutí vlivu minulého záběru do hodnocení je provedeno na základě bodového zisku předchozího postupu ražby. A to velice jednoduchým způsobem. Tento bodový zisk je pouze vydělen deseti. Váha vlivu předchozího záběru je 0,15 (15 %).

5.3 Hodnotící kritéria

Hodnocení kvality odpalů je provedeno na základě geometrických parametrů výrubu a doby trvání jednotlivých pracovních operací. Jako podklady slouží především výstupy z 3D skenování a záznamy z MWD.

5.3.1 Délka záběru

V praxi je délka záběru jednoznačně nejdůležitějším hodnotícím kritériem. Žádný jiný údaj nezajímá vedoucí pracovníky zhotovitelské firmy více. Je to především proto, že délka záběru nemá vliv pouze na hodnocení kvality odpalu, ale má zásadní dopad na časovou a tím finanční náročnost celého projektu. Proto i v rámci prováděné analýzy je délka záběru brána jako jeden z hlavních aspektů při posuzování úspěšnosti odpalu. Pětimetrový záběr je hodnocen 10 body, třímetrový 6 body. Mezilehlé hodnoty jsou určeny interpolací. Váha přisouzená tomuto kritériu je 0,20 (20 %).

5.3.2 Tvar výrubu

Z hlediska prováděné analýzy je tvar výrubu hlavním hodnotícím kritériem kvality záběru. Případné podprofily totiž znamenají značné komplikace pracovního postupu. Buď je musíme odstranit strojně pomocí bagru s kladivem, nebo jsme nuceni je přistřelit. V lepším případě až s dalším odpalem celé čelby. To ale zase mnohdy překážejí při vrtání obrysů. Ať řešíme problém se zásahy do profilu jakkoliv, vždy to minimálně zdržuje postup prací. Hodnocení tvaru výrubu je provedeno na základě výstupů z 3D skenování, přičemž všechny nalezneme v příloze č. 3. Každému záběru jsou přiděleny body v rozmezí 1 – 10 podle míry odchylek od ideálního tvaru výrubu. A to nejen směrem do profilu, ale i s ohledem na velikosti nadvýlomů. Tomuto kritériu je přidělena váha 0,25 (25 %).

5.3.3 Tvar čelby

Jako přesný zdroj dat pro hodnocení tvaru čelby slouží záznamy z MWD. Při vrtání dalšího záběru jsou totiž zaznamenávány přesné souřadnice závrtných míst všech vrtů. Tvary čeleb pro všechny analyzované záběry jsou ukázány v příloze č. 4. K hodnocení je přistupováno tak, že čím rovnější je čelba, tím dostane více bodů. Maximum je 10 bodů, minimum 1 bod. Váha kritéria je 0,20 (20 %).

5.3.4 Doba vrtání pro odpal a nabíjení čelby

Jak již bylo řečeno, ražbu nelze v praxi hodnotit pouze na základě kvality odpalů, ale musíme brát v úvahu také její časovou náročnost a z ní vyplývající finanční náklady. Z tohoto důvodu byla jedním z hodnotících kritérií zvolena doba vrtání pro odpal a nabíjení čelby. Způsob přidělování bodů v podstatě není třeba komentovat – čím kratší čas, tím vyšší bodový zisk. Tomuto kritériu je přidělena váha 0,15 (15 %).

5.3.5 Doba odtěžování rubaniny a začištění výrubu

Obdobně jako u předchozího kritéria je postupováno i u kritéria doby odtěžování rubaniny a začištění výrubu. Rychlejší těžba a začištění znamená lepší hodnocení v podobě více bodů. Doba odtěžování hodně závisí na míře podrcení rubaniny. Případné velké bloky komplikují nakládání a v extrémních případech se dokonce musí přistoupit k přistřílce takového bloku. Začištění výrubu může značně urychlit šikovný a zkušený strojník, ovšem největší vliv na jeho trvání má zastižená geologie. Váha tohoto kritéria je 0,15 (15 %).

5.4 Proměnné faktory

Proměnné neboli námi ovlivnitelné faktory s určitým dopadem na ražbu můžeme rozdělit do dvou skupin. První skupinu tvoří faktory, které máme možnost nějakým způsobem kvantifikovat. To znamená, že je zároveň můžeme i snadno ohodnotit. Příkladem těchto faktorů je počet vrtů pro odpal či spotřebované množství trhaviny. Faktory zařazené do druhé skupiny bez provedení podrobnější analýzy v podstatě nijak posuzovat nemůžeme. Typickým reprezentantem takovýchto faktorů je vrtné schéma a plán nabíjení.

V rámci prováděné analýzy jsme zatím přiřadili body všem neměnným faktorům a hodnotícím kritériím. Vzájemným porovnáním součtů těchto bodů pro jednotlivé záběry jsme vyhodnotili míru využití potenciálu daných geologických podmínek. Jinak řečeno dostali jsme ohodnocení, jak vhodně byly v daných podmínkách nastaveny všechny proměnné faktory jako celek. Toto celkové ohodnocení všech proměnných faktorů je nyní ovšem nutné rozdělit mezi jednotlivé faktory. Velkou neznámou však zůstává, jakým poměrem tyto body rozdělit, zvláště když chceme objektivně ohodnotit i faktory, které není

možné nijak kvantifikovat. No a k tomu využijeme právě ty faktory, o nichž můžeme říci, že víme, jak vhodně byly nastaveny – např. hustota a teplota emulze zjištěná při provádění cup testu. Při rozdělování celkového bodového ohodnocení pak porovnáme bodový zisk faktoru z analýzy a známý bodový zisk tohoto faktoru z měření. Iterací hodnot bodových zisků se upraví jednotlivé přiřazené váhy a postupně dostaneme bodové ohodnocení všech proměnných faktorů včetně těch nekvantifikovatelných.

5.4.1 Vrtné schéma a plán nabíjení

Základním proměnným faktorem nastavovaným v každém záběru je vrtné schéma a plán nabíjení. Tento faktor nelze kvantifikovat a jeho bodové ohodnocení, čili vhodnost aplikace v daných podmínkách, je důležitým výstupem provedené analýzy. V posuzovaných záběrech bylo použito šest typů vrtných schémat a plánů nabíjení, konkrétně schémata č. II – VII (viz příloha č. 2). Liší se počtem vrtů, časováním rozbušek a samozřejmě také množstvím použité trhaviny. Váha tohoto faktoru je 0,25 (25 %).

5.4.2 Vrtné nářadí

Dalším nekvantifikovatelným faktorem řešeným v rámci analýzy je použité vrtné nářadí, konkrétně vrtné korunky. V průběhu ražby tunelu Moane se postupně vrtalo korunkami od třech výrobců. Pro potřeby analýzy jsou označeni písmeny A, B a C. Výstupem analýzy jsou tedy mimo jiné bodové zisky vrtných korunek od těchto výrobců. Tomuto faktoru je přidělena váha 0,05 (5 %).

5.4.3 Počet vrtů pro odpal

Počet produkčních vrtů vstupuje do analýzy jako kvantifikovatelný faktor. Předpokládáme, že čím více otvorů bude do čelby navrtáno a následně nabito, tím přesnější tvar výrubu po odpalu dostaneme. Ovšem za cenu toho, že celý pracovní cyklus bude trvat déle, spotřebuje se více vrtného nářadí a trhaviny a celkové náklady na záběr budou tedy vyšší. Proto platí, že čím je počet vrtů pro odpal nižší, tím je bodové hodnocení faktoru vyšší. Konkrétně zisk 10 bodů odpovídá 193 vrtům a zisk 8 bodů pak 236 vrtům. Hodnocení tohoto faktoru se tedy pohybuje v rozmezí 8 – 10 bodů. Váha faktoru činí 0,15 (15 %).

5.4.4 Přesnost geometrie vrtů

Mezi kvantifikovatelné proměnné faktory dále patří přesnost geometrie vrtů pro odpal. Data pro hodnocení tohoto faktoru čerpáme ze záznamů z MWD. Geometrie vrtů pro odpal všech analyzovaných záběrů je zobrazena v příloze č. 5. Je posuzována odchylka jednotlivých vrtů od vrtného schématu, přičemž je zejména kladen důraz na záломové vrty. Princip přidělování bodů je jednoduchý, větší přesnost vrtů znamená získání více bodů. Rozmezí bodů je od 7 do 10. Faktor má váhu 0,15 (15 %).

5.4.5 Referenční rovina

Vrtání pro odpal na referenční rovinu přináší lepší výsledek z hlediska tvaru čelby. Některé vrty jsou z důvodu srovnávání čelby kratší a tím pádem by mělo být vrtání rychlejší. Současně by ale mělo být rychlejší i nabíjení, protože zkrácené vrty rychleji vyplníme trhavinou. Po odpalu je méně rubaniny, tudíž jsme schopni ji odtěžit v kratším čase a plocha výrubu je menší, takže se zkrátí doba jejího začištění. Čili na jednu stranu můžeme říci, že vrtání na referenční rovinu ražbu urychluje. Na druhou stranu však musíme uvážit, že získáme kratší záběr, takže se ražba vlastně zpomaluje. Vhodně ohodnotit tento faktor tak představuje dosti složitý úkol. Na základě zkušeností z praxe ovšem můžeme říci, že zkrácení záběru vlivem vrtání na referenční rovinu bývá zanedbatelné, v řádu několika centimetrů. Proto pro potřeby naší analýzy bereme jako rozhodující fakt, že cyklus prací se díky referenční rovině zkrátí a to o desítky minut. Při nastavení vrtání na referenční rovinu je tedy tento faktor ohodnocen 10 body a při vrtání bez referenční roviny (na plnou délku vrtných tyčí) získává 8 bodů. Váha faktoru je 0,05 (5 %).

5.4.6 Množství trhavin

K tomuto faktoru přistupujeme obdobně jako k faktoru počtu vrtů pro odpal. Na jednu stranu větší množství trhavin je lepším předpokladem pro úspěšnost odpalu, na druhou stranu se navyšují náklady a samotné nabíjení pak trvá déle. Proto platí, že čím je celkové spotřebované množství trhavin v daném záběru nižší, tím je bodové hodnocení faktoru vyšší.

Zisk 10 bodů odpovídá použití 1238,0 kg trhavin a zisk 7 bodů pak 1658,7 kg trhavin. Hodnocení faktoru se tedy pohybuje v rozmezí 7 – 10 bodů. Faktoru je přidělena váha 0,15 (15 %).

5.4.7 Nastavení emulzní trhavin

Tímto faktorem se hodnotí nastavení poměru zcitlivovačů R1 a R2 v emulzní trhavině. Při jejich správném dávkování hodnota hustoty emulze během provádění cup testu klesá do optimálního rozmezí 0,85 – 0,90 g/cm³, respektive hmotnost vzorku se musí při ukončování zkoušky pohybovat v intervalu 359 – 375 g. Jelikož hodnoty hmotností vzorků pro všechny záběry a pro obě linie známe, přidělení bodů tomuto faktoru je velmi jednoduché. Čím více se naměřená hodnota blíží optimu, tím je její ohodnocení lepší. Bodový zisk jednotlivých záběrů je od 8 do 10 bodů. Váha přisouzená tomuto faktoru je 0,10 (10 %).

5.4.8 Teplota emulzní trhavin

Zjištěné hodnoty teploty emulzní trhavin při provádění cup testu se pohybují v rozmezí 12,1 – 15,1 °C. Rozsah použitelnosti emulze je od 5 do 50 °C, přičemž optimální teplota při aplikaci je 15 – 20 °C. K hodnocení tohoto faktoru je proto v našem případě přestoupeno tak, že vyšší naměřená hodnota teploty emulze znamená získání více bodů. Minimum je 8 bodů, maximum 10 bodů a váha faktoru činí 0,05 (5 %).

5.4.9 Retrakční jednotka

Posledním faktorem vstupujícím do prováděné analýzy je aplikace tzv. retrakční jednotky při nabíjení emulzní trhavinou. Způsob nabíjení s jejím použitím je hodnocen 10 body, jelikož se očekává optimální rozmístění emulze po délce vrtu, což by mělo zvýšit pravděpodobnost úspěšnosti odpalu. Při nabíjení bez použití retrakční jednotky je udělováno 8 bodů. Faktor má přidělenou váhu 0,05 (5 %).

5.5 Vyhodnocení

Výsledky provedené analýzy jsou přehledně ukázány prostřednictvím následujících tabulek. První skupinu tvoří tab. 5.1 - 1 až 5.1 - 6: Charakteristiky záběrů. Zde jsou do posledních detailů shrnuta veškerá data o jednotlivých záběrech, která se podařilo autorovi získat během ražby. Tato data sloužila jako vstupy pro vlastní analýzu. Druhou skupinou jsou tab. 5.2 - 1 až 5.2 - 4: Neměnné faktory – potenciál zisku bodů. V nich nalezneme reálné hodnoty a zároveň bodové ohodnocení všech neměnných faktorů pro každý záběr. Současně nám tyto tabulky ukazují bodový potenciál jednotlivých záběrů na základě hodnocení neovlivnitelných vstupních podmínek. Do třetí skupiny patří tab. 5.3 - 1 až 5.3 - 4: Hodnotící kritéria – zisk bodů. Dozvídáme se z nich, jak úspěšné byly jednotlivé odpaly, kolik bodů získaly záběry při hodnocení z hlediska jejich délky, tvaru výrubu, tvaru čelby či doby trvání jednotlivých pracovních operací. Zároveň vidíme, jak záběry využívají svůj potenciál získaný při hodnocení neměnných faktorů. Dozvídáme se zde také, jaké bodové hodnocení je přiděleno proměnným faktorům. Do čtvrté skupiny jsou zařazeny tab. 5.4 - 1 až 5.4 - 4: Proměnné faktory – body přidělené k jejich hodnocení. Tyto tabulky zobrazují skutečné hodnoty a bodové ohodnocení všech proměnných faktorů. Tedy i těch nekvantifikovatelných, u nichž byly body stanovovány iterací na základě vah a hodnot kvantifikovatelných faktorů.

Podrobným prostudováním všech těchto tabulek bychom mohli získat nespočet interesantních informací o ražbě tunelu Moane. Je velice těžké vybrat, které výsledky provedené analýzy jsou vlastně ty nejdůležitější. Přesto se pokusíme některá získaná data okomentovat a graficky vyjádřit. Zaměříme se především na výsledky, o nichž ze zkušenosti víme, že mohou být přínosné v praxi při ražbách. Jedná se tedy o data týkající se vrtných schémat a plánů nabíjení, vrtného nářadí, spotřeby trhaviny, nastavení emulzní trhaviny, vrtání na referenční rovinu či používání retrakční jednotky při nabíjení.

Pro zajímavost si ještě uvedeme pár zjištěných faktů. Pokud sečteme dobu vrtání pro odpal, nabíjení čelby, odtěžování rubaniny a začištění výrubu všech záběrů, zjistíme, že celý tunel bez zajišťování se vyrazil za čistý čas 29 dní 10 hodin a 9 minut. Přitom první odpal byl 29. 4. 2017 a k proražení tunelu došlo 18. 9. 2017, čili téměř za 5 měsíců. Překvapivá je také statistika

přistřílek. Celkem 61 % odpalů se muselo opravovat z důvodů podprofilů. 19 % ihned a 42 % s dalším záběrem. V součtu 81 % délky tunelu se vyrazilo pouze se dvěma vrtnými schémata a plány nabíjení. Vrtání na referenční rovinu bylo použito ve 30 % případů. Při ražbě se vytěžilo více než 37 500 m³ rubaniny a spotřebovalo se celkem 79 294,18 kg trhavin, z toho pouhá 3 % tvoří pevné trhaviny. Bylo osazeno 2318 svorníků a nastříkáno 1830,45 m³ betonu.

CHARAKTERISTIKY ZÁBĚRŮ									
Číslo záběru	Portál východ	1	2	3	4	5	6	7	
1	Staničení čelby [m]	---	9 859,75	9 862,00	9 865,00	9 867,50	9 871,00	9 875,50	9 880,50
2	Délka záběru [m]	---	1,75	2,25	3,00	2,50	3,50	4,50	5,00
3	Teoretická plocha čelby [m ²]	---	156,00	156,00	156,00	156,00	154,50	140,00	140,00
4	Teoretická kubatura záběru [m ³]	---	273,00	351,00	468,00	390,00	540,75	630,00	700,00
5	Číslo odpalu	---	1 - 12	13 - 19	20 - 22	23, 24	25	26	27, 28
6	Datum odpalu	---	29.4.2017	18.5.2017	26.5.2017	31.5.2017	3.6.2017	8.6.2017	10.6.2017
7	Čas odpalu	---	11:02	15:03	13:10	16:57	15:35	22:45	18:45
8	Doba vrtání pro odpal [h]	---	14:15	9:00	1:15	8:15	4:00	5:15	5:15
9	Vrtání na referenční rovinu (Ano/Ne)	---	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
10	Čas zahájení nabíjení čelby	---	Členěná čelba				6:45	17:45	14:00
11	Čas ukončení nabíjení čelby	---	12 částí	7 částí	3 částí	2 částí	11:45	20:00	16:15
12	Doba nabíjení čelby [h]	---	12:00	9:15	7:00	4:45	5:00	2:15	2:15
13	Použití retrakční jednotky při nabíjení (Ano/Ne)	---	---	---	---	---	Ano	Ano	Ano
14	Doba odtěžování rubaniny a začištění výrubu [h]	---	13:00	8:00	12:30	14:15	6:15	5:30	7:00
15	Doba záběru (vrtání, nabíjení, odtěžba, začištění) [h]	---	39:15:00	26:15:00	20:45:00	27:15:00	15:15:00	13:00:00	14:30:00
16	Přístřelka (Ano/Ne)	---	---	---	---	---	Ne	Ne	Ano
17	Přístřelka s dalším záběrem (Ano/Ne)	---	---	---	---	---	Ne	Ne	Ne
18	Vrtné schéma a plán nabíjení	---	---	---	---	---	I	II	III
19	Plánovaný počet produkčních vrtů [ks]	---	346	248	248	248	252	230	220
20	Plánovaný počet odlehčovacích vrtů [ks]	---	4	4	4	4	4	4	4
21	Celkový plánovaný počet vrtů [ks]	---	350	252	252	252	256	234	224
22	Skutečný počet produkčních vrtů [ks]	---	288	221	238	220	247	218	236
23	Skutečný počet odlehčovacích vrtů [ks]	---	8	4	4	4	4	4	4
24	Celkový skutečný počet vrtů [ks]	---	296	225	242	224	251	222	240
25	Celkový skutečný vs. celkový plánovaný počet vrtů [%]	---	85%	89%	96%	89%	98%	95%	107%
26	Vrtné nářadí - výrobce vrtných korunek	---	A	A	A	A	A	A	A
27	Počet neelektrických rozbušek [ks]	---	288	221	238	220	247	218	236
28	Počet neelektrických bunchů [ks]	---	25	38	40	0	3	0	3
29	Počet elektrických rozbušek [ks]	---	12	7	3	2	1	1	2
30	Celkový počet rozbušek [ks]	---	325	266	281	222	251	219	241
31	Nejvyšší stupeň zpoždění rozbušek [0,1 s]	---	---	---	---	---	50	55	60
32	Celkové teoretické množství emulzní trhaviny [kg]	---	---	---	---	---	1 381,50	1 314,10	1 314,10
33	Spotřebované množství emulzní trhaviny - linie 1 [kg]	---	---	---	---	---	678,10	651,90	651,90
34	Spotřebované množství emulzní trhaviny - linie 2 [kg]	---	---	---	---	---	663,00	637,50	637,50
35	Celkové spotřebované množství emulzní trhaviny [kg]	---	---	---	---	---	1 341,10	1 289,40	1 289,40
36	Celk. spotř. vs. celk. teor. množství emulzní trhaviny [%]	---	---	---	---	---	97%	98%	98%
37	Poměr zcitlivovačů R1/R2 - linie 1 [kg/min]	---	---	---	---	---	0,20/0,90	0,20/0,90	0,20/0,90
38	Poměr zcitlivovačů R1/R2 - linie 2 [kg/min]	---	---	---	---	---	0,20/0,90	0,20/0,90	0,20/0,90
39	Cup test - hmotnost vzorku - linie 1 [g]	---	---	---	---	---	398	403	403
40	Cup test - hmotnost vzorku - linie 2 [g]	---	---	---	---	---	406	414	414
41	Teplota emulzní trhaviny [°C]	---	---	---	---	---	12,6	12,2	12,2
42	Spotřebované množství pevných trhavin [kg]	---	485,29	289,30	339,59	350,85	398,29	5,95	19,75
43	Celkové spotřebované množství trhavin [kg]	---	485,29	289,30	339,59	350,85	398,29	1 347,05	1 309,15
44	Maximální množství trhaviny v časovém stupni [kg]	---	27,40	17,15	19,60	20,60	54,20	150,00	150,00
45	Měrná spotřeba trhaviny [kg/m ³]	---	1,78	0,82	0,73	0,90	0,74	2,14	1,87
46	Vzdálenost místa pro měření vibrací [m]	---	284	283	281	278	275	273	269
47	Maximální naměřená amplituda rychlosti kmitání [mm/s]	---	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	Počet svorníků délky 2,4 m [ks]	0	2	0	0	0	0	0	0
49	Počet svorníků délky 3,0 m [ks]	6	0	0	4	3	0	0	0
50	Počet svorníků délky 4,0 m [ks]	7	4	5	2	0	0	0	0
51	Počet svorníků délky 5,0 m [ks]	22	12	16	30	56	64	67	97
52	Počet svorníků délky 9,0 m [ks]	1	2	3	3	0	0	0	0
53	Celkový počet svorníků [ks]	36	20	24	39	59	64	67	97
54	Počet jehel délky 6,0 m [ks]	---	104	44	67	56	31	0	0
55	Počet jehel délky 8,0 m [ks]	---	0	0	0	0	0	19	24
56	Celkový počet jehel [ks]	---	104	44	67	56	31	19	24
57	Množství skalních pásů [m]	---	188,50	23,20	40,60	40,60	20,30	11,60	23,20
58	Ocelové výtěžné oblouky [kg]	---	0,00	0,00	512,80	512,80	1025,60	1025,60	1025,60
59	Tloušťka stříkaného betonu [cm]	---	25	20	15	15	15	15	15
60	Kubatura stříkaného betonu B35M45 [m ³]	23,25	30,00	39,00	47,00	19,50	38,50	70,00	58,00
61	Kubatura stříkaného betonu E700 [m ³]	11,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
62	Kubatura stříkaného betonu E1000 [m ³]	28,50	26,00	23,00	36,00	30,50	24,50	32,50	31,00
63	Celková kubatura stříkaného betonu [m ³]	62,75	56,00	62,00	83,00	50,00	63,00	102,50	89,00

Tab. 5.1 - 1: Charakteristiky záběrů

CHARAKTERISTIKY ZÁBĚRŮ													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	9 885,50	9 890,00	9 895,00	9 900,00	9 904,50	9 909,00	9 914,00	9 919,00	9 924,00	9 929,00	9 934,25	9 939,25	9 942,25
2	5,00	4,50	5,00	5,00	4,50	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,25	5,00	3,00
3	140,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	134,50	130,00	130,00
4	700,00	585,00	650,00	650,00	585,00	585,00	650,00	650,00	650,00	650,00	706,13	650,00	390,00
5	29	30, 31	32	33	34	35, 36	37, 38	39	40, 41	42	43, 50	44	45
6	15.6.2017	19.6.2017	21.6.2017	22.6.2017	23.6.2017	24.6.2017	26.6.2017	27.6.2017	28.6.2017	29.6.2017	30.6.2017	1.7.2017	4.7.2017
7	16:00	8:13	7:10	7:00	7:13	7:15	15:00	16:35	17:31	16:20	17:01	17:00	7:01
8	7:15	4:00	3:30	4:30	4:45	4:15	3:45	4:45	4:15	4:30	6:15	4:00	3:15
9	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
10	12:02	5:45	21:35	21:02	22:15	22:08	12:35	13:33	14:45	14:15	14:56	15:00	5:20
11	14:08	7:30	23:27	22:41	0:03	0:08	13:54	15:22	16:35	16:00	16:03	16:06	6:45
12	2:06	1:45	1:52	1:39	1:48	2:00	1:19	1:49	1:50	1:45	1:07	1:06	1:25
13	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
14	6:30	6:15	5:00	5:15	6:30	6:30	5:30	5:15	5:15	6:00	7:00	7:30	5:30
15	15:51:00	12:00:00	10:22:00	11:24:00	13:03:00	12:45:00	10:34:00	11:49:00	11:20:00	12:15:00	14:22:00	12:36:00	10:10:00
16	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
17	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne
18	IV	V	V	V	V	VI	VI	VI	VII	VI	VI (+studna)	VI	VI
19	222	210	210	210	210	194	194	194	212	194	194 (+30)	194	194
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	226	214	214	214	214	198	198	198	216	198	228	198	198
22	222	227	214	213	222	212	207	194	221	193	227	196	194
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	226	231	218	217	226	216	211	198	225	197	231	200	198
25	100%	108%	102%	101%	106%	109%	107%	100%	104%	99%	101%	101%	100%
26	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	B	B
27	222	227	214	213	222	212	207	194	221	193	227	196	194
28	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	2	1	1	1	2	2	1	2	1	2	1	1
30	227	229	215	214	223	214	209	195	223	194	229	197	195
31	55	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
32	1 337,70	1 253,30	1 253,30	1 253,30	1 253,30	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 313,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90
33	701,30	649,30	657,20	671,00	700,40	704,60	667,10	683,90	670,40	682,00	695,30	714,10	660,70
34	670,50	699,30	668,30	677,60	669,00	622,10	624,80	599,50	643,80	609,40	644,60	665,90	605,20
35	1 371,80	1 348,60	1 325,50	1 348,60	1 369,40	1 326,70	1 291,90	1 283,40	1 314,20	1 291,40	1 339,90	1 380,00	1 265,90
36	103%	108%	106%	108%	109%	112%	109%	108%	100%	109%	113%	116%	107%
37	0,20/0,90	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
38	0,20/0,90	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
39	401	371	370	375	373	379	374	366	377	366	376	376	377
40	405	388	385	391	388	385	381	389	391	388	380	390	381
41	12,5	13,2	12,8	12,1	12,5	13,3	13,2	13,8	13,7	13,5	13,7	13,7	13,1
42	6,05	14,36	6,63	6,41	6,90	12,54	13,13	5,20	15,16	5,76	41,40	6,28	5,45
43	1 377,85	1 362,96	1 332,13	1 355,01	1 376,30	1 339,24	1 305,03	1 288,60	1 329,36	1 297,16	1 381,30	1 386,28	1 271,35
44	150,00	160,00	160,00	160,00	160,00	112,00	112,00	112,00	147,40	112,00	146,00	112,00	112,00
45	1,97	2,33	2,05	2,08	2,35	2,29	2,01	1,98	2,05	2,00	1,96	2,13	3,26
46	263	259	255	250	245	241	237	232	228	223	219	214	209
47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	1	1	0	0	1	4	0	2	1	1	3	2	0
49	8	0	7	9	11	8	8	8	8	10	4	12	8
50	0	29	25	13	23	16	17	15	17	31	25	24	17
51	40	0	11	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	49	30	43	22	35	28	25	25	26	42	34	38	25
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	26	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	26	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	26,10	0,00	26,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	10	10	8	8	10	8	8	8	8	10	10	8	8
60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61	1,60	1,60	1,60	19,60	30,60	15,60	22,60	19,60	19,60	15,60	1,60	1,60	16,60
62	33,00	30,00	22,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,00	22,50	22,50	0,00
63	34,60	31,60	24,10	19,60	30,60	15,60	22,60	19,60	19,60	21,60	24,10	24,10	16,60

Tab. 5.1 - 2: Charakteristiky záběrů

CHARAKTERISTIKY ZÁBĚRŮ													
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	9 947,25	9 951,00	9 955,75	9 960,75	9 965,75	9 971,00	9 976,00	9 981,00	9 986,00	9 991,00	9 996,00	10 001,00	10 006,00
2	5,00	3,75	4,75	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
3	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
4	650,00	487,50	617,50	650,00	650,00	682,50	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
5	46	47	48	49	51	52	53	54, 55	56	57	58	59	60
6	4.7.2017	5.7.2017	6.7.2017	7.7.2017	31.7.2017	1.8.2017	2.8.2017	3.8.2017	4.8.2017	5.8.2017	7.8.2017	8.8.2017	9.8.2017
7	21:45	19:15	22:30	19:00	14:15	11:31	14:16	14:31	13:45	11:00	19:00	20:39	22:47
8	3:00	3:45	3:45	3:45	4:00	3:30	4:00	4:45	4:00	4:30	4:00	4:30	4:45
9	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
10	19:44	17:15	20:15	17:13	11:56	9:16	12:13	12:14	11:45	8:29	16:48	18:33	20:59
11	21:07	18:30	22:15	18:16	13:09	10:36	13:24	13:19	13:13	10:12	18:26	20:02	22:09
12	1:23	1:15	2:00	1:03	1:13	1:20	1:11	1:05	1:28	1:43	1:38	1:29	1:10
13	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
14	6:00	6:45	5:30	5:45	6:15	7:30	5:30	5:15	5:00	5:30	6:00	7:15	6:45
15	10:23:00	11:45:00	11:15:00	10:33:00	11:28:00	12:20:00	10:41:00	11:05:00	10:28:00	11:43:00	11:38:00	13:14:00	12:40:00
16	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
17	Ano	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
18	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI
19	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194	194
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198
22	203	198	197	194	195	194	194	200	196	197	199	204	194
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	207	202	201	198	199	198	198	204	200	201	203	208	198
25	105%	102%	102%	100%	101%	100%	100%	103%	101%	102%	103%	105%	100%
26	B	A	A	A	A	C	C	C	C	C	C	C	C
27	203	198	197	194	195	194	194	200	196	197	199	204	194
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
30	204	199	198	195	196	195	195	202	197	198	200	205	195
31	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
32	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90
33	625,10	686,50	732,20	668,20	691,50	693,30	711,00	702,00	704,60	705,80	719,60	719,20	699,90
34	618,10	556,90	598,10	563,80	670,30	644,90	618,80	599,70	652,40	663,60	638,40	664,70	640,70
35	1 243,20	1 243,40	1 330,30	1 232,00	1 361,80	1 338,20	1 329,80	1 301,70	1 357,00	1 369,40	1 358,00	1 383,90	1 340,60
36	105%	105%	112%	104%	115%	113%	112%	110%	114%	115%	114%	117%	113%
37	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
38	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
39	374	369	379	376	378	381	377	380	370	367	375	366	371
40	385	388	384	382	391	393	391	385	379	383	391	381	381
41	13,4	13,6	13,0	13,3	15,1	14,9	14,6	14,8	14,3	13,9	14,4	14,2	13,8
42	9,86	7,00	6,72	6,00	7,05	5,45	5,35	10,91	7,05	5,35	7,13	10,07	5,50
43	1 253,06	1 250,40	1 337,02	1 238,00	1 368,85	1 343,65	1 335,15	1 312,61	1 364,05	1 374,75	1 365,13	1 393,97	1 346,10
44	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00	112,00
45	1,93	2,56	2,17	1,90	2,11	1,97	2,05	2,02	2,10	2,12	2,10	2,14	2,07
46	207	202	199	193	190	185	181	177	172	168	164	160	155
47	0,00	0,00	0,00	0,00	2,10	2,20	2,40	2,10	2,60	3,20	2,70	6,70	3,50
48	0	0	0	0	2	3	2	0	0	0	2	3	0
49	8	12	8	12	12	12	12	8	11	12	8	12	6
50	18	25	19	26	23	27	25	15	24	29	31	29	34
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	26	37	27	38	37	42	39	23	35	41	41	44	40
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	8	8	8	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10
60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61	22,30	17,10	19,10	20,10	19,10	20,10	19,60	19,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,50	19,50	19,25	20,50	20,50
63	22,30	17,10	19,10	20,10	19,10	20,10	19,60	19,60	21,10	21,10	20,85	22,10	22,10

Tab. 5.1 - 3: Charakteristiky záběrů

CHARAKTERISTIKY ZÁBĚRŮ													
	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46
1	10 011,00	10 016,00	10 021,00	10 026,00	10 031,00	10 036,00	10 040,50	10 045,50	10 050,50	10 055,50	10 060,50	10 065,50	10 070,50
2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
3	134,50	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
4	672,50	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	585,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00
5	61	62, 63	64	65	66	67	68	69, 70	71	72, 73	74	75	76, 77
6	11.8.2017	12.8.2017	14.8.2017	16.8.2017	17.8.2017	18.8.2017	19.8.2017	21.8.2017	22.8.2017	23.8.2017	24.8.2017	25.8.2017	26.8.2017
7	10:40	12:07	21:40	7:42	8:15	7:00	7:00	12:00	13:30	14:00	17:17	17:00	17:30
8	5:45	4:00	4:30	5:15	4:30	4:30	4:30	5:00	4:45	4:45	5:30	4:45	5:00
9	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne
10	8:36	10:05	19:36	23:00	6:06	4:50	4:48	10:01	11:45	10:55	15:10	14:48	15:30
11	9:55	11:34	21:15	0:24	7:40	6:07	5:59	11:08	12:56	13:30	16:40	16:18	16:51
12	1:19	1:29	1:39	1:24	1:34	1:17	1:11	1:07	1:11	2:35	1:30	1:30	1:21
13	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
14	7:45	9:30	8:15	5:45	6:00	5:30	5:45	6:15	6:30	6:15	5:45	6:00	5:30
15	14:49:00	14:59:00	14:24:00	12:24:00	12:04:00	11:17:00	11:26:00	12:22:00	12:26:00	13:35:00	12:45:00	12:15:00	11:51:00
16	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano
17	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne
18	VI (+studna)	VI	VI	VI	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII
19	194 (+30)	194	194	194	212	212	212	212	212	212	212	212	212
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	228	198	198	198	216	216	216	216	216	216	216	216	216
22	224	198	194	197	217	212	210	216	215	225	217	214	230
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	228	202	198	201	221	216	214	220	219	229	221	218	234
25	100%	102%	100%	102%	102%	100%	99%	102%	101%	106%	102%	101%	108%
26	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B
27	224	198	194	197	217	212	210	216	215	225	217	214	230
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2	1	1	2
30	225	200	195	198	218	213	211	218	216	227	218	215	232
31	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
32	1 441,90	1 186,90	1 186,90	1 186,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90
33	954,10	678,20	692,00	711,60	696,10	702,50	691,10	692,00	690,90	771,60	750,40	747,30	681,40
34	698,50	646,90	640,30	633,90	761,50	747,50	742,40	693,40	744,70	707,40	744,30	733,30	756,10
35	1 652,60	1 325,10	1 332,30	1 345,50	1 457,60	1 450,00	1 433,50	1 385,40	1 435,60	1 479,00	1 494,70	1 480,60	1 437,50
36	115%	112%	112%	113%	111%	110%	109%	105%	109%	113%	114%	113%	109%
37	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
38	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
39	370	376	374	369	373	370	375	369	378	370	368	381	376
40	385	393	389	378	392	389	383	393	392	375	378	393	388
41	13,6	13,3	13,2	13,7	13,8	13,4	13,2	13,1	13,4	13,4	13,1	12,9	13,2
42	6,10	8,35	5,50	7,89	6,68	5,83	5,75	9,67	6,05	9,65	5,98	6,78	9,42
43	1 658,70	1 333,45	1 337,80	1 353,39	1 464,28	1 455,83	1 439,25	1 395,07	1 441,65	1 488,65	1 500,68	1 487,38	1 446,92
44	146,00	112,00	112,00	112,00	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40
45	2,47	2,05	2,06	2,08	2,25	2,24	2,46	2,15	2,22	2,29	2,31	2,29	2,23
46	151	147	143	139	136	132	128	125	121	118	115	111	109
47	3,00	3,50	2,80	3,60	3,20	4,20	5,20	4,30	5,80	6,10	7,80	5,00	5,80
48	3	5	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2
49	6	5	0	12	25	25	11	12	12	9	8	12	8
50	35	36	40	30	4	8	27	28	26	27	17	28	17
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	44	46	41	42	29	33	38	41	38	36	25	41	27
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
59	10	10	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8
60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
61	1,60	1,60	1,60	1,60	21,10	21,10	18,60	20,60	19,60	19,60	24,10	24,10	21,10
62	19,50	19,50	19,50	19,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
63	21,10	21,10	21,10	21,10	21,10	21,10	18,60	20,60	19,60	19,60	24,10	24,10	21,10

Tab. 5.1 - 4: Charakteristiky záběrů

CHARAKTERISTIKY ZÁBĚRŮ													
	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
1	10 075,00	10 080,00	10 085,00	10 090,00	10 095,00	10 100,00	10 105,00	10 110,00	10 115,00	10 120,25	10 125,50	10 130,50	10 134,00
2	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,25	5,25	5,00	3,50
3	130,00	130,00	130,00	134,50	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	154,50
4	585,00	650,00	650,00	672,50	650,00	650,00	650,00	650,00	650,00	682,50	682,50	650,00	540,75
5	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88,89	90,91	92
6	28.8.2017	29.8.2017	31.8.2017	31.8.2017	2.9.2017	4.9.2017	5.9.2017	6.9.2017	7.9.2017	8.9.2017	9.9.2017	11.9.2017	12.9.2017
7	19:01	22:03	7:05	22:44	9:25	9:15	10:01	7:01	10:30	7:12	9:40	12:15	21:00
8	5:00	5:00	5:30	4:30	4:45	4:00	4:00	4:30	3:15	4:15	4:00	3:45	3:45
9	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano
10	16:49	20:02	4:58	20:20	7:35	7:30	8:07	4:59	8:47	5:00	7:25	10:06	17:47
11	18:19	21:31	6:47	22:07	8:49	8:32	9:17	6:10	9:53	6:02	9:02	11:34	19:35
12	1:30	1:29	1:49	1:47	1:14	1:02	1:10	1:11	1:06	1:02	1:37	1:28	1:48
13	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
14	6:00	6:15	6:00	6:00	5:15	5:15	5:45	8:30	6:45	7:30	7:30	6:30	5:15
15	12:30:00	12:44:00	13:19:00	12:17:00	11:14:00	10:17:00	10:55:00	14:11:00	11:06:00	12:47:00	13:07:00	11:43:00	10:48:00
16	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne
17	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne
18	VII	VII	VII	VII (+studna)	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VIII
19	212	212	212	212 (+12)	212	212	212	212	212	212	212	212	260
20	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
21	216	216	216	228	216	216	216	216	216	216	216	216	264
22	215	212	217	224	212	212	214	212	212	215	224	220	260
23	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
24	219	216	221	228	216	216	218	216	216	219	228	224	264
25	101%	100%	102%	100%	100%	100%	101%	100%	100%	101%	106%	104%	100%
26	B	B	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
27	215	212	217	224	212	212	214	212	212	215	224	220	260
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
30	216	213	218	225	213	213	215	213	213	216	226	222	261
31	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	55
32	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 415,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	1 313,90	938,34
33	708,30	727,00	762,80	971,30	715,00	701,80	656,90	703,20	710,70	699,90	715,80	713,80	408,90
34	789,60	764,40	756,50	677,90	751,80	786,20	785,20	799,80	794,50	801,40	839,60	845,60	466,00
35	1 497,90	1 491,40	1 519,30	1 649,20	1 466,80	1 488,00	1 442,10	1 503,00	1 505,20	1 501,30	1 555,40	1 559,40	874,90
36	114%	114%	116%	116%	112%	113%	110%	114%	115%	114%	118%	119%	93%
37	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
38	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
39	372	370	366	367	373	377	376	368	373	364	371	369	375
40	390	391	387	379	389	389	388	378	380	377	378	382	380
41	13,5	13,1	12,7	13,2	13,0	12,4	12,6	12,7	12,6	13,3	13,1	12,9	12,7
42	5,88	5,88	9,34	6,03	6,05	5,55	26,83	8,34	5,80	5,80	16,72	9,27	31,53
43	1 503,78	1 497,28	1 528,64	1 655,23	1 472,85	1 493,55	1 468,93	1 511,34	1 511,00	1 507,10	1 572,12	1 568,67	906,43
44	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	147,40	94,00
45	2,57	2,30	2,35	2,46	2,27	2,30	2,26	2,33	2,32	2,21	2,30	2,41	1,68
46	106	103	101	99	97	95	93	92	91	90	89	89	89
47	10,50	6,60	6,80	7,50	9,30	7,70	8,10	8,00	9,20	9,40	10,00	10,30	5,00
48	0	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0
49	12	8	12	8	8	0	0	0	0	0	0	0	12
50	28	18	28	19	26	43	43	41	38	39	44	41	33
51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53	40	27	40	28	35	43	43	41	40	39	44	41	45
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,10
58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	512,80
59	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10	10	10	10
60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,50
61	19,35	21,35	20,35	20,35	19,35	24,35	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	0,00	0,00
62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,00	20,00	19,50	20,50	20,50	26,50	19,00
63	19,35	21,35	20,35	20,35	19,35	24,35	21,60	21,60	21,10	22,10	22,10	26,50	36,50

Tab. 5.1 - 5: Charakteristiky záběrů

	CHARAKTERISTIKY ZÁBĚRŮ			MINIMUM	MAXIMUM	PRŮMĚR	MEDIÁN	CELKEM	PROCENTO		
	60	61	Portál západ								
1	10 137,00	10 140,50	---	9 859,75	10 140,50	---	---	---	---	---	
2	3,00	3,50	---	1,75	5,25	4,63	5,00	282,50	---	---	
3	154,50	154,50	---	130,00	156,00	134,02	130,00	---	---	---	
4	463,50	540,75	---	273,00	706,13	615,02	650,00	37 516,38	---	---	
5	93	94	---	1	94	---	---	---	---	---	
6	13.9.2017	18.9.2017	---	29.4.2017	18.9.2017	---	---	---	---	---	
7	21:35	12:00	---	7:00	22:47	---	---	---	---	---	
8	3:30	5:00	---	3:00	7:15	4:26	4:30	253:15:00	---	---	
9	Ano	Ne	---	---	---	---	---	Ano - 18	30%	---	
10	19:13	6:11	---	4:48	23:00	---	---	---	---	---	
11	20:56	8:33	---	5:59	0:24	---	---	---	---	---	
12	1:43	2:22	---	1:02	5:00	1:35	1:29	90:24:00	---	---	
13	Ano	Ano	---	---	---	---	---	Ano - 45	80%	---	
14	5:30	14:00	---	5:00	14:00	6:21	6:00	362:30:00	---	---	
15	10:43:00	21:22:00	---	10:10	21:22	12:23	12:15	706:09:00	= 29 dní 10 hod 9 min		
16	Ne	Ne	---	---	---	---	---	Ano - 11	19%	61%	
17	Ne	Ne	---	---	---	---	---	Ano - 24	42%	---	
18	VIII	VIII	---	I	VIII	---	---	---	VI - 24	VII - 22	Σ 46
19	260	260	---	194	346	213,0	212	12354	42%	39%	81%
20	4	4	---	4	4	4,0	4	244	---	---	---
21	264	264	---	198	350	217,5	216	13270	---	---	---
22	260	261	---	193	288	215,0	214	13114	98%	---	100%
23	4	4	---	4	8	4,1	4	248	2%	---	---
24	264	265	---	197	296	219,0	218	13362	A - 19	31%	---
25	100%	100%	---	85%	109%	101%	101%	101%	B - 14	23%	100%
26	C	C	---	A	C	---	---	---	C - 28	46%	---
27	260	261	---	193	288	215,0	214	13 114	98%	---	100%
28	0	0	---	0	40	1,9	0	113	1%	---	---
29	1	1	---	1	12	1,5	1	94	1%	---	---
30	261	262	---	194	325	218,4	215	13 321	---	---	---
31	55	55	---	50	60	50,6	50	---	---	---	---
32	938,34	938,34	---	938,34	1 441,90	1243,03	1 253,30	69 609,92	---	---	---
33	470,60	494,10	---	408,90	971,30	694,03	699,90	38 865,50	51%	---	100%
34	556,20	505,40	---	466,00	845,60	678,59	667,10	38 001,20	49%	---	---
35	1 026,80	999,50	---	874,90	1 652,60	1372,62	1 359,90	76 866,70	97%	---	---
36	109%	107%	---	93%	119%	110%	112%	110%	---	---	---
37	0,22/0,95	0,22/0,95	---	0,20/0,90	0,22/0,95	---	---	---	---	---	---
38	0,22/0,95	0,22/0,95	---	0,20/0,90	0,22/0,95	---	---	---	---	---	100%
39	366	373	---	364	403	374,2	373	---	---	---	---
40	389	376	---	375	414	386,7	388	---	---	---	---
41	12,5	12,8	---	12,1	15,1	13,3	13,2	---	---	---	---
42	31,53	31,55	---	5,20	485,29	39,79	7,00	2 427,48	3%	---	---
43	1 058,33	1 031,05	---	289,30	1 658,70	1299,90	1 364,05	79 294,18	---	---	---
44	94,00	94,00	---	17,15	160,00	123,11	146,00	---	---	---	---
45	2,28	1,91	---	0,73	3,26	2,09	2,14	---	---	---	---
46	89	89	---	89	284	171,4	164	---	---	---	---
47	5,40	3,00	---	0,00	10,50	3,36	2,80	---	---	---	---
48	0	7	---	0	7	0,9	0	55	2%	---	---
49	12	0	---	0	25	7,5	8	458	20%	---	100%
50	28	22	---	0	44	23,0	25	1402	60%	---	---
51	0	0	---	0	97	6,5	0	395	17%	---	---
52	0	0	---	0	3	0,1	0	8	1%	---	---
53	40	29	---	20	97	38,0	39	2318	---	---	---
54	40	0	---	0	104	6,2	0	376	70%	---	100%
55	0	57	---	0	57	2,6	0	158	30%	---	---
56	40	57	---	0	104	8,8	0	534	---	---	---
57	34,80	0,00	---	0,00	188,50	7,56	0,00	461,10	---	---	---
58	512,80	512,80	---	0,00	1 025,60	92,47	0,00	5 640,80	---	---	---
59	10	10	---	8	25	9,8	10	---	---	---	---
60	44,50	106,00	---	0,00	106,00	7,70	0,00	470,00	26%	---	100%
61	0,00	0,00	13,00	0,00	30,60	10,86	15,60	662,20	36%	---	---
62	14,00	21,00	---	0,00	36,00	11,45	6,00	698,25	38%	---	---
63	58,50	127,00	13,00	15,60	127,00	30,01	21,10	1 830,45	---	---	---

Tab. 5.1 - 6: Charakteristiky záběrů

Tab. 5.2 - 1: Neměnné faktory – potenciál zisku bodů

NEMĚNNÉ FAKTORY														
Číslo záběru	Portál východ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Geologie - mapování čelby	---	---	---	---	---	3,0	3,0	4,0	5,0	6,0	6,0	5,0	
2	RQD/J _n	---	40/15	40/15	50/15	60/15	60/15	60/15	60/12	60/9	60/9	75/9	75/9	60/9
3	J _r /J _a	---	1,0/8,0	1,0/6,0	1,0/6,0	1,0/4,0	1,0/4,0	1,0/3,0	1,0/3,0	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/2,0	
4	J _w /SRF	---	1,0/7,5	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/2,5	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	
5	Index Q	---	0,04	0,09	0,11	0,2	0,2	0,3	0,3	1,3	3,3	4,2	4,2	3,3
6	Třída masivu	---	F	F	E	E	E	E	D	D	C	C	D	
7	Vystrojovací třída	---	V	V	IV	IV	IV	IV	IV	III	III	II	II	III
8	Váha 20 % (0,20) → maximálně 20 bodů	---	---	---	---	---	6,0	6,0	8,0	10,0	12,0	12,0	10,0	
9	Geologie - Measurement While Drilling (MWD)	---	---	---	---	---	6,4	5,4	5,2	6,0	5,8	6,4	6,0	
10	Tvrđost	---	25,916	45,512	71,499	49,017	60,355	79,182	85,195	78,691	82,852	82,578	77,846	75,660
11	Váha 10 % (0,10) → maximálně 10 bodů	---	---	---	---	---	2,0	1,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	
12	Puklinatost	---	11,346	3,403	4,078	3,467	4,420	5,289	6,234	8,369	5,762	5,985	5,364	6,475
13	Váha 10 % (0,10) → maximálně 10 bodů	---	---	---	---	---	9,0	8,0	6,0	9,0	9,0	9,0	8,0	
14	Voda	---	1,564	0,551	0,828	0,664	0,738	0,851	0,921	0,857	0,765	0,927	0,844	0,836
15	Váha 5 % (0,05) → maximálně 5 bodů	---	---	---	---	---	5,0	4,5	5,0	5,0	4,5	5,0	5,0	
16	Váha 25 % (0,25) → maximálně 25 bodů	---	---	---	---	---	16,0	13,5	13,0	15,0	14,5	16,0	15,0	
17	Penetrace	---	---	---	---	---	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	
18	Průměrná rychlost penetrace [m/min]	---	2,37	2,45	2,60	1,80	2,48	2,64	2,70	2,59	2,89	3,02	2,66	2,79
19	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	13,5	13,5	13,5	15,0	15,0	13,5	13,5	
20	Čistota vrtů	---	---	---	---	---	5,0	5,7	6,7	7,3	7,3	8,0	7,3	
21	J _n - počet puklinových systémů	---	15	15	15	15	15	12	9	9	9	9	9	
22	Váha 5 % (0,05) → maximálně 5 bodů	---	---	---	---	---	2,5	3,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	
23	Doba nabíjení čelby [h]	---	12:00	9:15	7:00	4:45	5:00	2:15	2:15	2:06	1:45	1:52	1:39	1:48
24	Váha 10 % (0,10) → maximálně 10 bodů	---	---	---	---	---	5,0	5,0	6,0	7,0	7,0	8,0	7,0	
25	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	7,5	8,5	10,0	11,0	11,0	12,0	11,0	
26	Celková délka vrtů pro odpal	---	---	---	---	---	10,0	10,0	10,0	7,0	9,0	9,0	9,0	
27	Skutečná celková délka vrtů pro odpal [m]	---	2251,23	1240,45	1034,77	1354,63	1166,72	1261,62	1326,23	1317,04	922,35	1116,49	1140,91	1133,90
28	Váha 10 % (0,10) → maximálně 10 bodů	---	---	---	---	---	10,0	10,0	10,0	7,0	9,0	9,0	9,0	
29	Vliv předešlého záběru	---	---	---	---	---	6,0	6,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	
30	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	9,0	9,0	9,0	9,0	10,5	10,5	10,5	
POTENCIÁL ZISKU BODŮ CELKEM (maximálně 100 bodů)		---	---	---	---	---	62	60	64	67	72	73	69	

Tab. 5.2 - 2: Neměnné faktory – potenciál zisku bodů

NEMĚNNÉ FAKTORY																		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	6,0	6,0	6,0	6,0	4,0	5,0	6,0	6,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	5,0
2	75/6	75/6	75/6	75/9	50/9	60/9	75/9	75/6	80/6	80/6	80/6	90/6	80/9	70/9	80/9	75/6	70/6	60/9
3	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/3,0	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/2,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/4,0	1,5/4,0	1,5/4,0
4	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0
5	6,3	6,3	6,3	4,2	1,9	3,3	4,2	6,3	13,0	13,0	20,0	23,0	13,0	5,8	6,7	4,7	4,4	2,5
6	C	C	C	C	D	D	C	C	B	B	B	B	B	C	C	C	C	D
7	II	II	II	II	III	III	II	II	I	I	I	I	I	II	II	II	II	III
8	12,0	12,0	12,0	12,0	8,0	10,0	12,0	12,0	16,0	16,0	16,0	16,0	16,0	12,0	12,0	12,0	12,0	10,0
9	6,0	7,2	5,8	6,6	6,2	5,2	6,4	6,4	6,4	7,2	6,4	6,6	6,6	6,2	7,2	6,6	6,4	7,0
10	77,607	66,854	75,108	78,430	74,085	73,133	64,162	13,610	13,584	8,827	13,338	10,520	12,628	9,777	0,960	9,559	8,384	0,167
11	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0	8,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0
12	6,115	4,486	6,141	4,645	5,776	8,400	6,138	9,255	9,734	8,085	9,919	10,389	9,718	10,620	9,337	9,479	9,741	9,291
13	8,0	10,0	8,0	10,0	9,0	6,0	8,0	5,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0
14	0,820	0,833	0,898	0,936	0,911	0,851	0,833	1,546	1,472	1,533	1,513	1,425	1,438	1,690	1,558	1,810	1,944	1,778
15	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,5	3,5	2,5	3,0	2,5	2,0	2,5
16	15,0	18,0	14,5	16,5	15,5	13,0	16,0	16,0	16,0	18,0	16,0	16,5	16,5	15,5	18,0	16,5	16,0	17,5
17	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	7,0	8,0	7,0
18	2,68	2,43	2,38	2,28	2,47	2,61	2,30	2,63	2,51	2,44	2,51	2,57	2,63	2,68	2,44	2,15	2,37	2,13
19	13,5	12,0	12,0	12,0	12,0	13,5	12,0	13,5	12,0	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	12,0	10,5	12,0	10,5
20	7,3	9,3	8,0	7,3	7,3	9,3	9,3	9,3	9,3	9,3	7,3	10,0	8,7	8,7	8,7	10,0	8,7	7,3
21	6	6	6	9	9	9	9	6	6	6	6	6	9	9	9	6	6	9
22	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0
23	2:00	1:19	1:49	1:50	1:45	1:07	1:06	1:25	1:23	1:15	2:00	1:03	1:13	1:20	1:11	1:05	1:28	1:43
24	6,0	9,0	7,0	7,0	7,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	6,0	10,0	9,0	9,0	9,0	10,0	8,0	7,0
25	11,0	14,0	12,0	11,0	11,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	11,0	15,0	13,0	13,0	13,0	15,0	13,0	11,0
26	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
27	1039,51	1043,79	1051,57	1094,82	1042,62	1036,23	1034,57	1040,60	876,10	1045,36	941,90	1042,60	1086,96	1045,00	1041,08	1122,17	1056,18	1035,30
28	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
29	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	7,0	8,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0
30	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	12,0	12,0	10,5	12,0	12,0	10,5	10,5	10,5	10,5
	70	75	69	70	65	69	73	74	76	80	74	80	79	74	74	74	72	68

Tab. 5.2 - 3: Neměnné faktory – potenciál zisku bodů

NEMĚNNÉ FAKTORY																		
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	5,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
2	60/9	50/9	60/9	70/9	60/9	75/9	80/9	80/9	70/9	80/6	70/9	70/12	70/9	50/9	70/9	70/12	80/9	80/9
3	1,5/4,0	1,5/4,0	1,5/4,0	1,5/4,0	1,5/4,0	1,5/4,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/2,0
4	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0	1,0/1,0
5	2,5	2,1	2,5	2,9	2,5	3,1	6,7	6,7	5,8	10,0	5,8	4,4	5,8	4,2	5,8	4,4	6,7	6,7
6	D	D	D	D	D	D	C	C	C	B	C	C	C	C	C	C	C	C
7	III	III	III	III	III	III	II	II	II	I	II	II	II	II	II	II	II	II
8	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	12,0	12,0	12,0	16,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
9	5,8	6,4	7,6	7,4	6,2	6,6	6,8	6,4	6,4	7,4	6,8	6,4	6,6	7,2	7,6	7,6	7,0	6,6
10	2,832	6,096	-2,926	1,215	4,697	2,239	5,283	15,499	12,295	11,206	11,719	5,344	5,635	1,012	-0,728	-0,886	1,318	5,168
11	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0
12	10,445	9,839	8,819	8,656	9,751	9,098	9,213	8,901	9,899	8,908	9,821	10,188	9,730	9,759	8,253	8,710	9,206	9,169
13	4,0	5,0	6,0	6,0	5,0	5,0	5,0	6,0	5,0	6,0	5,0	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0	5,0	5,0
14	2,145	1,986	1,630	1,776	2,140	1,767	1,619	1,969	1,566	1,424	1,486	1,585	1,787	1,539	1,548	1,620	1,695	1,763
15	1,5	2,0	3,0	2,5	1,5	2,5	3,0	2,0	3,0	3,5	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5
16	14,5	16,0	19,0	18,5	15,5	16,5	17,0	16,0	16,0	18,5	17,0	16,0	16,5	18,0	19,0	19,0	17,5	16,5
17	6,0	7,0	7,0	7,0	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	7,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
18	1,79	1,98	2,01	2,02	1,92	2,09	2,10	2,46	2,48	2,52	2,13	2,28	2,16	2,24	2,22	2,22	2,09	2,12
19	9,0	10,5	10,5	10,5	9,0	10,5	10,5	12,0	12,0	12,0	10,5	12,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
20	8,0	8,0	8,7	8,7	8,0	8,0	8,7	8,0	8,7	9,3	9,3	8,3	5,3	8,0	8,0	8,3	8,0	8,0
21	9	9	9	9	9	9	9	9	9	6	9	12	9	9	9	12	9	9
22	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	3,5	4,0	4,0	4,0	3,5	4,0	4,0
23	1:38	1:29	1:10	1:19	1:29	1:39	1:24	1:34	1:17	1:11	1:07	1:11	2:35	1:30	1:30	1:21	1:30	1:29
24	8,0	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0	9,0	10,0	9,0	4,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
25	12,0	12,0	13,0	13,0	12,0	12,0	13,0	12,0	13,0	14,0	14,0	12,5	8,0	12,0	12,0	12,5	12,0	12,0
26	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	8,0	9,0
27	1061,76	1080,59	1050,92	1189,84	1036,51	1043,87	1040,49	1069,03	1136,31	1090,89	991,20	1135,48	1163,42	1023,78	1102,34	1134,77	1066,79	1177,01
28	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	8,0	9,0
29	7,0	6,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	8,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
30	10,5	9,0	9,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	12,0	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
	64	64	70	72	65	68	71	71	73	79	74	72	67	71	73	74	71	71

Tab. 5.2 - 4: Neměnné faktory – potenciál zisku bodů

- 102 -

NEMĚNNÉ FAKTORY														MINIMUM	MAXIMUM	PRŮMĚR	MEDIÁN	
49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	Portál západ					
1	6,0	6,0	7,0	8,0	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0	---	---	---	---	3,0	8,0	5,7	6,0
2	80/9	80/9	80/9	80/9	80/9	90/9	80/12	80/12	80/9	80/18	75/18	70/18	60/18	---	---	---	---	---
3	1,5/2,0	1,5/2,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	1,5/1,0	---	---	---	---	---
4	1,0/1,0	0,66/1,0	0,66/1,0	1,0/1,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	1,0/5,0	---	---	---	---	---
5	6,7	4,4	8,8	13,0	2,7	3,0	2,0	2,0	2,7	1,3	1,3	1,2	1,0	---	0,3	23,0	5,6	4,4
6	C	C	C	B	D	D	D	D	D	D	D	D	D	---	E	B	---	---
7	II	II	I	I	III	III	III	III	III	III	III	III	III	---	IV	I	---	---
8	12,0	12,0	14,0	16,0	10,0	10,0	8,0	8,0	10,0	8,0	---	---	---	---	6,0	16,0	11,4	12,0
9	7,0	7,2	7,6	7,4	7,6	7,8	7,8	7,6	7,2	7,2	---	---	---	---	5,2	7,8	6,7	6,6
10	5,429	6,530	4,268	10,200	10,321	10,931	9,003	7,959	10,565	10,565	9,899	6,492	10,923	---	-2,926	85,195	25,387	10,321
11	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	---	---	---	---	1,0	10,0	7,2	9,0
12	8,745	8,078	7,922	8,685	7,736	7,891	7,758	7,600	8,561	8,561	10,103	10,727	13,149	---	4,486	10,620	8,314	8,710
13	6,0	6,0	7,0	6,0	7,0	7,0	7,0	7,0	6,0	6,0	---	---	---	---	4,0	10,0	6,2	6,0
14	1,693	1,495	1,557	1,444	1,480	1,357	1,352	1,506	1,572	1,572	1,703	1,676	1,700	---	0,765	2,145	1,431	1,533
15	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,5	3,5	3,0	3,0	3,0	---	---	---	---	1,5	5,0	3,3	3,0
16	17,5	18,0	19,0	18,5	19,0	19,5	19,5	19,0	18,0	18,0	---	---	---	---	13,0	19,5	16,7	16,5
17	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	9,0	9,0	---	---	---	---	6,0	10,0	7,9	8,0
18	1,98	2,16	2,06	2,46	2,50	2,36	2,57	2,51	2,58	2,58	2,56	2,51	2,43	---	1,79	3,02	2,38	2,44
19	10,5	10,5	10,5	12,0	12,0	12,0	13,5	12,0	13,5	13,5	---	---	---	---	9,0	15,0	11,9	12,0
20	7,3	7,3	8,7	9,3	8,7	8,7	9,0	9,0	8,0	6,3	---	---	---	---	5,0	10,0	8,2	8,0
21	9	9	9	9	9	9	12	12	9	18	18	18	18	---	6,0	18,0	8,9	9,0
22	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,5	3,5	4,0	1,5	---	---	---	---	1,5	5,0	4,1	4,0
23	1:49	1:47	1:14	1:02	1:10	1:11	1:06	1:02	1:37	1:28	1:48	1:43	2:22	---	1:02	2:35	1:30	1:28
24	7,0	7,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	8,0	8,0	---	---	---	---	4,0	10,0	8,2	8,0
25	11,0	11,0	13,0	14,0	13,0	13,0	13,5	13,5	12,0	9,5	---	---	---	---	7,5	15,0	12,2	12,0
26	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	8,0	8,0	---	---	---	---	7,0	10,0	8,4	8,0
27	1152,49	1209,27	1130,49	1155,84	1142,83	1127,78	1020,65	1133,61	1079,62	1026,95	795,21	757,31	834,57	---	876,10	1 326,23	1 088,10	1 069,03
28	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	8,0	8,0	---	---	---	---	7,0	10,0	8,4	8,0
29	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	7,0	7,0	7,0	---	---	---	---	6,0	8,0	7,1	7,0
30	10,5	10,5	10,5	12,0	12,0	12,0	12,0	10,5	10,5	10,5	---	---	---	---	9,0	12,0	10,6	10,5
	71	71	76	82	75	76	75	72	72	68	---	---	---	---	60	82	71	72

HODNOTÍCÍ KRITÉRIA														
Číslo záběru	Portál východ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Délka záběru	---	---	---	---	---	9,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	9,0	
2	Délka záběru [m]	---	1,75	2,25	3,00	2,50	3,50	4,50	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	4,50
3	Váha 25 % (0,25) → maximálně 25 bodů	---	---	---	---	---	22,5	25,0	25,0	22,5	25,0	25,0	22,5	
4	Tvar výrubu (z 3D skenování)	---	---	---	---	---	7,0	5,0	4,0	5,0	2,0	3,0	7,0	
5	Váha 25 % (0,25) → maximálně 25 bodů	---	---	---	---	---	17,5	12,5	10,0	12,5	5,0	7,5	17,5	
6	Tvar čelby (z MWD)	---	---	---	---	---	1,0	5,0	3,0	8,0	7,0	7,0	6,0	
7	Váha 20 % (0,20) → maximálně 20 bodů	---	---	---	---	---	2,0	10,0	6,0	16,0	14,0	14,0	12,0	
8	Doba vrtání pro odpal a nabíjení čelby	---	---	---	---	---	7,0	7,0	5,0	9,0	9,0	8,0	8,0	
9	Doba vrtání pro odpal a nabíjení čelby [h]	---	2:15	18:15	8:15	13:00	9:00	7:30	7:30	9:21	5:45	5:22	6:09	6:33
10	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	10,5	10,5	7,5	13,5	13,5	12,0	12,0	
11	Doba odtěžování rubaniny a začištění výrubu	---	---	---	---	---	9,0	8,0	8,0	9,0	10,0	10,0	8,0	
12	Doba odtěžování rubaniny a začištění výrubu [h]	---	13:00	8:00	12:30	14:15	6:15	5:30	7:00	6:30	6:15	5:00	5:15	6:30
13	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	13,5	12,0	12,0	13,5	15,0	15,0	12,0	
	ZISK BODŮ CELKEM (maximálně 100 bodů)	---	---	---	---	---	57	60	52	67	62	63	65	
	POTENCIÁL ZISKU BODŮ CELKEM (maximálně 100 bodů)	---	---	---	---	---	62	60	64	67	72	73	69	
	ZISK BODŮ CELKEM (maximálně 100 bodů)	---	---	---	---	---	57	60	52	67	62	63	65	
	VYUŽITÍ POTENCIÁLU [%] (maximálně 100 %)	---	---	---	---	---	92%	100%	82%	100%	87%	87%	95%	
	BODY PŘIDĚLENÉ K HODNOCENÍ PROMĚNNÝCH FAKTORŮ CELKEM (maximálně 100 bodů)	---	---	---	---	---	92	100	82	100	87	87	95	

Tab. 5.3 - 1: Hodnotící kritéria – zisk bodů

HODNOTÍCÍ KRITÉRIA																		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	6,0	10,0	7,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
2	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,25	5,00	3,00	5,00	3,75	4,75	5,00	5,00	5,25	5,00	5,00	5,00	5,00
3	22,5	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	15,0	25,0	17,5	22,5	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
4	7,0	8,0	2,0	5,0	1,0	7,0	5,0	8,0	3,0	8,0	7,0	10,0	7,0	4,0	8,0	6,0	5,0	8,0
5	17,5	20,0	5,0	12,5	2,5	17,5	12,5	20,0	7,5	20,0	17,5	25,0	17,5	10,0	20,0	15,0	12,5	20,0
6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	7,0	5,0	10,0	5,0	9,0	6,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
7	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	14,0	10,0	20,0	10,0	18,0	12,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0
8	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	7,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	8,0
9	6:15	5:04	6:34	6:05	6:15	7:22	5:06	4:40	4:23	5:00	5:45	4:48	5:13	4:50	5:11	5:50	5:28	6:13
10	12,0	13,5	12,0	12,0	12,0	10,5	13,5	15,0	15,0	13,5	13,5	15,0	13,5	15,0	13,5	13,5	13,5	12,0
11	8,0	9,0	10,0	10,0	9,0	8,0	7,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	7,0	9,0	10,0	10,0	9,0
12	6:30	5:30	5:15	5:15	6:00	7:00	7:30	5:30	6:00	6:45	5:30	5:45	6:15	7:30	5:30	5:15	5:00	5:30
13	12,0	13,5	15,0	15,0	13,5	12,0	10,5	13,5	13,5	12,0	13,5	13,5	13,5	10,5	13,5	15,0	15,0	13,5
	64	71	58	64	54	65	65	63	70	63	73	78	68	61	71	68	65	68
	70	75	69	70	65	69	73	74	76	80	74	80	79	74	74	74	72	68
	64	71	58	64	54	65	65	63	70	63	73	78	68	61	71	68	65	68
	91%	95%	84%	92%	83%	93%	90%	85%	92%	78%	99%	98%	87%	82%	96%	92%	91%	100%
	91	95	84	92	83	93	90	85	92	78	99	98	87	82	96	92	91	100

Tab. 5.3 - 2: Hodnotící kritéria – zisk bodů

HODNOTÍCÍ KRITÉRIA																		
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0
2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,50	5,00
3	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	22,5	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	22,5	25,0
4	5,0	7,0	6,0	5,0	6,0	9,0	7,0	9,0	9,0	9,0	9,0	6,0	6,0	6,0	4,0	6,0	6,0	7,0
5	12,5	17,5	15,0	12,5	15,0	22,5	17,5	22,5	22,5	22,5	22,5	15,0	15,0	15,0	10,0	15,0	15,0	17,5
6	2,0	3,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	5,0	4,0	6,0	4,0	4,0	5,0	8,0	4,0	5,0	5,0
7	4,0	6,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0	10,0	8,0	12,0	8,0	8,0	10,0	16,0	8,0	10,0	10,0
8	9,0	8,0	8,0	7,0	9,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	7,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0
9	5:38	5:59	5:55	7:04	5:29	6:09	6:39	6:04	5:47	5:41	6:07	5:56	7:20	7:00	6:15	6:21	6:30	6:29
10	13,5	12,0	12,0	10,5	13,5	12,0	12,0	12,0	13,5	13,5	12,0	12,0	10,5	10,5	12,0	12,0	12,0	12,0
11	9,0	8,0	8,0	7,0	5,0	6,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
12	6:00	7:15	6:45	7:45	9:30	8:15	5:45	6:00	5:30	5:45	6:15	6:30	6:15	5:45	6:00	5:30	6:00	6:15
13	13,5	12,0	12,0	10,5	7,5	9,0	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	12,0	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
	59	62	62	59	61	68	67	70	73	69	73	62	62	64	66	63	63	67
	64	64	70	72	65	68	71	71	73	79	74	72	67	71	73	74	71	71
	59	62	62	59	61	68	67	70	73	69	73	62	62	64	66	63	63	67
	92%	98%	89%	82%	94%	100%	94%	99%	100%	87%	99%	86%	93%	90%	90%	86%	89%	95%
	92	98	89	82	94	100	94	99	100	87	99	86	93	90	90	86	89	95

Tab. 5.3 - 3: Hodnotící kritéria – zisk bodů

	HODNOTÍCÍ KRITÉRIA														MINIMUM	MAXIMUM	PRŮMĚR	MEDIÁN
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	Portál západ				
1	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	---	---	---	---	6,0	10,0	9,7	10,0
2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,25	5,25	5,00	3,50	3,00	3,50	---	3,00	5,25	4,90	5,00
3	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	---	---	---	---	15,0	25,0	24,3	25,0
4	7,0	7,0	8,0	8,0	7,0	8,0	7,0	4,0	4,0	7,0	---	---	---	---	1,0	10,0	6,2	7,0
5	17,5	17,5	20,0	20,0	17,5	20,0	17,5	10,0	10,0	17,5	---	---	---	---	2,5	25,0	15,6	17,5
6	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0	7,0	6,0	6,0	5,0	---	---	---	---	1,0	10,0	5,2	5,0
7	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	8,0	14,0	12,0	12,0	10,0	---	---	---	---	2,0	20,0	10,3	10,0
8	7,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	---	---	---	---	5,0	10,0	8,4	8,0
9	7:19	6:17	5:59	5:02	5:10	5:41	4:21	5:17	5:37	5:13	5:33	5:13	7:22	---	4:21	9:21	5:58	5:56
10	10,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	15,0	13,5	13,5	13,5	---	---	---	---	7,5	15,0	12,6	12,0
11	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	6,0	8,0	7,0	7,0	8,0	---	---	---	---	5,0	10,0	8,6	9,0
12	6:00	6:00	5:15	5:15	5:45	8:30	6:45	7:30	7:30	6:30	5:15	5:30	14:00	---	5:00	9:30	6:15	6:00
13	13,5	13,5	15,0	15,0	13,5	9,0	12,0	10,5	10,5	12,0	---	---	---	---	7,5	15,0	12,8	13,5
	64	67	71	72	68	65	72	61	61	67	---	---	---	---	52	78	65	65
	71	71	76	82	75	76	75	72	72	68	---	---	---	---	60	82	71	72
	64	67	71	72	68	65	72	61	61	67	---	---	---	---	52	78	65	65
	91%	94%	93%	88%	91%	86%	96%	85%	85%	99%	---	---	---	---	78%	100%	91%	92%
	91	94	93	88	91	86	96	85	85	99	---	---	---	---	78	100	91	92

Tab. 5.3 - 4: Hodnotící kritéria – zisk bodů

PROMĚNNÉ FAKTORY													
Číslo záznamu	Portál východ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Vrtné schéma a plán nabíjení	---	---	---	---	---	9,8	13,8	6,8	13,2	8,8	9,0	11,5
2	Vrtné schéma a plán nabíjení - normované body	---	---	---	---	---	7,1	10,0	4,9	9,5	6,4	6,5	8,3
3	Vrtné schéma a plán nabíjení	---	---	---	---	I	II	III	IV	V	V	V	V
4	Váha 25 % (0,25)	---	---	---	---	---	24,6	34,6	17,1	32,9	22,1	22,5	28,8
5	Vrtné nářadí	---	---	---	---	---	9,8	13,8	6,8	13,2	8,8	9,0	11,5
6	Vrtné nářadí - normované body	---	---	---	---	---	7,1	10,0	4,9	9,5	6,4	6,5	8,3
7	Výrobce vrtných korunek	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
8	Váha 5 % (0,05)	---	---	---	---	---	4,9	6,9	3,4	6,6	4,4	4,5	5,8
9	Počet vrtů pro odpal	---	---	---	---	---	9,0	8,0	9,0	8,0	9,0	9,0	9,0
10	Skutečný počet vrtů pro odpal [ks]	288	221	238	220	247	218	236	222	227	214	213	222
11	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	13,5	12,0	13,5	12,0	13,5	13,5	13,5
12	Přesnost geometrie vrtů	---	---	---	---	---	9,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0
13	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	13,5	12,0	13,5	12,0	12,0	12,0	12,0
14	Referenční rovina	---	---	---	---	---	10,0	8,0	8,0	10,0	8,0	8,0	8,0
15	Vrtání na referenční rovinu (Ano/Ne)	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne
16	Váha 5 % (0,05) → maximálně 5 bodů	---	---	---	---	---	5,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0
17	Množství trhavín	---	---	---	---	---	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
18	Celkové spotřebované množství trhavín [kg]	485,29	289,30	339,59	350,85	398,29	1347,05	1309,15	1377,85	1362,96	1332,13	1355,01	1376,30
19	Váha 15 % (0,15) → maximálně 15 bodů	---	---	---	---	---	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
20	Nastavení emulzní trhaviny	---	---	---	---	---	8,0	8,0	8,0	9,5	9,5	9,0	9,5
21	Nastavení emulzní trhaviny - linie 1	---	---	---	---	---	8,0	8,0	8,0	10,0	10,0	9,0	10,0
22	Nastavení emulzní trhaviny - linie 2	---	---	---	---	---	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	9,0
23	Poměr zcítlivovačů R1/R2 - linie 1 [kg/min]	---	---	---	---	---	0,20/0,90	0,20/0,90	0,20/0,90	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
24	Poměr zcítlivovačů R1/R2 - linie 2 [kg/min]	---	---	---	---	---	0,20/0,90	0,20/0,90	0,20/0,90	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
25	Cup test - hmotnost vzorku - linie 1 [g]	---	---	---	---	---	398	403	401	371	370	375	373
26	Cup test - hmotnost vzorku - linie 2 [g]	---	---	---	---	---	406	414	405	388	385	391	388
27	Váha 10 % (0,10) → maximálně 10 bodů	---	---	---	---	---	8,0	8,0	8,0	9,5	9,5	9,0	9,5
28	Teplota emulzní trhaviny	---	---	---	---	---	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0	8,0
29	Teplota emulzní trhaviny [°C]	---	---	---	---	---	12,6	12,2	12,5	13,2	12,8	12,1	12,5
30	Váha 5 % (0,05) → maximálně 5 bodů	---	---	---	---	---	4,0	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	4,0
31	Retrakční jednotka	---	---	---	---	---	10,0	10,0	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0
32	Použití retrakční jednotky při nabíjení (Ano/Ne)	---	---	---	---	---	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne
33	Váha 5 % (0,05) → maximálně 5 bodů	---	---	---	---	---	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0
BODY PŘIDĚLENÉ K HODNOCENÍ PROMĚNNÝCH FAKTORŮ		---	---	---	---	---	92	100	82	100	87	87	95
CELKEM (maximálně 100 bodů)		---	---	---	---	---	92	100	82	100	87	87	95

Tab. 5.4 - 1: Proměnné faktory – body přidělené k jejich hodnocení

PROMĚNNÉ FAKTORY																		
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	10,7	10,8	6,2	10,2	5,3	10,2	8,8	5,7	8,3	3,8	10,5	10,0	7,3	5,7	10,3	9,5	9,0	11,5
2	7,7	7,8	4,5	7,3	3,9	7,3	6,4	4,1	6,0	2,8	7,6	7,2	5,3	4,1	7,5	6,9	6,5	8,3
3	VI	VI	VI	VII	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI
4	26,7	27,1	15,4	25,4	13,3	25,4	22,1	14,2	20,8	9,6	26,3	25,0	18,3	14,2	25,8	23,8	22,5	28,8
5	10,7	10,8	6,2	10,2	5,3	10,2	8,8	5,7	8,3	3,8	10,5	10,0	7,3	5,7	10,3	9,5	9,0	11,5
6	7,7	7,8	4,5	7,3	3,9	7,3	6,4	4,1	6,0	2,8	7,6	7,2	5,3	4,1	7,5	6,9	6,5	8,3
7	A	A	A	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	C	C	C	C	C
8	5,3	5,4	3,1	5,1	2,7	5,1	4,4	2,8	4,2	1,9	5,3	5,0	3,7	2,8	5,2	4,8	4,5	5,8
9	9,0	9,0	10,0	9,0	10,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
10	212	207	194	221	193	227	196	194	203	198	197	194	195	194	194	200	196	197
11	13,5	13,5	15,0	13,5	15,0	12,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
12	7,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	9,0
13	10,5	12,0	13,5	12,0	15,0	15,0	13,5	15,0	13,5	13,5	15,0	15,0	13,5	13,5	13,5	12,0	12,0	13,5
14	8,0	8,0	8,0	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0	8,0	10,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
15	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne
16	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
17	9,0	10,0	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
18	1339,24	1305,03	1288,60	1329,36	1297,16	1381,30	1386,28	1271,35	1253,06	1250,40	1337,02	1238,00	1368,85	1343,65	1335,15	1312,61	1364,05	1374,75
19	13,5	15,0	15,0	13,5	15,0	13,5	13,5	15,0	15,0	15,0	13,5	15,0	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
20	9,0	9,5	9,5	9,0	9,5	9,5	9,0	9,5	9,0	9,5	9,5	9,5	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
21	9,0	9,0	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0
22	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	10,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
23	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
24	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
25	379	374	366	377	366	376	376	377	374	369	379	376	378	381	377	380	370	367
26	385	381	389	391	388	380	390	381	385	388	384	382	391	393	391	385	379	383
27	9,0	9,5	9,5	9,0	9,5	9,5	9,0	9,5	9,0	9,5	9,5	9,5	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0
28	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,0	9,0
29	13,3	13,2	13,8	13,7	13,5	13,7	13,7	13,1	13,4	13,6	13	13,3	15,1	14,9	14,6	14,8	14,3	13,9
30	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	4,5
31	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
32	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
33	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	91	95	84	92	83	93	90	85	92	78	99	98	87	82	96	92	91	100

Tab. 5.4 - 2: Proměnné faktory – body přidělené k jejich hodnocení

PROMĚNNÉ FAKTORY																		
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	10,0	11,8	7,8	6,7	9,8	11,8	9,0	12,3	12,7	7,5	11,0	7,7	10,7	8,8	9,2	8,7	8,7	11,5
2	7,2	8,6	5,7	4,8	7,1	8,6	6,5	8,9	9,2	5,4	8,0	5,5	7,7	6,4	6,6	6,3	6,3	8,3
3	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII
4	25,0	29,6	19,6	16,7	24,6	29,6	22,5	30,8	31,7	18,8	27,5	19,2	26,7	22,1	22,9	21,7	21,7	28,8
5	10,0	11,8	7,8	6,7	9,8	11,8	9,0	12,3	12,7	7,5	11,0	7,7	10,7	8,8	9,2	8,7	8,7	11,5
6	7,2	8,6	5,7	4,8	7,1	8,6	6,5	8,9	9,2	5,4	8,0	5,5	7,7	6,4	6,6	6,3	6,3	8,3
7	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B
8	5,0	5,9	3,9	3,3	4,9	5,9	4,5	6,2	6,3	3,8	5,5	3,8	5,3	4,4	4,6	4,3	4,3	5,8
9	10,0	9,0	10,0	9,0	10,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,0	9,0	9,0
10	199	204	194	224	198	194	197	217	212	210	216	215	225	217	214	230	215	212
11	15,0	13,5	15,0	13,5	15,0	15,0	15,0	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	12,0	13,5	13,5
12	7,0	8,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	10,0	9,0	8,0	9,0	9,0	8,0	9,0	8,0
13	10,5	12,0	13,5	15,0	13,5	13,5	15,0	13,5	13,5	13,5	15,0	13,5	12,0	13,5	13,5	12,0	13,5	12,0
14	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0	10,0	8,0	8,0	10,0	10,0	8,0	10,0	8,0
15	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne	Ano	Ne
16	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	4,0	5,0	5,0	4,0	5,0	4,0
17	9,0	9,0	9,0	7,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	8,0	8,0	8,0	9,0	8,0	8,0
18	1365,13	1393,97	1346,10	1658,70	1333,45	1337,80	1353,39	1464,28	1455,83	1439,25	1395,07	1441,65	1488,65	1500,68	1487,38	1446,92	1503,78	1497,28
19	13,5	13,5	13,5	10,5	13,5	13,5	13,5	12,0	12,0	13,5	13,5	13,5	12,0	12,0	12,0	13,5	12,0	12,0
20	9,0	10,0	10,0	9,5	9,0	9,0	10,0	9,5	9,5	9,5	9,5	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,5	9,5
21	9,0	10,0	10,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	9,0	10,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0
22	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0
23	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
24	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95
25	375	366	371	370	376	374	369	373	370	375	369	378	370	368	381	376	372	370
26	391	381	381	385	393	389	378	392	389	383	393	392	375	378	393	388	390	391
27	9,0	10,0	10,0	9,5	9,0	9,0	10,0	9,5	9,5	9,5	9,5	9,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,5	9,5
28	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
29	14,4	14,2	13,8	13,6	13,3	13,2	13,7	13,8	13,4	13,2	13,1	13,4	13,4	13,1	12,9	13,2	13,5	13,1
30	5,0	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
31	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
32	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
33	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	92	98	89	82	94	100	94	99	100	87	99	86	93	90	90	86	89	95

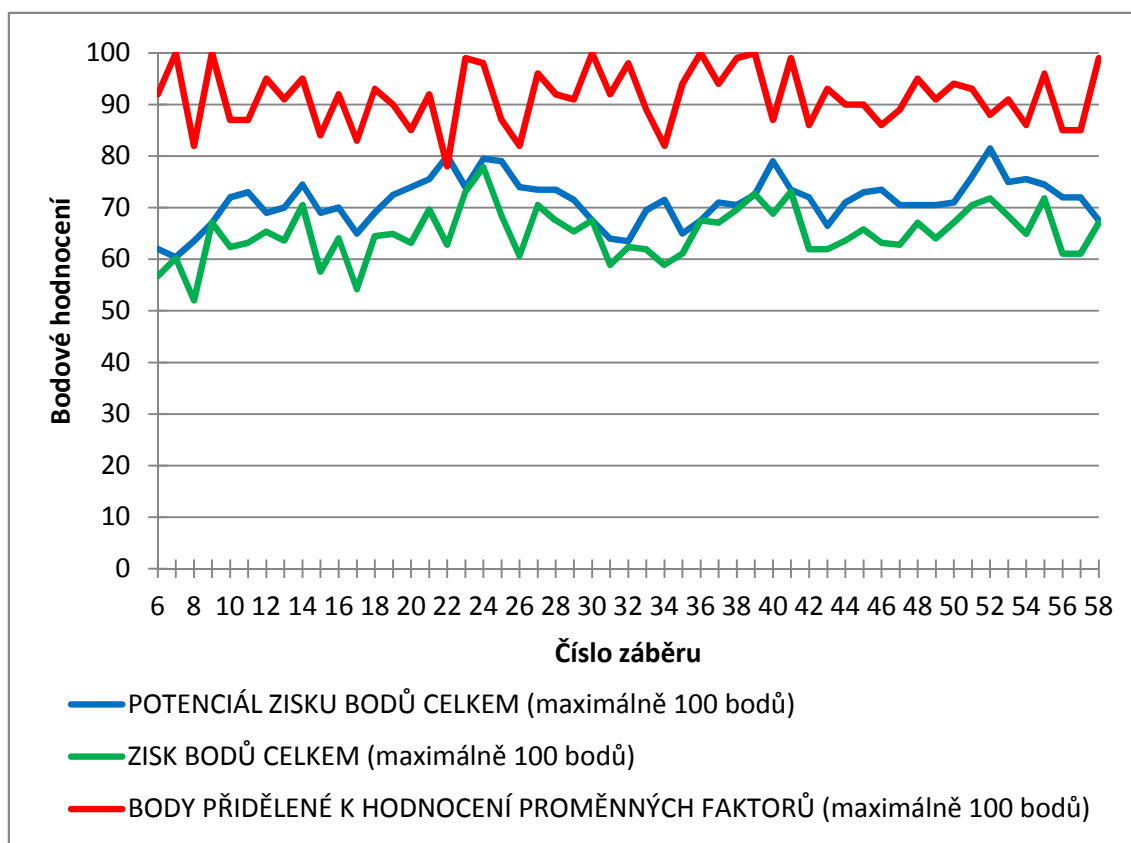
Tab. 5.4 - 3: Proměnné faktory – body přidělené k jejich hodnocení

	PROMĚNNÉ FAKTORY														MINIMUM	MAXIMUM	PRŮMĚR	MEDIÁN
	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	Portál západ				
1	10,3	11,5	10,3	9,5	9,5	7,5	11,0	7,5	7,5	12,2	---	---	---	---	3,8	13,8	9,4	9,5
2	7,5	8,3	7,5	6,9	6,9	5,4	8,0	5,4	5,4	8,8	---	---	---	---	2,8	10,0	6,8	6,9
3	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VIII	VIII	VIII	---	II	VIII	---	---
4	25,8	28,8	25,8	23,8	23,8	18,8	27,5	18,8	18,8	30,4	---	---	---	---	9,6	34,6	23,6	23,8
5	10,3	11,5	10,3	9,5	9,5	7,5	11,0	7,5	7,5	12,2	---	---	---	---	3,8	13,8	9,4	9,5
6	7,5	8,3	7,5	6,9	6,9	5,4	8,0	5,4	5,4	8,8	---	---	---	---	2,8	10,0	6,8	6,9
7	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	---	A	C	---	---
8	5,2	5,8	5,2	4,8	4,8	3,8	5,5	3,8	3,8	6,1	---	---	---	---	1,9	6,9	4,7	4,8
9	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	---	---	---	---	8,0	10,0	9,3	9,0
10	217	224	212	212	214	212	212	215	224	220	260	260	261	---	193,0	236,0	209,8	212,0
11	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	---	---	---	---	12,0	15,0	13,9	13,5
12	8,0	8,0	9,0	8,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	9,0	---	---	---	---	7,0	10,0	8,8	9,0
13	12,0	12,0	13,5	12,0	15,0	15,0	13,5	13,5	13,5	13,5	---	---	---	---	10,5	15,0	13,2	13,5
14	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	10,0	8,0	8,0	8,0	---	---	---	---	8,0	10,0	8,4	8,0
15	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ne	Ano	Ne	Ne	Ne	Ano	Ano	Ne	---	---	---	---	---
16	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0	4,0	4,0	---	---	---	---	4,0	5,0	4,2	4,0
17	8,0	7,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	---	---	---	---	7,0	10,0	8,8	9,0
18	1528,64	1655,23	1472,85	1493,55	1468,93	1511,34	1511,00	1507,10	1572,12	1568,67	906,43	1058,33	1031,05	---	1 238,00	1 658,70	1 404,43	1 376,30
19	12,0	10,5	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	---	---	---	---	10,5	15,0	13,1	13,5
20	9,5	10,0	9,5	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	---	---	---	---	8,0	10,0	9,4	9,5
21	10,0	10,0	10,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	---	---	---	---	8,0	10,0	9,5	10,0
22	9,0	10,0	9,0	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	---	---	---	---	8,0	10,0	9,3	9,0
23	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	---	0,20/0,90	0,22/0,95	---	---
24	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	0,22/0,95	---	0,20/0,90	0,22/0,95	---	---
25	366	367	373	377	376	368	373	364	371	369	375	366	373	---	364,0	403,0	374,3	373,0
26	387	379	389	389	388	378	380	377	378	382	380	389	376	---	375,0	414,0	387,0	388,0
27	9,5	10,0	9,5	9,0	9,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	---	---	---	---	8,0	10,0	9,4	9,5
28	8,0	9,0	9,0	8,0	8,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0	---	---	---	---	8,0	10,0	8,9	9,0
29	12,7	13,2	13	12,4	12,6	12,7	12,6	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,8	---	12,1	15,1	13,4	13,3
30	4,0	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,5	---	---	---	---	4,0	5,0	4,4	4,5
31	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	---	---	---	---	8,0	10,0	9,6	10,0
32	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	---	---	---	---	---
33	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	---	---	---	---	4,0	5,0	4,8	5,0
	91	94	93	88	91	86	96	85	85	99	---	---	---	---	78	100	91	92

Tab. 5.4 - 4: Proměnné faktory – body přidělené k jejich hodnocení

Výše uvedené tabulky jsou hlavním výstupem provedené analýzy. Poskytují přehled o všech faktorech i hodnotících kritériích v daném záběru. Kromě reálných hodnot faktorů ukazují i jejich bodové ohodnocení. Na základě těchto tabulek můžeme mezi jednotlivými faktory hledat případné vzájemné souvislosti.

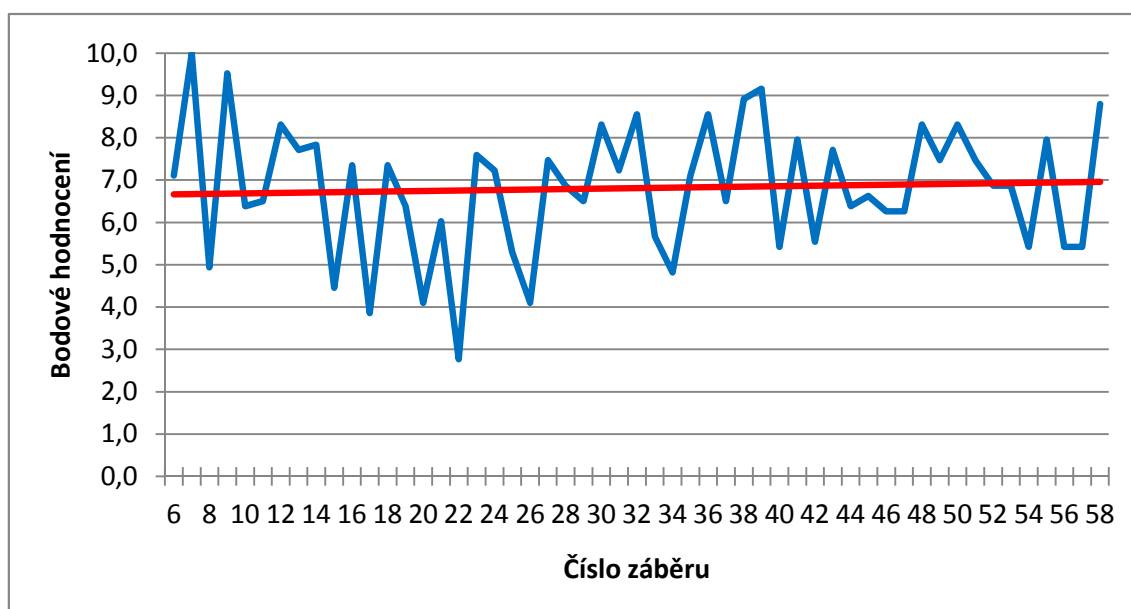
Základní myšlenka objektivitu analýzy je ukázána a především potvrzena pomocí grafu 5.1, který znázorňuje celkový přehled bodového hodnocení po jednotlivých záběrech. Metodika hodnocení záběrů je nastavena tak, aby bylo možné mezi sebou porovnávat jednotlivé proměnné faktory i v rozdílných geologických podmínkách. To si můžeme ukázat následovně. V případě stejné nebo velmi podobné geologie je stejný také potenciál zisku bodů – viz modrá křivka mezi záběry č. 26 a 28 a také mezi záběry č. 47 a 50. Potom musí celkové hodnocení záběru (viz zelená křivka) svým průběhem poměrově odpovídat bodům přidělovaným k hodnocení proměnných faktorů (viz červená křivka). Pokud by tedy čistě teoreticky existovaly stále stejné geologické podmínky, řešili bychom nastavení proměnných faktorů pouze na základě hodnotících kritérií, protože neměnné faktory by neměly žádný vliv.



Graf 5.1: Celkový přehled bodového hodnocení po jednotlivých záběrech

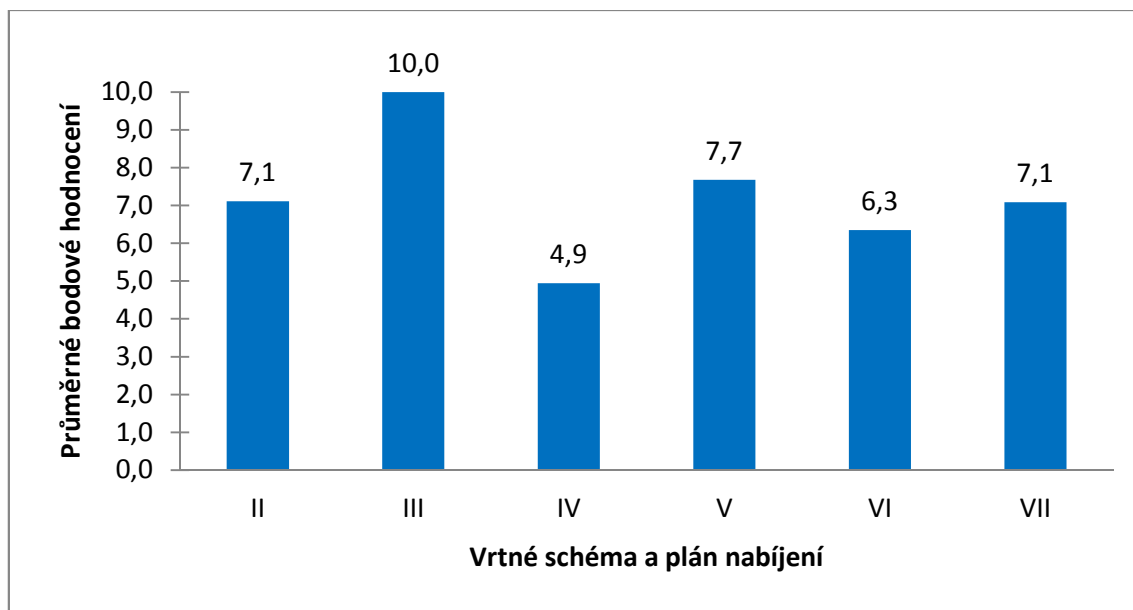
5.5.1 Vyhodnocení nastavení proměnných faktorů

Jednou z hlavních motivací řešené analýzy je pokusit se ohodnotit nastavení těch proměnných faktorů, u nichž předem nemůžeme tušit, jak dobře či špatně jsou zvoleny, jelikož nemáme možnost je změřit či jinak kvantifikovat. Příkladem takového faktoru je vrtné schéma a plán nabíjení. Na následujícím grafu 5.2 je znázorněno bodové hodnocení vrtných schémat a plánů nabíjení po jednotlivých záběrech. Pozitivem je, že spojnice trendu (viz červená úsečka) má stoupající tendenci, čili bodové hodnocení použitého vrtného schématu a plánu nabíjení se s přibývajícím vyraženými metry zvyšuje. Volbu vrtných schémat a plánů nabíjení v průběhu ražby lze tedy považovat za úspěšnou.



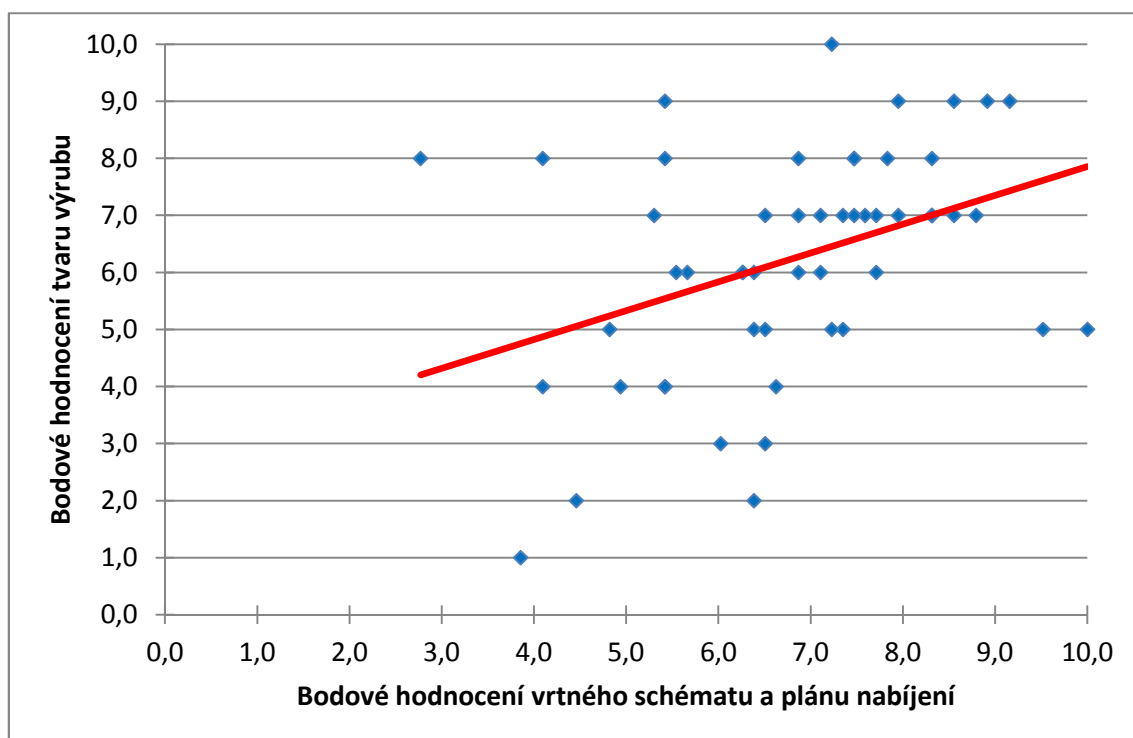
Graf 5.2: Bodové hodnocení vrtných schémat a plánů nabíjení po jednotlivých záběrech

Graf 5.3 nám ukazuje průměrné bodové hodnocení jednotlivých typů vrtných schémat a plánů nabíjení. Těch je celkem šest. Typ č. II, III a IV byl každý použit pouze jednou, typ č. V pak celkem čtyřikrát. Výsledky proto nelze brát jako směrodatné, vychází z malého souboru dat. Naopak typ č. VI se aplikoval 24krát a typ č. VII pak 22krát, celkem se tedy na základě těchto dvou schémat vyrazilo 81 % délky tunelu. Kladně lze hodnotit přechod z typu č. VI na typ č. VII, jehož bodové hodnocení je vyšší. A to i přesto, že ve vrtném schématu č. VII je o 18 produkčních vrtů více, což samozřejmě bodový zisk snižuje z důvodu zpomalení prací a navýšení nákladů.

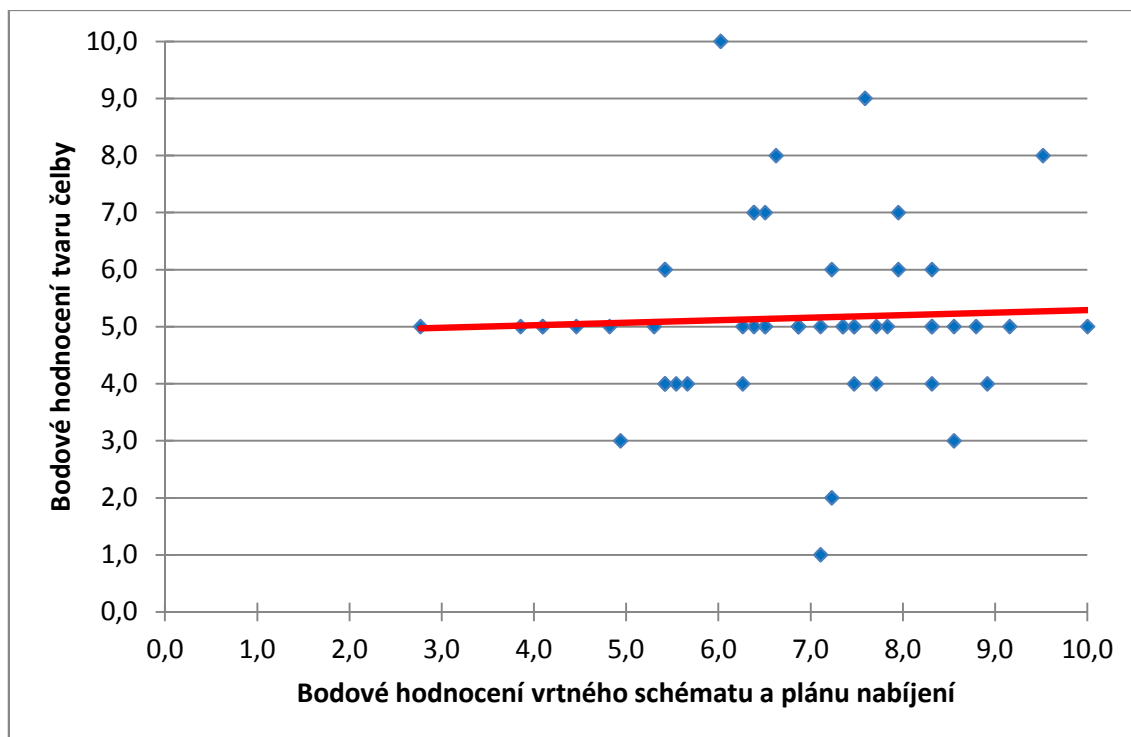


Graf 5.3: Průměrné bodové hodnocení jednotlivých typů vrtných schémat a plánů nabíjení

Vzájemnou souvislost jednotlivých faktorů hodnocených v rámci analýzy znázorňují grafy 5.4 a 5.5. Vidíme, že čím více bodů získá v daném záběru vrtné schéma a plán nabíjení, tím vyšší bodový zisk pak má i tvar výrubu hodnocený na základě 3D skenování a stejně tak tvar čelby hodnocený podle záznamů z MWD.

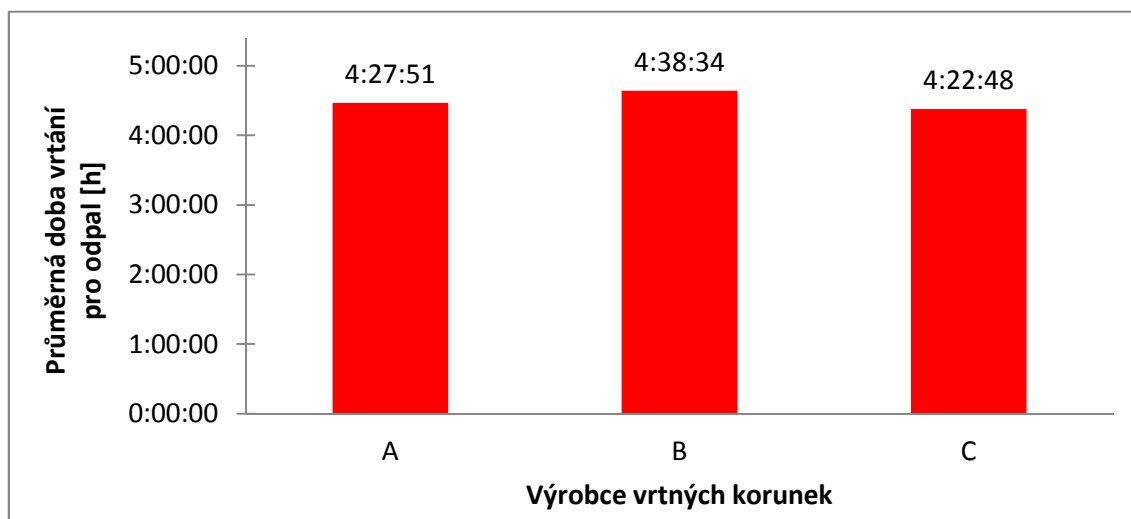


Graf 5.4: Závislost bodového hodnocení tvaru výrubu (z 3D skenování) na bodovém hodnocení vrtného schématu a plánu nabíjení



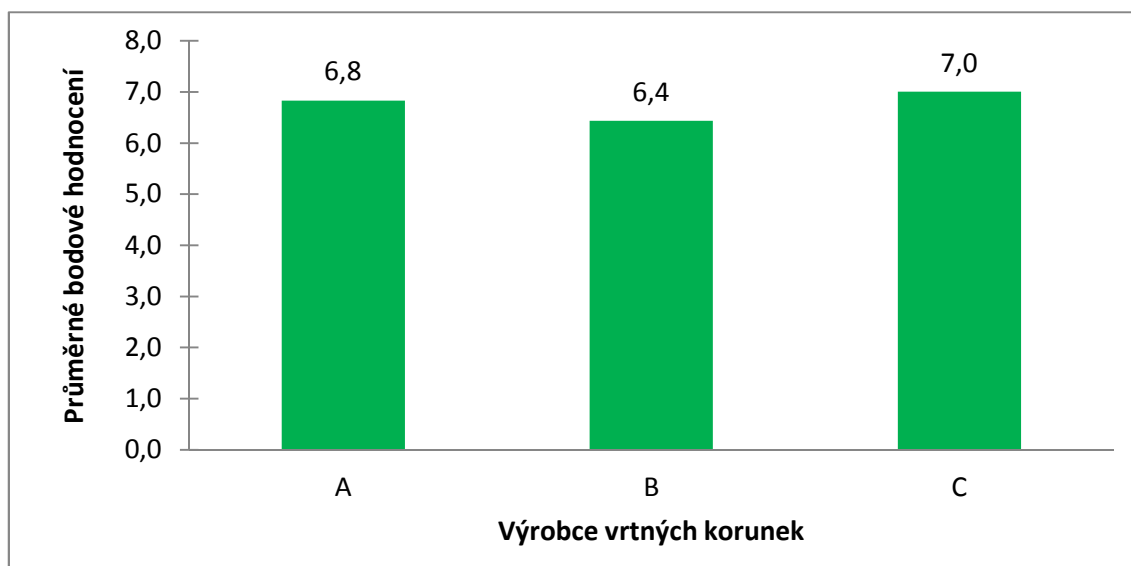
Graf 5.5: Závislost bodového hodnocení tvaru čelby (z MWD) na bodovém hodnocení vrtného schématu a plánu nabíjení

Velmi potěšujícím výsledkem provedené analýzy je hodnocení proměnného nekvantifikovatelného faktoru vrtného nářadí, konkrétně vrtných korunek. Jak již bylo zmíněno dříve, postupně se používaly korunky od třech výrobců. Pro potřeby analýzy je označujeme písmeny A, B a C. Na grafu 5.6 je ukázáno, jaká byla při aplikaci korunek jednotlivých výrobců průměrná doba vrtání pro odpal. Nejrychleji se vrtalo s korunkami výrobce C, následně A a nejhorsích časů vrtání se dosahovalo při použití korunek výrobce B.



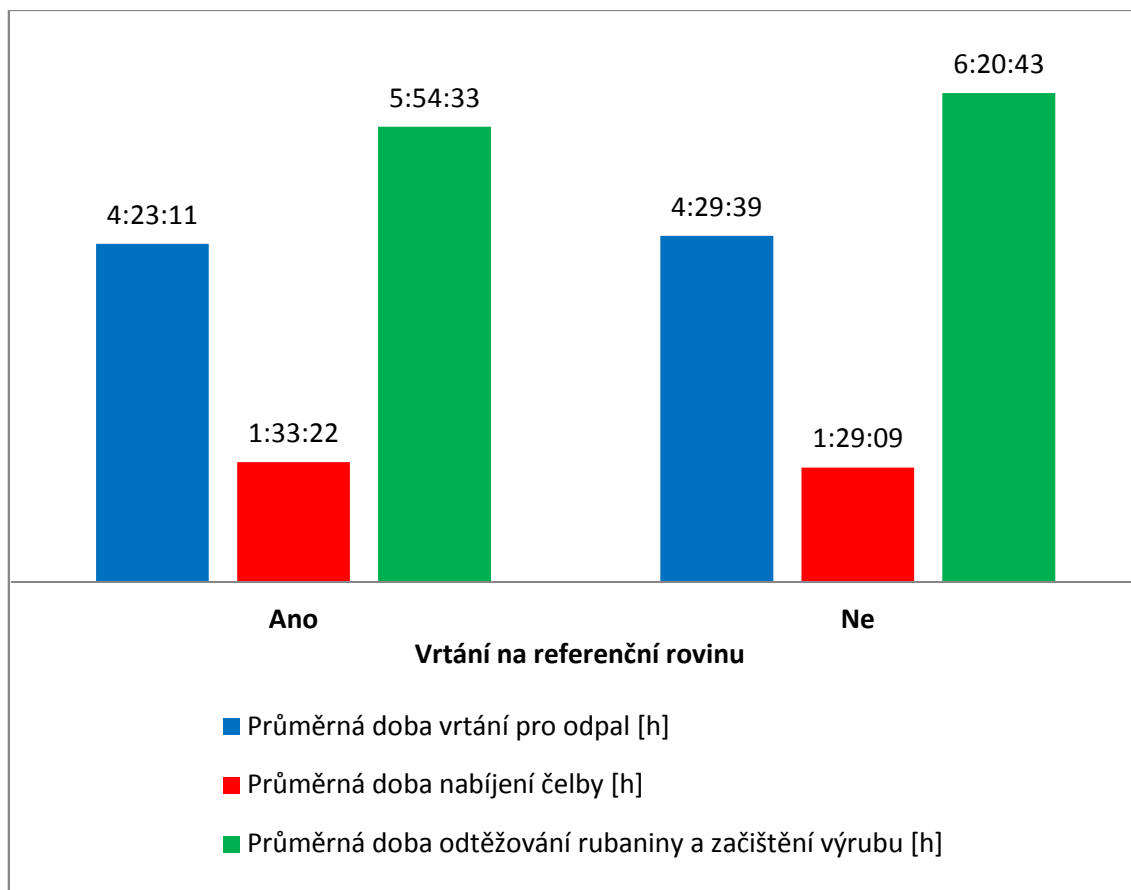
Graf 5.6: Průměrná doba vrtání pro odpal v závislosti na použitých vrtných korunkách

Jak můžeme vidět na následujícím grafu 5.7, fakta popsaná v předchozím odstavci jsou přesně potvrzena výsledky provedené analýzy, kde však hodnocení vrtných korunek závisí na celé řadě faktorů a také jejich vahách, nikoliv pouze na době vrtání pro odpal. Tento výsledek dokazuje smysluplnost provedené analýzy a zároveň částečně potvrzuje správnost nastavení bodového systému a způsobu přidělování vah jednotlivých faktorům. Z grafu je patrné, že nejvyššího bodového zisku dosáhl výrobce vrtných korunek C, následně výrobce A a nejméně bodů obdržel výrobce B, s jehož korunkami se vrtalo nejpomaleji.

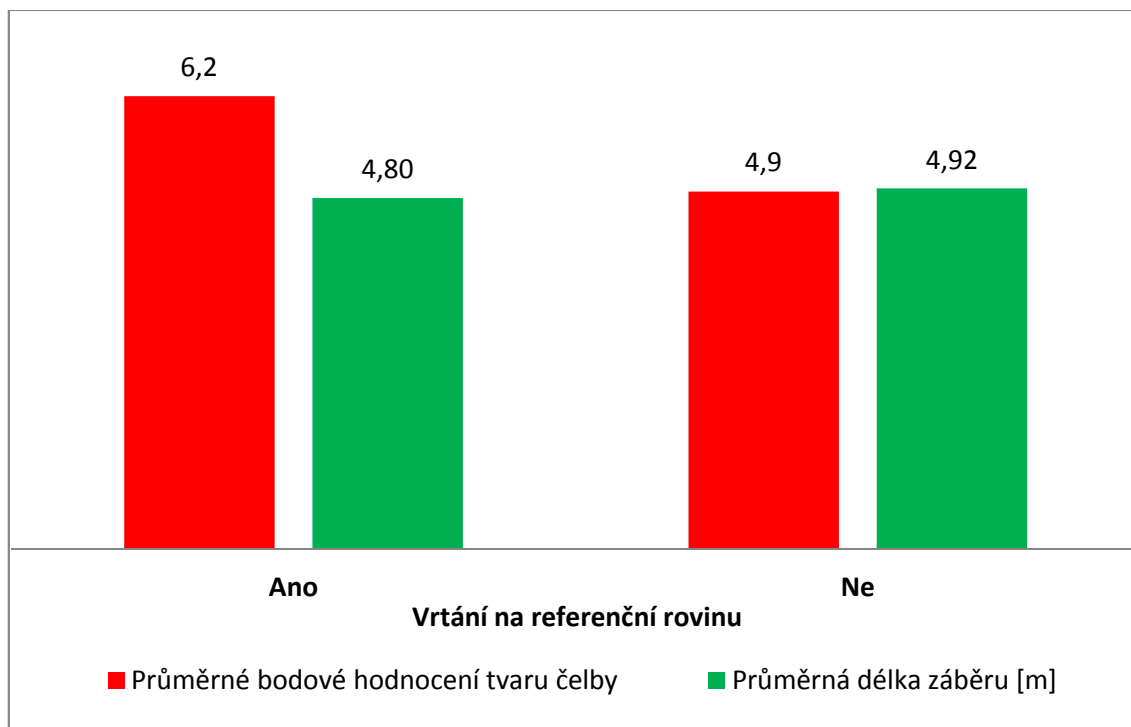


Graf 5.7: Průměrné bodové hodnocení vrtných korunek

Pro praxi důležitým řešeným tématem je analyzování vrtání pro odpal s použitím nebo bez použití referenční roviny. Většinou je při ražbě snaha na referenční rovinu nevrtat, pokud to není nezbytně nutné, protože referenční rovina nám zkracuje záběr. Výsledky analýzy však přesně potvrzují myšlenku popsanou už dříve při nastavování bodového systému. Mnohem větší je přínos v podobě zrychlení pracovních operací, než je ztráta vlivem zanedbatelného zkrácení délky záběru. Jak ukazuje graf 5.8, při použití referenční roviny je kratší doba vrtání a především výrazně rychlejší je odtěžování rubaniny a začištění výrubu. Doba nabíjení je téměř stejná. Na grafu 5.9 pak můžeme vidět, že při vrtání na referenční rovinu je záběr v průměru pouze o 12 cm kratší než při vrtání na plnou délku vrtných tyčí. A zároveň je výrazně vyšší hodnocení tvaru čelby. Závěr je tedy takový, že vrtání na referenční rovinu určitě přináší více pozitiv než negativ a je třeba na něho nahlížet kladně.

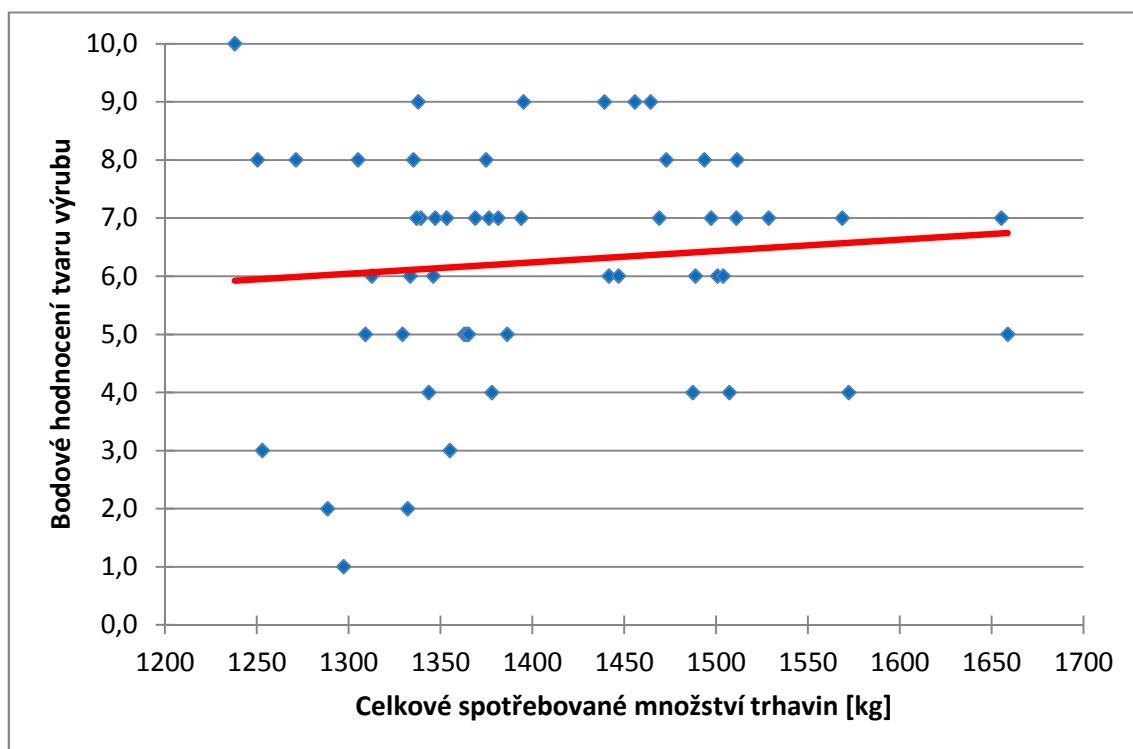


Graf 5.8: Porovnání průměrné doby trvání jednotlivých pracovních operací při vrtání na/bez referenční roviny



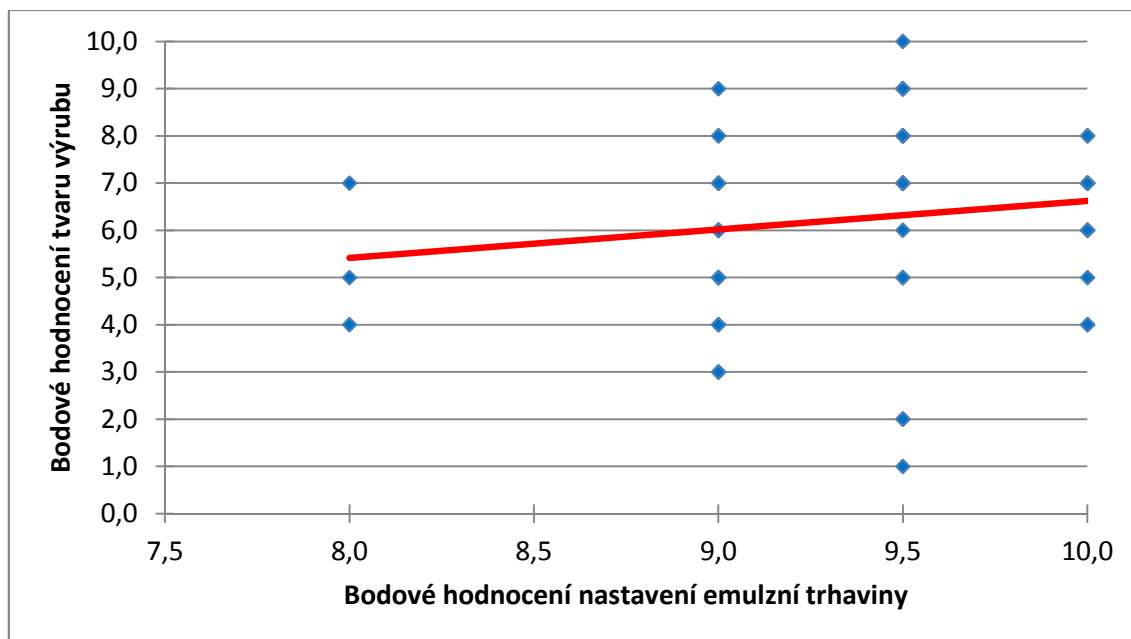
Graf 5.9: Porovnání hodnocení tvaru čelby a délky záběru při vrtání na/bez referenční roviny

Obecně by asi každý člověk souhlasil s tvrzením, že pokud při nabíjení aplikujeme více trhaviny, máme vyšší pravděpodobnost úspěšnosti odpalu. A přesně tento fakt potvrzuje následující graf 5.10. Spojnice trendu (viz červená úsečka) ukazuje stoupající tendenci bodového hodnocení tvaru výrubu v závislosti na celkovém spotřebovaném množství trhavin v jednom záběru. Čili více trhavin znamená lepší tvar výrubu.



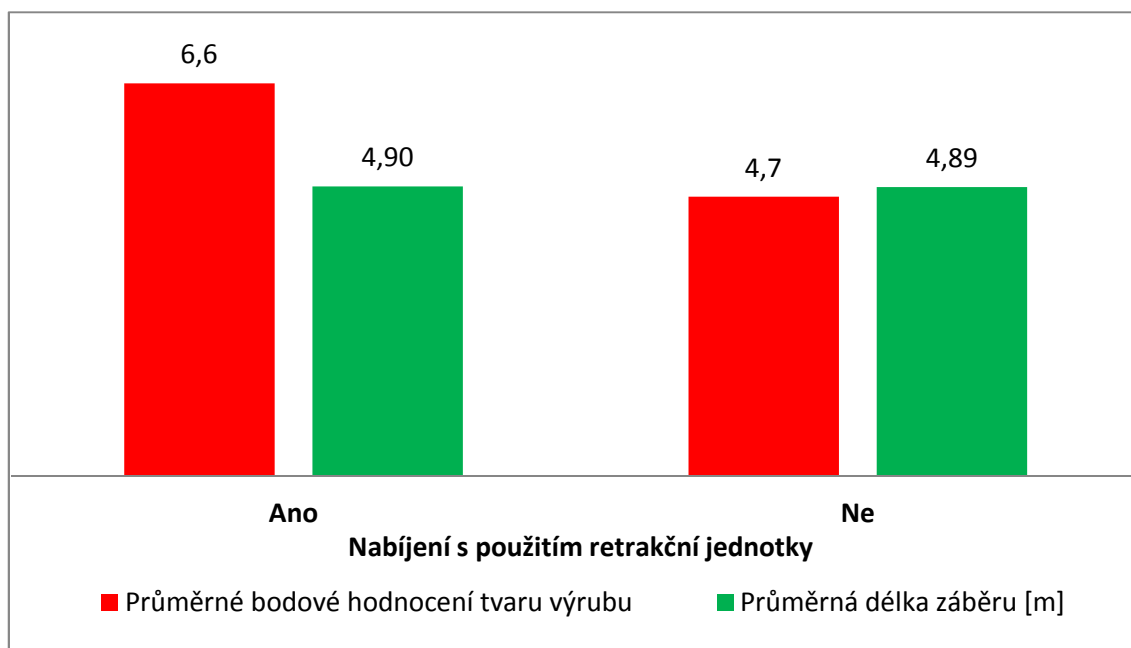
Graf 5.10: Závislost bodového hodnocení tvaru výrubu (z 3D skenování) na celkovém spotřebovaném množství trhavin

Obdobný vliv má na hodnocení tvaru výrubu také nastavení emulzní trhaviny. Čím vhodněji bylo nastaveno dávkování zcitlivovačů R1 a R2, tím lepších výsledných hodnot hustoty emulze bylo dosaženo při provádění cup testu a tím více bodů dostal při svém hodnocení faktor nastavení emulzní trhaviny. A jak dokazuje graf 5.11, více bodů pro faktor nastavení emulze znamená více bodů při hodnocení tvaru výrubu.



Graf 5.11: Závislost bodového hodnocení tvaru výrubu (z 3D skenování) na bodovém hodnocení nastavení emulzní trhaviny

Dále si na grafu 5.12 ukážeme, jaký je přínos použití retrakční jednotky při nabíjení. To, že je v takovém případě záběr v průměru o 1 cm delší, považujeme zcela za zanedbatelné. Zaměříme se na bodové hodnocení tvaru výrubu, které je při použití retrakční jednotky v průměru 6,6 bodu na záběr a při ručním vytahování ládovacích hadic z vrtu pouze 4,7 bodu na záběr. Eliminace lidského faktoru díky retrakční jednotce je tak zcela markantní.



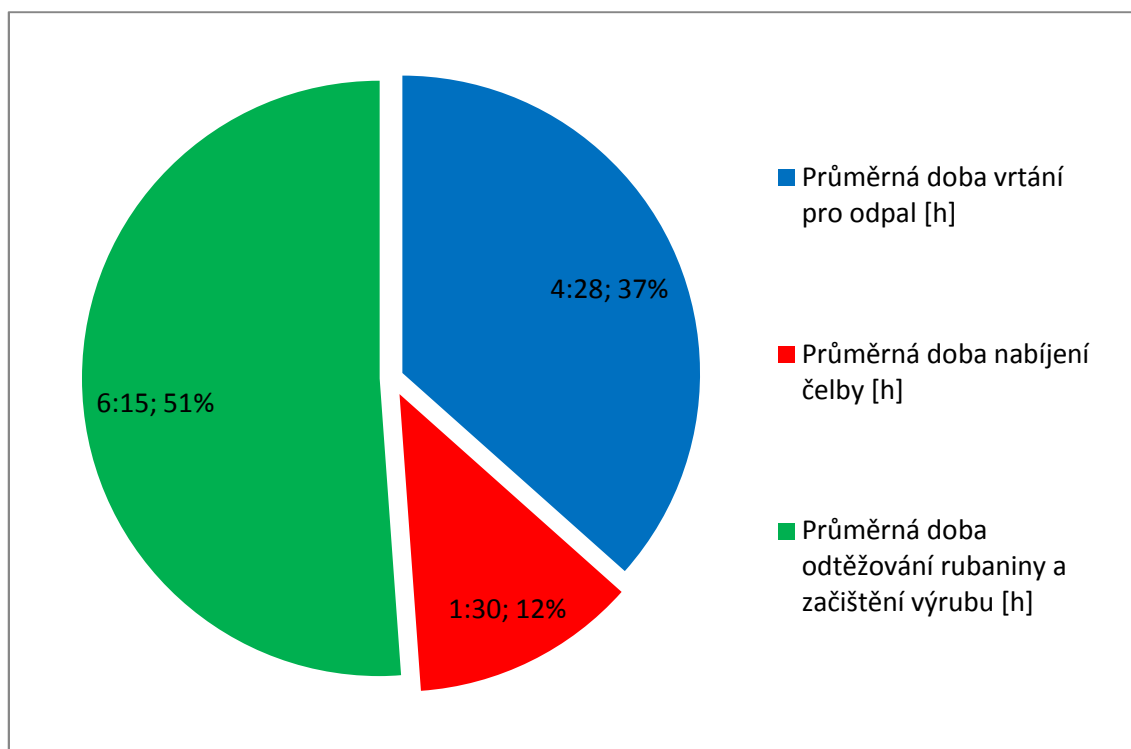
Graf 5.12: Porovnání hodnocení tvaru výrubu a délky záběru při nabíjení s/bez použití retrakční jednotky

Podobných grafů a závislostí bychom si mohli ukázat ještě několik, ovšem pokud si pečlivě prostudujeme výše uvedené souhrnné tabulky, veškeré výsledky analýzy jsou jasně patrné už přímo z nich.

5.5.2 Vyhodnocení časové náročnosti záběru

Každý pracovní cyklus ražby je ovlivňován mnoha faktory, které se různě projevují. Někdy má větší vliv jeden, jindy druhý. Proto můžeme říci, že každý záběr je originál a v každém záběru jednotlivé činnosti trvají různě dlouho. Někdy jde lépe vrtání, jindy je rychle provedeno odtěžování rubaniny.

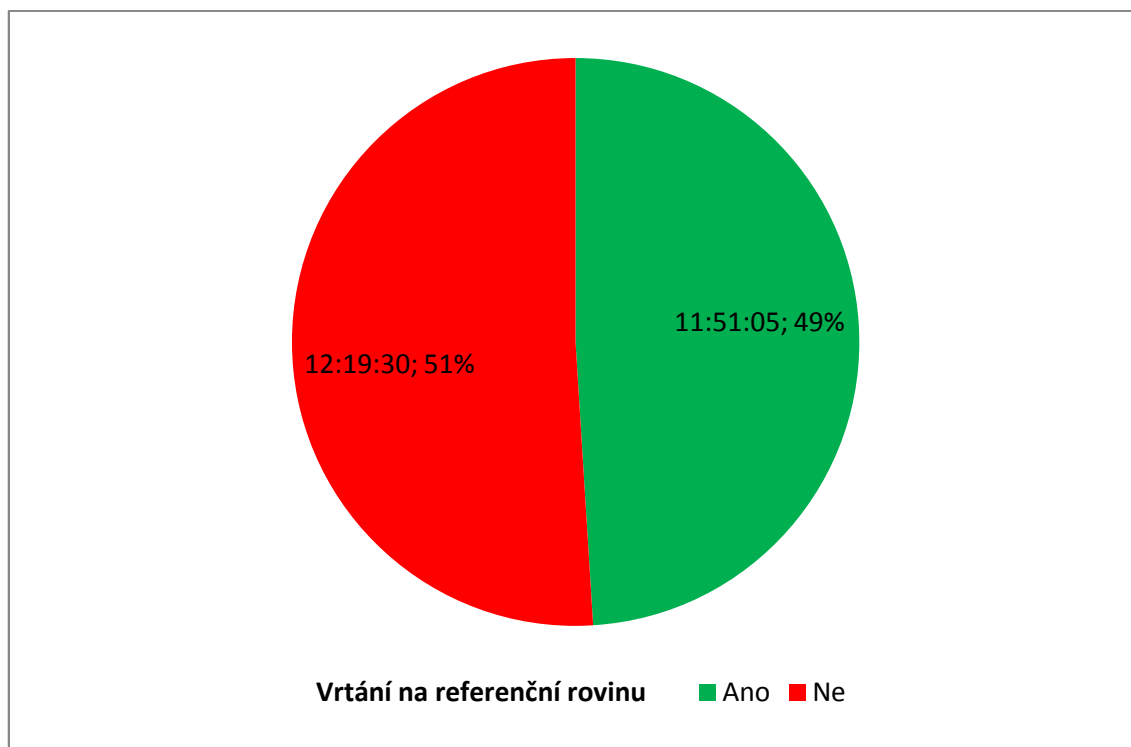
Na následujícím grafu 5.13 je znázorněna průměrná doba hlavních pracovních operací v jednom záběru bez jeho zajišťování. Celková doba těchto činností je 12 hodin a 13 minut.



Graf 5.13: Průměrná doba hlavních pracovních operací v jednom záběru bez jeho zajišťování

Ještě se krátce vrátíme k tématu referenční roviny vrtání. Jak můžeme jasně vidět na grafu 5.14, vrtání pro odpal na referenční rovinu zkracuje dobu trvání jednoho záběru bez jeho zajišťování téměř o půl hodiny. A už dříve jsme si ukázali, že na délce záběru tím v průměru ztratíme 12 cm. Zkusme se nad tím ještě jednou zjednodušeně zamyslet. V průměru ražba jednoho záběru trvá zhruba 12 hodin a jeho délka je v průměru zhruba 5 m. To znamená,

že za půlhodinu ušetřenou vrtáním na referenční rovinu se průměrně vyrazí cca 21 cm. A to je více 12 cm ztracených referenční rovinou. Takže jsme si opět potvrdili, že vrtání na referenční rovinu je pro rychlost postupu ražeb výhodné.



Graf 5.14: Průměrná doba trvání záběru bez jeho zajišťování

Časová náročnost záběrů se řeší na každém tunelovém projektu. Neustále se snažíme optimalizovat technologický postup prací tak, aby všechny činnosti probíhaly rychleji. Vše začíná už u samotného vrtného schématu. Snížení počtu vrtů znamená zkrácení doby vrtání i nabíjení a může tedy znamenat zrychlení postupu ražby. Ovšem pouze pokud nebude mít nižší počet vrtů negativní dopad na kvalitu trhacích prací. Při méně úspěšném odpalu se totiž prodlužuje doba odtěžování rubaniny a začištění výrubu. Vždy je to o hledání kompromisu.

ZÁVĚR

Cílem této disertační práce bylo provést analýzu ražby podzemního díla metodou drill and blast. Práce je rozdělena do pěti kapitol. Úvodní kapitola komplexně popisuje tunelovací metodu drill and blast, někdy též zvanou Norská tunelovací metoda. Jedná se o tunelářskou technologii používanou pro ražbu ve skalních horninách, kde se rozpojování masivu provádí pomocí trhacích prací. Vhodné geologické podmínky pro její uplatnění nacházíme především ve Skandinávii. Dozvídáme se její základní principy, seznamujeme se s historií a především je detailně vysvětlen postup prací při ražbě touto metodou. Nechybí zmínka o klasifikacích horninového masivu, které tato metoda využívá při návrhu zajištění výrubu.

Ve druhé kapitole je podrobně představen tunel Moane. Ten je společně se třemi dalšími tunely součástí projektu silničního obchvatu norského města Kongsberg. Po obecném popisu celého projektu jsou nám podány informace o zastižených geologických poměrech v trase tunelu. Následuje popis technologického postupu, včetně řady fotografií a zajímavostí podávaných autorem na základě vlastních praktických zkušeností získaných přímo na stavbě. Data z ražby tunelu Moane jsou použita pro analýzu, která je hlavním tématem této práce.

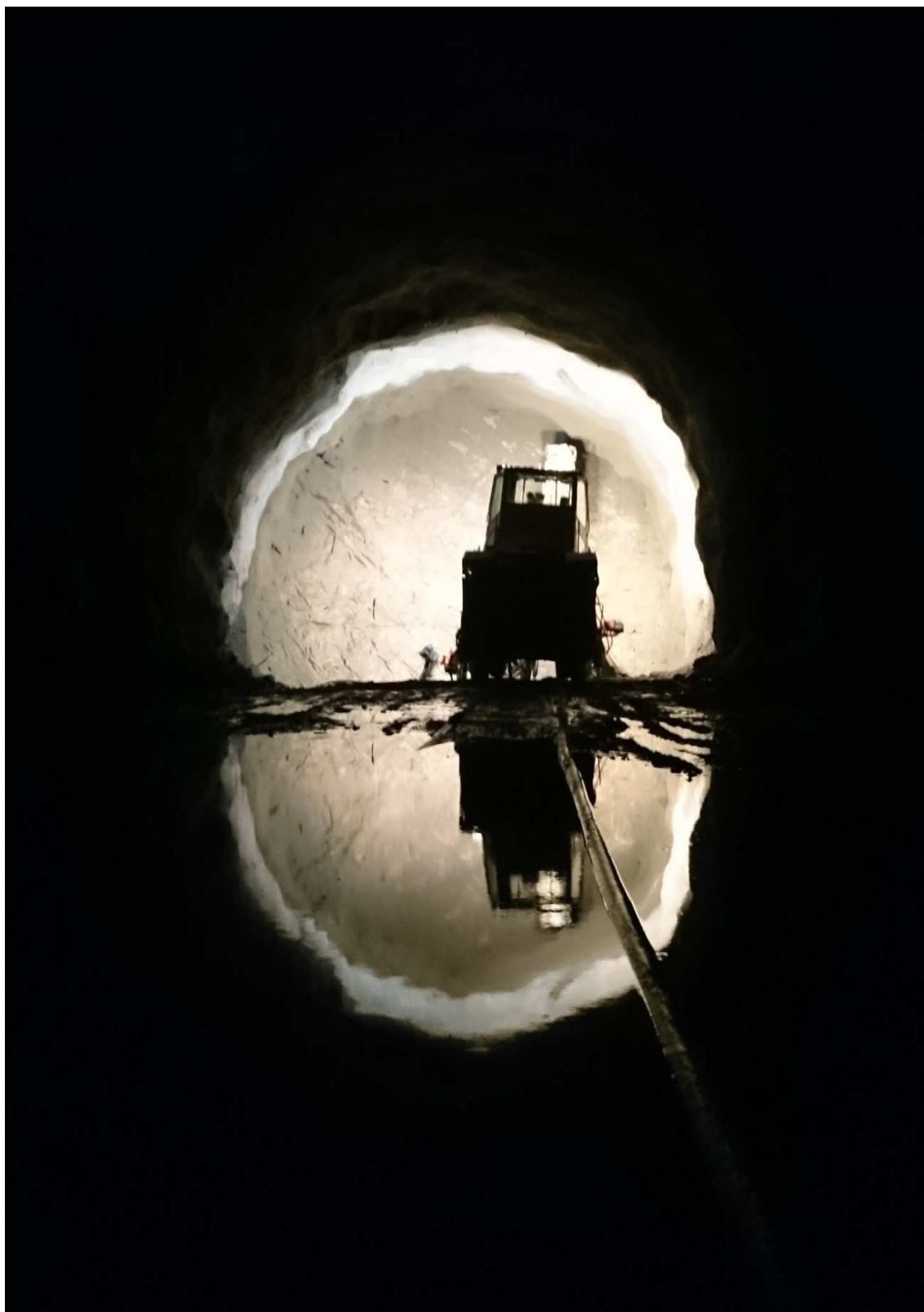
Další dvě kapitoly se zaměřují na představení moderních technologií využívaných v podzemním stavitelství. Třetí kapitola pojednává o emulzních trhavinách, jejichž aplikace při ražbách v posledních letech prudce stoupá. Je popsáno jejich složení, výhody a také princip použití. Dále je prakticky ukázán postup tzv. cup testu, tedy zkoušky sloužící pro ověření nastavení dávkování zcitlivovačů do matrice trhaviny. Pomocí této jednoduché zkoušky se autorovi podařilo optimalizovat výsledné složení směsi tak, aby vytvořená trhavina měla ideální hustotu potřebnou pro úspěšnou iniciaci.

Čtvrtá kapitola se věnuje 3D skenování. Jedná se o nástroj dokumentace stavby, který nám jednoduše a rychle podává mnoho důležitých informací o geometrii výrubu, tloušťce stříkaného betonu, rozmístění svorníků,

diskontinuitách či průsacích podzemních vod. Na konkrétních příkladech z tunelu Moane je prezentováno, jak může tato vyspělá technologie usnadnit a urychlit postup ražby. Výstupy z 3D skenování jsou jedním ze základních podkladů pro řešenou analýzu.

Pátá kapitola se zabývá vlastní analýzou ražby tunelu Moane budovaného metodou drill and blast. Analýza představuje dosti komplikovaný úkol, jelikož ražba metodou drill and blast je komplexní proces, do něhož vstupuje několik pracovních operací a ovlivňuje ho celá řada faktorů. Metodika analýzy vychází z principu dynamických výpočetních sítí (DBN). Jako vstupní data jsou použity výstupy z geologického mapování čelby a 3D skenování, záznamy z MWD a také výsledky in situ zkoušek provedených autorem. Ten se nejprve snaží na základě analyzování dostupných dat a vlastních praktických zkušeností pojmenovat veškeré faktory ovlivňující kvalitu ražby a rozděluje je do dvou skupin – na neměnné a proměnné. Následně přiděluje body a přisuzuje váhu neměnným faktorům, které nemůžeme nijak ovlivnit zvoleným technologickým postupem (např. geologické podmínky, vliv předchozího záběru). Poté stanovuje hodnotící kritéria (např. tvar výrubu, délka záběru) a taktéž jim přiděluje body a váhu. V dalším kroku vyhodnotí procentuální využití potenciálu vstupních podmínek a zpětným převodem na body získá vyhodnocení proměnných faktorů jako celku. Podle přidělené váhy pak body rozpočte mezi jednotlivé ovlivnitelné vstupní faktory. Výsledkem provedené analýzy je mnoho zajímavých dat, která mohou být přínosná pro budoucí projekty. Ukazují nám, jak vhodně a dobře byly nastaveny proměnné faktory – např. zda bylo zvoleno optimální vrtné schéma a plán nabíjení, správně nastaveno časování rozbušek či poměr složek v emulzní trhavině nebo jestli je výhodné vrtat na tzv. referenční rovinu. Díky analýze je také možné určit ideální rovnováhu mezi kvalitou odpalu z hlediska technologického postupu a z hlediska časové a finanční náročnosti.

Výsledky disertační práce zcela splňují její cíl. Provedená analýza přináší nejen užitečná data, ale především ukazuje vhodnou metodiku k obdobným posuzováním ražeb metodou drill and blast. Zároveň si prostudováním provedené analýzy lépe uvědomíme složitost problematiky této tunelovací metody.



Na úplný závěr své disertační práce si dovoluji dodat motto našeho tunelářského týmu, které navíc v současné chvíli velmi přesně vystihuje stav mého doktorského studia:

„Je to hotový, jen to dodělat...“

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A DALŠÍCH ZDROJŮ

Literatura

- [1] AMVRAZIS, S., VOIT, K., CORDES, T., BERMAEISTER, K. *Drill and blast excavation forecasting using 3D laser scanning*. Geomechanics and Tunnelling. 2017, vol 10., s. 298–316. doi:10.1002/geot.201600057.
- [2] BARTÁK, J., BUCEK, M. *Podzemní stavby*. Praha: České vysoké učení technické, 1983.
- [3] BARTÁK, J., PRUŠKA, J. *Podzemní stavby a mechanika hornin*. Praha: České vysoké učení technické, 2009. Učební texty a prezentace k předmětu.
- [4] DOJČÁR, O., HORKÝ, J., KOŘÍNEK, R. *Trhacia technika*. Ostrava: Montanex, 1996. ISBN 80-85780-69-0.
- [5] FEKETE, S., DIEDRICHS, M., LATO, M. *Geotechnical applications of LiDAR scanning in tunnel*. Toronto: RockEng09, 3rd Canus rock mechanics Symposium, 2009.
- [6] GIKAS, V. *Three-Dimensional Laser Scanning for Geometry Documentation and Construction Management of Highway Tunnels during Excavation*. Basel: Sensor 12, 2012.
- [7] HILAR, M. a kolektiv autorů. *Stříkaný beton v podzemním stavitelství*. Praha: Český tunelářský komitét ITA-AITES, 2008.
- [8] HOEK, E., KAISER, P. K., BAWDEN, W. F. *Support of underground excavations in hard rock 3rd ed*. London: Mining Research Directorate and Universities Research Incentive Fund, 1998.
- [9] KLEPSATEL, F., KUSÝ, P., MAŘÍK, L. *Výstavba tunelů ve skalních horninách*. Bratislava: Jaga group v. o. s., 2003.
- [10] MAIDL, B., THEWES, M., MAIDL, U. *Handbook of tunnel engineering I*. Berlin: Ernst & Sohn, 2014.

- [11] PRAVDA, V., BĚTÍK, J. *Trhací práce v hornictví, stavebnictví a speleologii*. Jesenice u Prahy: Montanika, 2010. ISBN 978-80-254-8542-2.
- [12] PRUŠKA, J. *Geomechanika - Mechanika hornin*. Praha: České vysoké učení technické, 2002.
- [13] ŠPAČKOVÁ, O., STRAUB, D. *Dynamic Bayesian Network for Probabilistic Modeling of Tunnel Excavation Processes*. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering. 2013, vol. 28, no. 1.s. 1-21. ISSN 1093-9687.
- [14] ŠPAČKOVÁ, O., ŠEJNOHA, J., STRAUB, D. *Probabilistic assessment of tunnel construction performance based on data*. Tunneling and Underground Space Technology. 2013, vol. 37, s. 62-78. ISSN 0888-7798.
- [15] VÁVRA, P. *Teorie výbušnin: učební texty předmětu*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. ISBN 80-7194-444-0.
- [16] VÁVRA, P., VÁGENKNECHT, J. *Teorie působení výbuchu*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2002. Učební texty k předmětu. ISBN 80-7194-494-7.

Další zdroje

- [17] Členové pracovní skupiny ČTuK pro konvenční tunelování. *Zásady a principy NRTM jako převažující metody konvenčního tunelování v ČR*. Praha: Český tunelářský komitét ITA-AITES, 2006.
- [18] Podklady poskytnuté organizací Statens vegvesen
- [19] Podklady poskytnuté společností Metrostav a.s.
- [20] *Road Tunnels*. Oslo: Statens vegvesen, 2004. Manual 021. ISBN 82-7207-540-7.
- [21] *Sprayed Concrete for Rock Support*. Oslo: Norwegian Concrete Association, 2011. Publication no. 7.
- [22] *Trhací technika a pyrotechnika*. Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2006. Sborník přednášek. ISBN 80-01-03547-6.
- [23] Vlastní fotoarchiv autora

Internetové zdroje

- [24] *Austin Detonator s.r.o. | Výroba rozbušek a roznětných systémů* [online]. Vsetín: Austin Detonator, 2018 [cit. 2018-04-11]. Dostupné z: www.austin.cz
- [25] *Austin Powder* [online]. Cleveland, Ohio, USA: Austin Powder, 2018 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: www.austinpowder.com
- [26] *FARO Technologies* [online]. Lake Mary, Florida, USA: FARO Technologies, 2018 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: www.faro.com
- [27] *International Homepage – Atlas Copco* [online]. Stockholm, Sweden: Atlas Copco Group, 2018 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: www.atlascopco.com
- [28] *Mapy.cz* [online]. Praha: Seznam.cz, 2018 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: www.mapy.cz
- [29] *ResearchGate* [online]. Berlin, Germany: ResearchGate, 2018 [cit. 2018-03-16]. Dostupné z: www.researchgate.net
- [30] *Sandvik Group — Home* [online]. Stockholm, Sweden: Sandvik Group, 2018 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: www.home.sandvik

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1:

Geologická dokumentace tunelu Moane – zatřídění a klasifikace horninového masivu, způsob zajištění výrubu ... - 128 -

Příloha č. 2:

Vrtná schémata a plány nabíjení tunelu Moane ... - 137 -

Příloha č. 3:

Vyhodnocení 3D skenování tunelu Moane – rozvinutá plocha výrubu ... - 142 -

Příloha č. 4:

Tvary čeleb tunelu Moane ... - 162 -

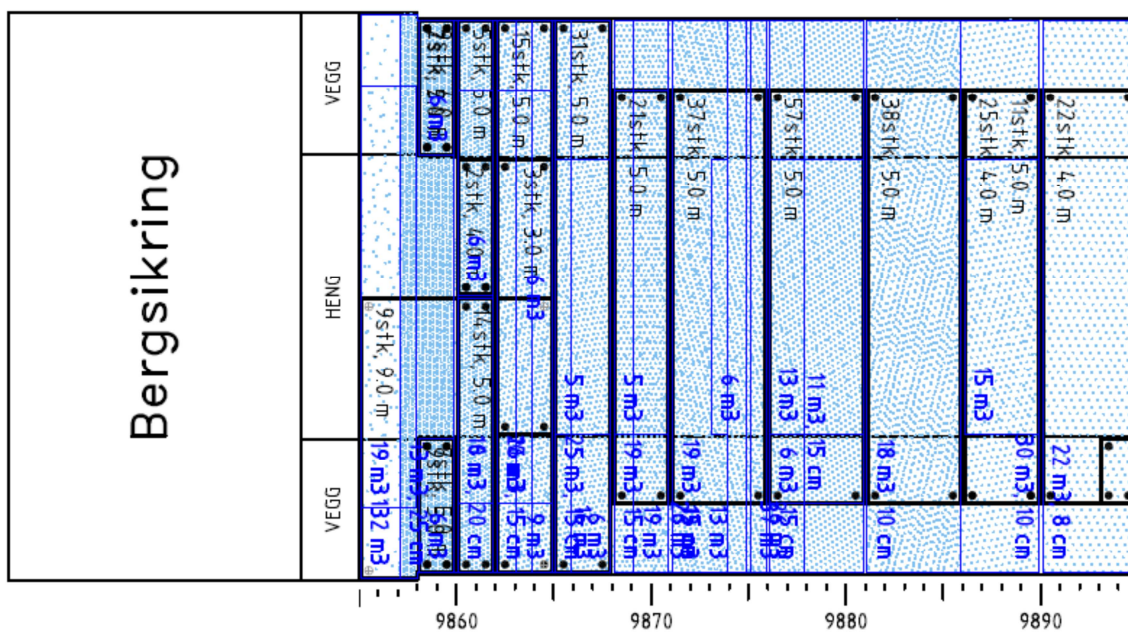
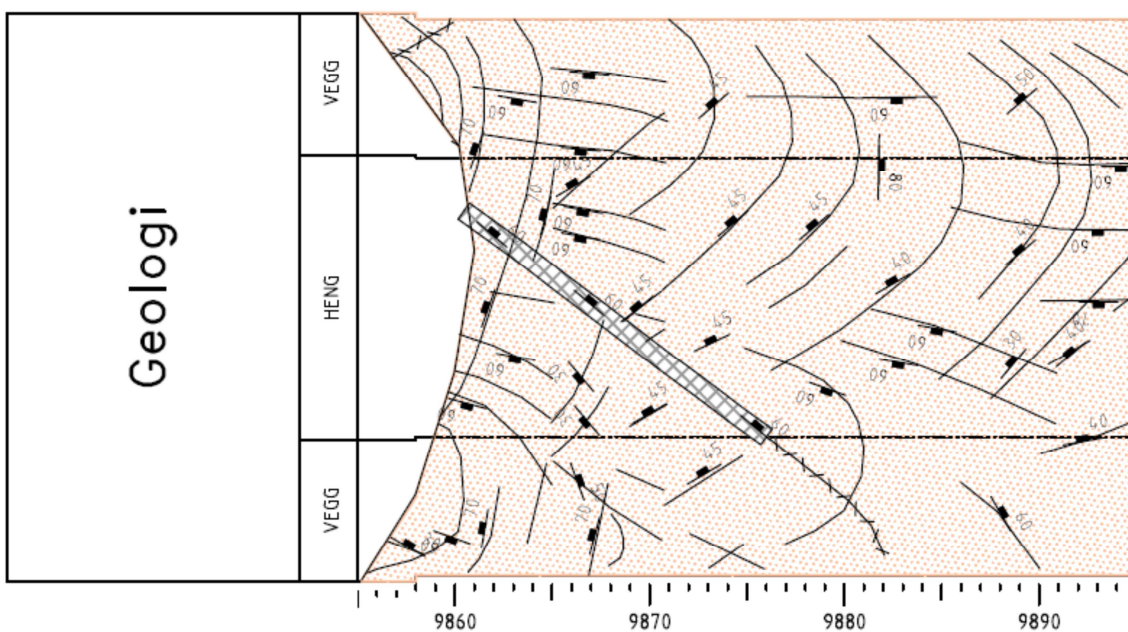
Příloha č. 5:

Geometrie vrtů tunelu Moane ... - 190 -

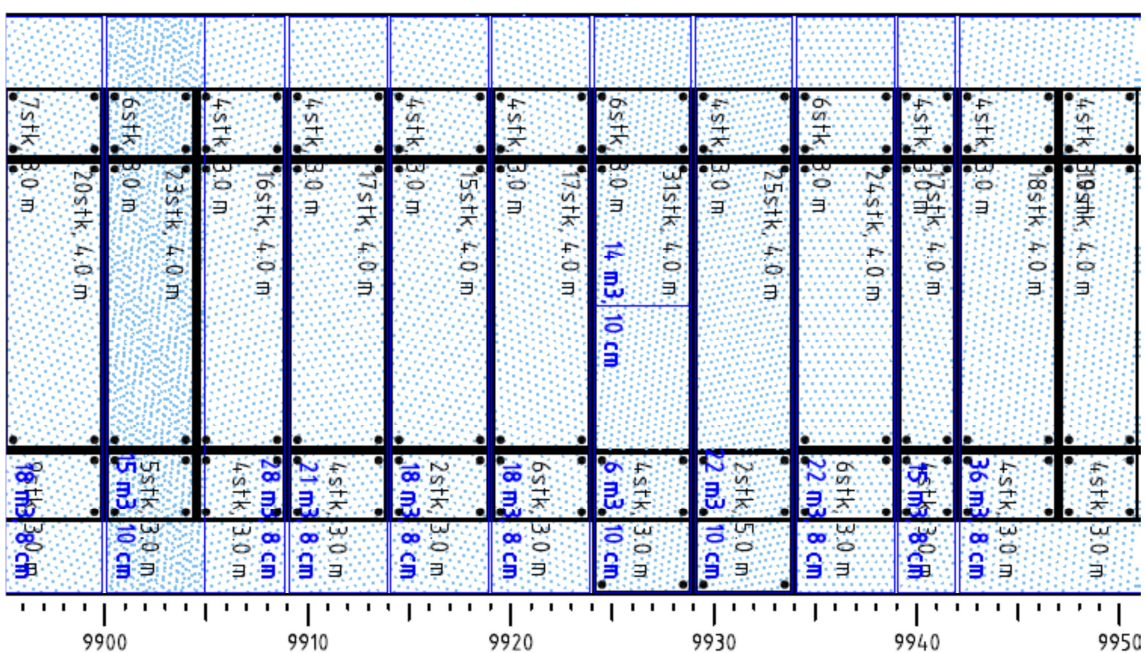
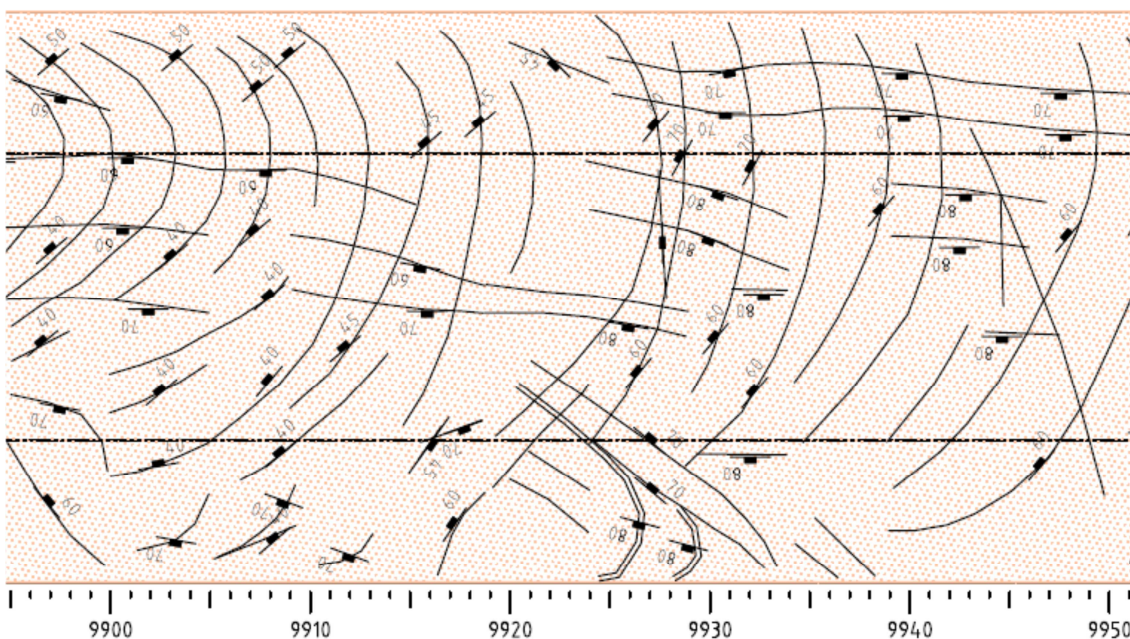
Příloha č. 1:

Geologická dokumentace tunelu Moane – zatřídění a klasifikace
horninového masivu, způsob zajištění výrubu

RQD/Jn	40/15	40/15	50/15	60/15	60/15	60/15	60/12	60/9.0	60/9.0	75/9.0
Jr/Ja	10/8.0	0/6	10/6.0	10/4.0	10/4.0	10/3.0	10/3.0	10/2.0	10/2.0	10/2.0
Jw/SRF	10/7.5	0/5	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/2.5	10/1.0	10/1.0
Q-Verdi	0.044	0.088	0.11	0.20	0.20	0.27	0.33	1.3	3.3	4.2
Bergklasse										
Injeksjon										



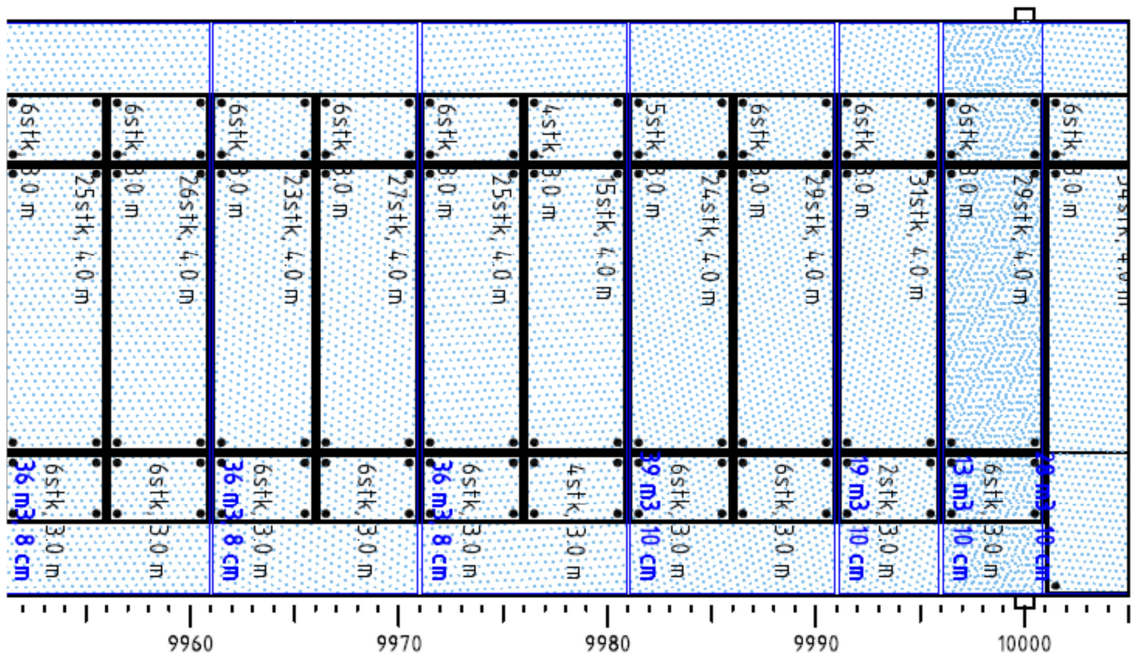
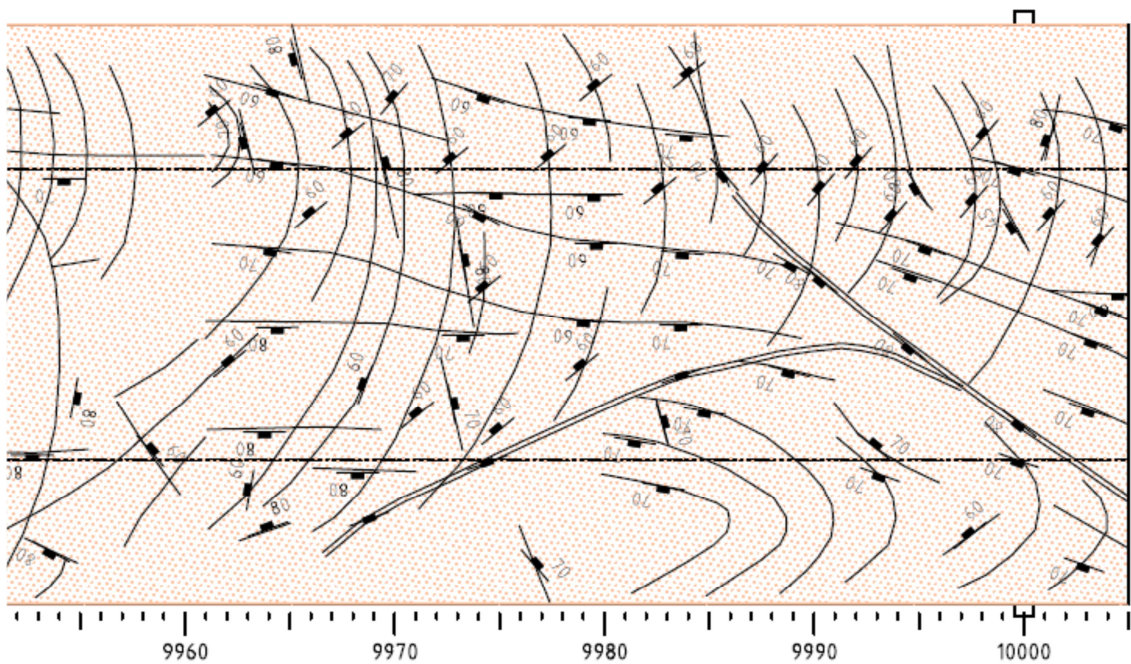
75/9.0	60/9.0	75/6.0	75/6.0	75/6.0	75/9.0	50/9.0	60/9.0	75/9.0	75/6.0	80/6.0	80/6.0
1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/3.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/2.0	1.0/1.0	1.0/1.0
1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0	1.0/1.0
4.2	3.3	6.3	6.3	6.3	4.2	1.9	3.3	4.2	6.3	1.3	1.3



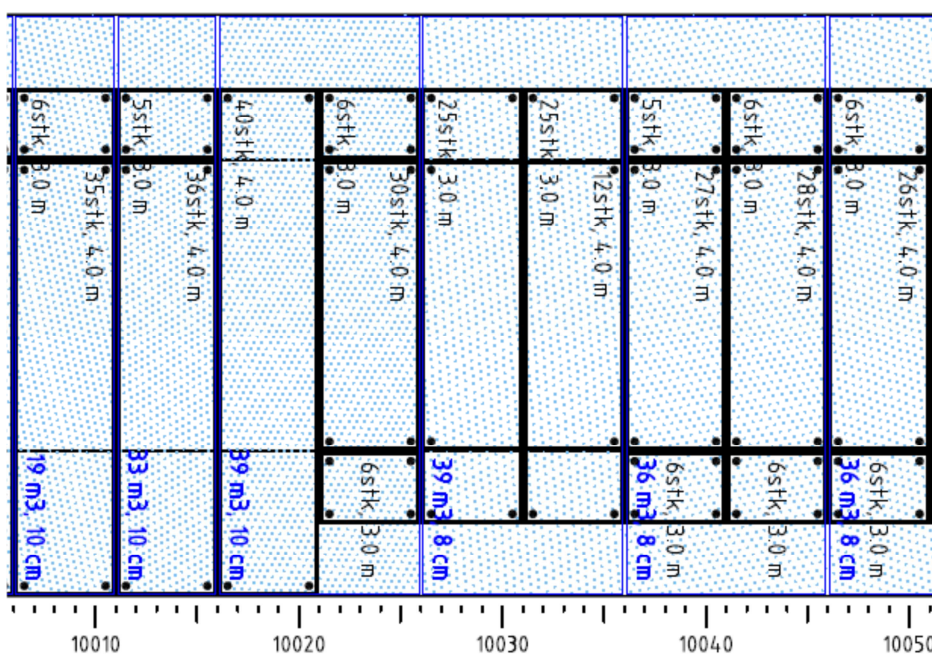
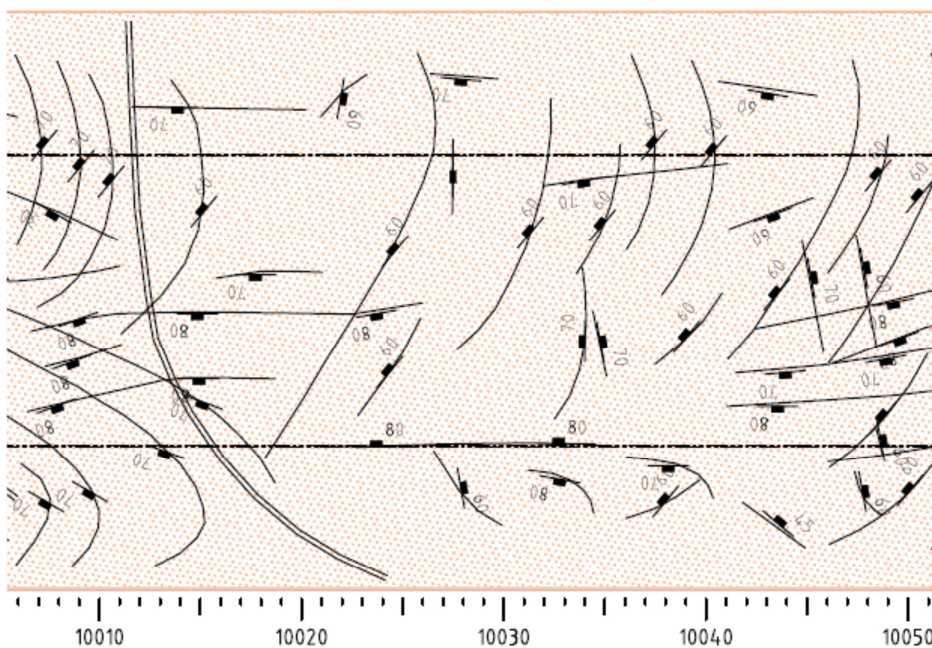
Příloha č. 1: Geologická dokumentace

80/6,0	90/6,0	80/9,0	70/9,0	80/9,0	75/6,0	70/6,0	60/9,0	60/9,0	50/9,0	60/9,0
15/1,0	15/1,0	15/1,0	15/2,0	15/2,0	15/4,0	15/4,0	15/4,0	15/4,0	15/4,0	15/4,0
10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0	10/1,0
20	23	13	58	67	47	44	25	25	21	25

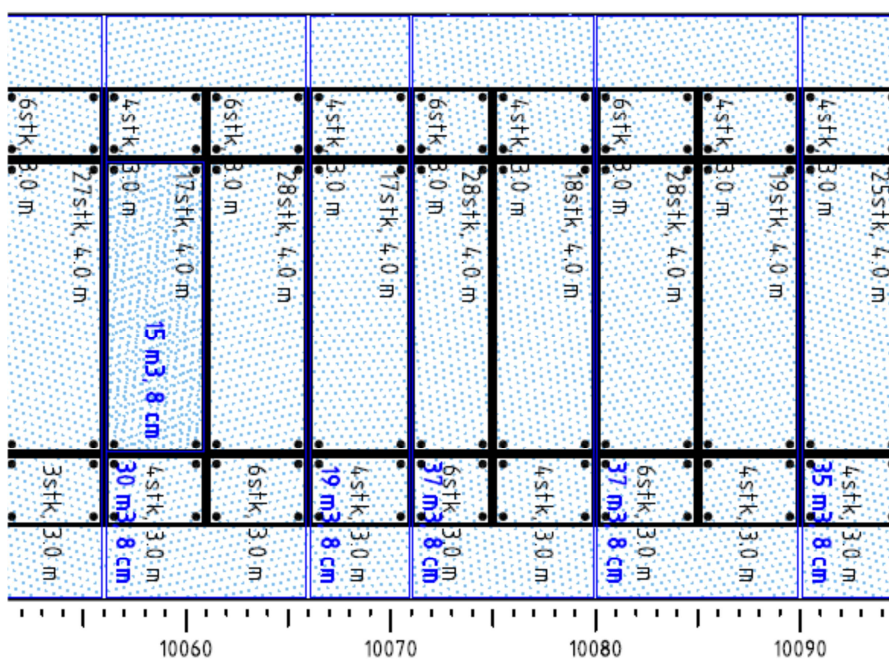
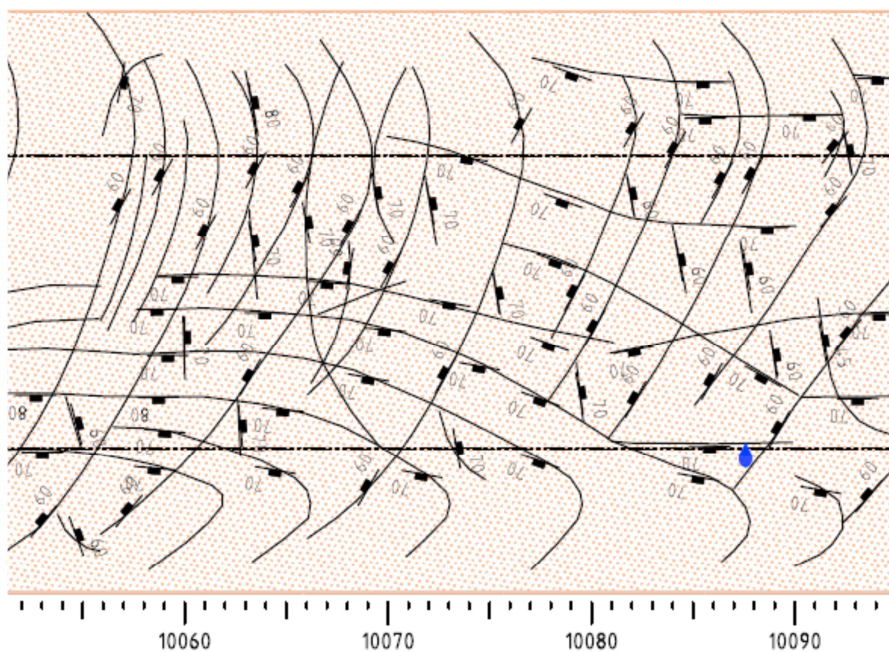
8736 Kg



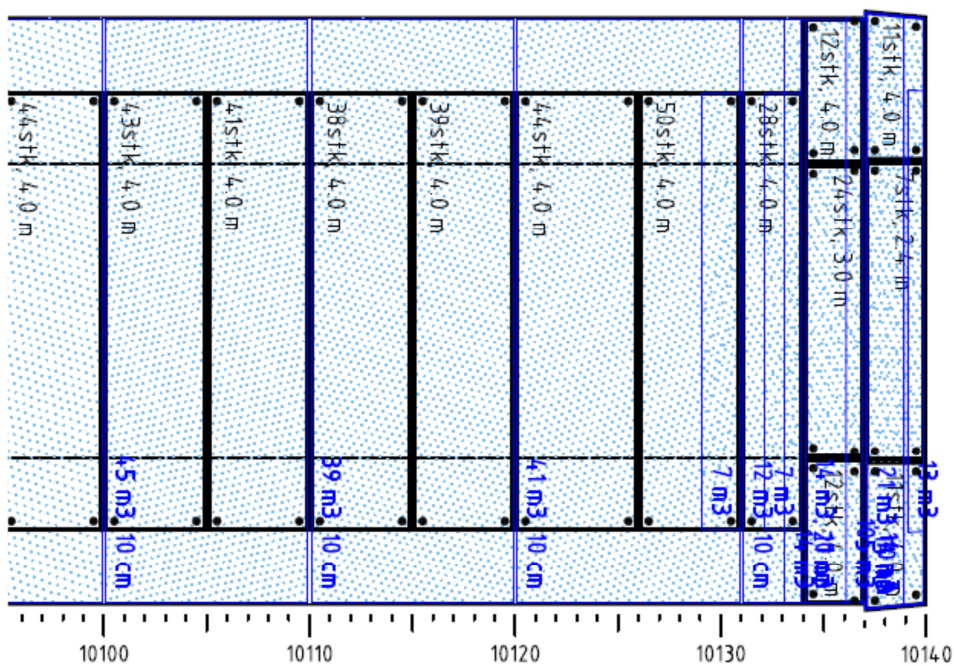
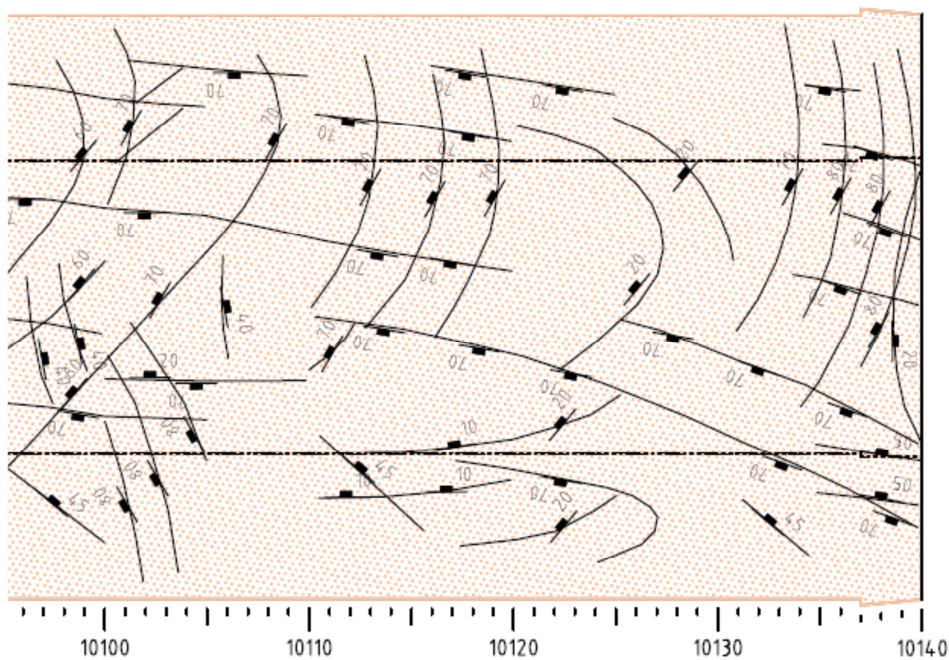
70/9.0	60/9.0	75/9.0	80/9.0	80/9.0	70/9.0	80/6.0	70/9.0	70/12
15/4.0	15/4.0	15/4.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0
10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0
2.9	2.5	3.1	6.7	6.7	5.8	10	5.8	4.4

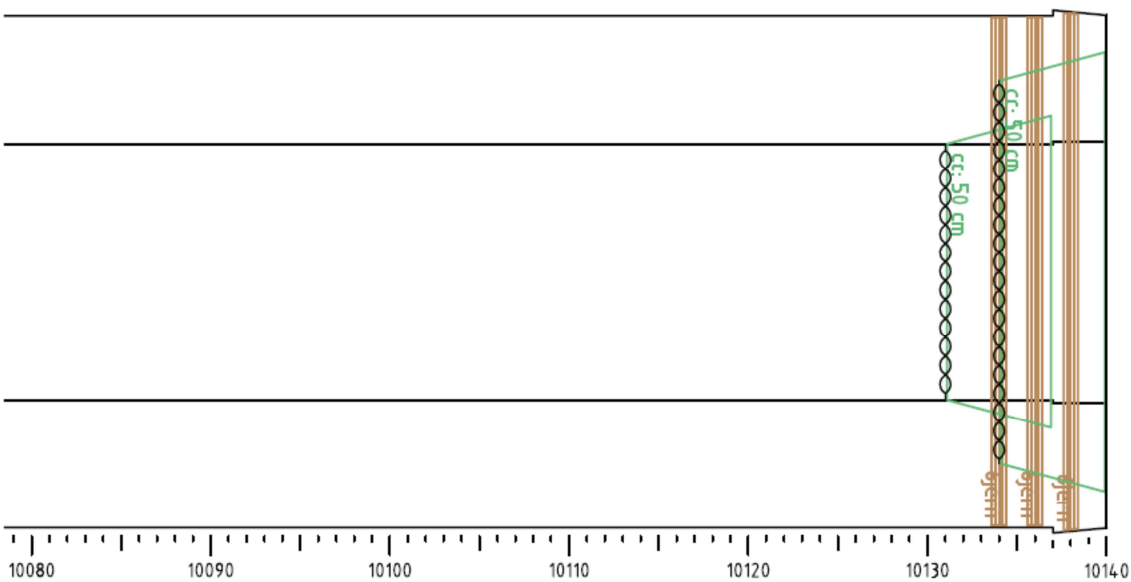
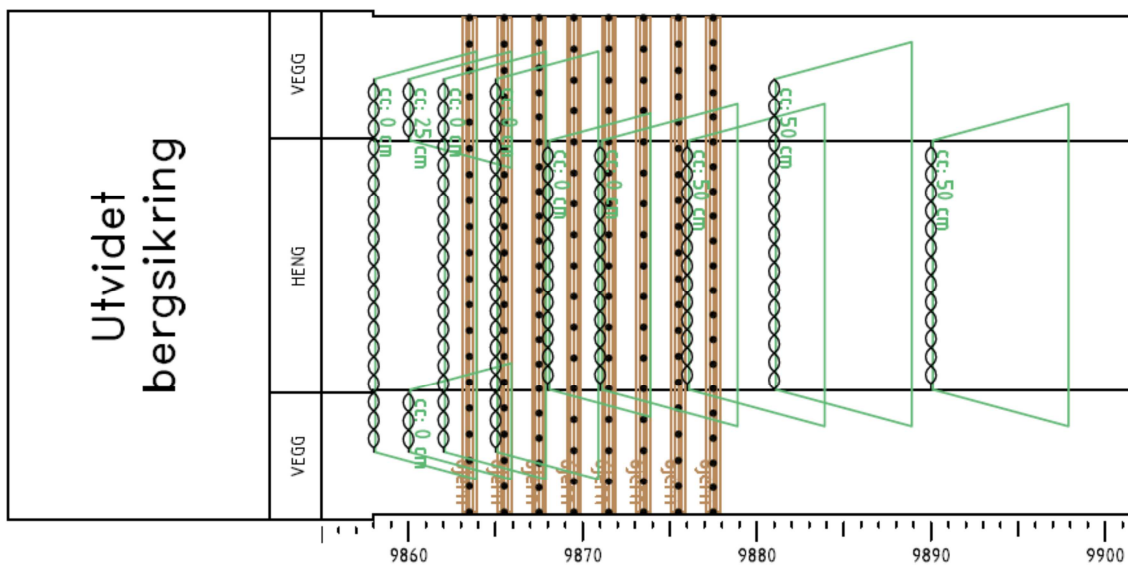


70/9.0	50/9.0	70/9.0	70/12	80/9.0	80/9.0	80/9.0	80/9.0	80/9.0
15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/2.0	15/1.0
10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	10/1.0	0.66/1.0	0.66/1.0
5.8	4.2	5.8	4.4	6.7	6.7	6.7	4.4	8.8



80/9.0	80/9.0	90/9.0	80/12	80/12	80/9.0	80/18	75/18	70/18	60/18
15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0	15/1.0
10/1.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0	10/5.0
13	2.7	3.0	2.0	2.0	2.7	1.3	1.3	1.2	1.0





Bergsikring

• •	Kombinasjon/innstøpte, ved/bak stuff
○ ○	Endeforankrede, ved/bak stuff
⊕ ⊕	Andre boltetyper, ved/bak stuff
	Forbolter
	Sikringsbuer
	Sprøytebetong
	Utstøpning
	Fjellbånd
	Sikringsnett
	Injeksjon

Geologiske registreringer

	Sprekkesett
	Foliasjon
	Sprekk
	Sleppe
	Svakhetszone smalere enn 1 m
	Svakhetszone bredere enn 1 m
S	Avskaling etter over 1 time
SS	Avskaling etter få minutter
B	Intenst bergslag

Bergarter

	Amfibolittisk gneis
--	---------------------

Vann / -sikring

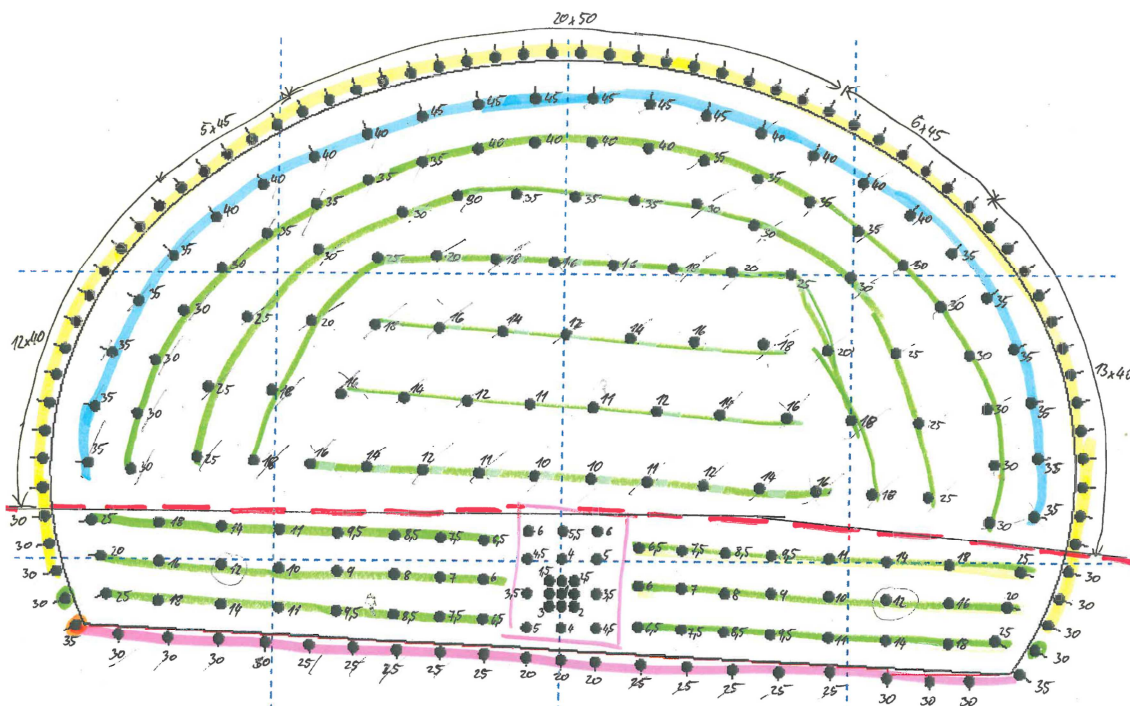
	Lekkasje, punkt
	Lekkasje, område/intervall

Bergklasser

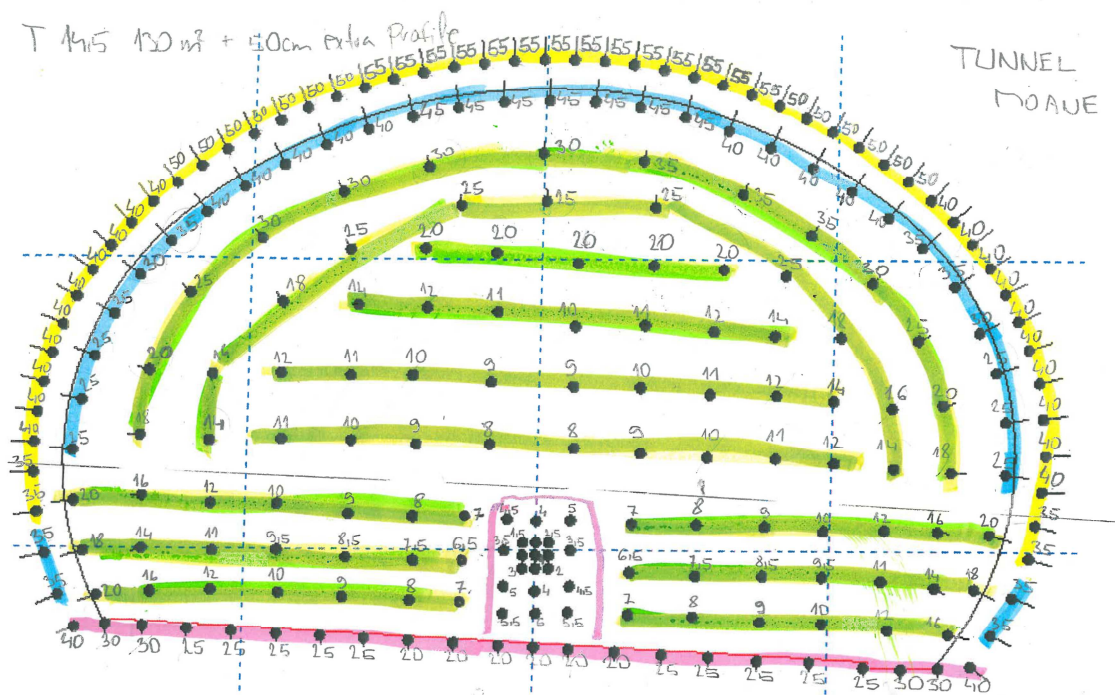
	A - Svært/ekstremt god (40-1000)
	B - God (10-40)
	C - Middels (4-10)
	D - Dårlig (1-4)
	E - Svært dårlig (0,1-1)
	F - Ekstremt dårlig (0,01-0,1)
	G - Eksepsjonelt dårlig (0,001-0,01)
	Ikke kartlagt med Q-verdi

Příloha č. 2:

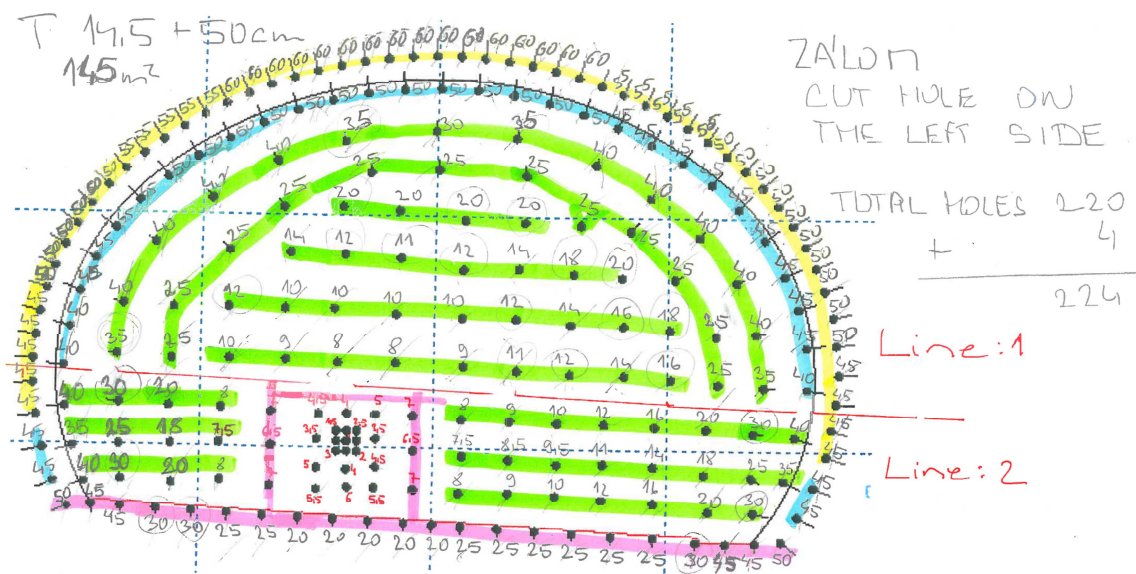
Vrtná schémata a plány nabíjení tunelu Moane



Vrtné schéma a plán nabíjení č. I: 252+4 vrty
394,04 kg pevných trhavin (délka záběru 3 m) – záběr č. 5

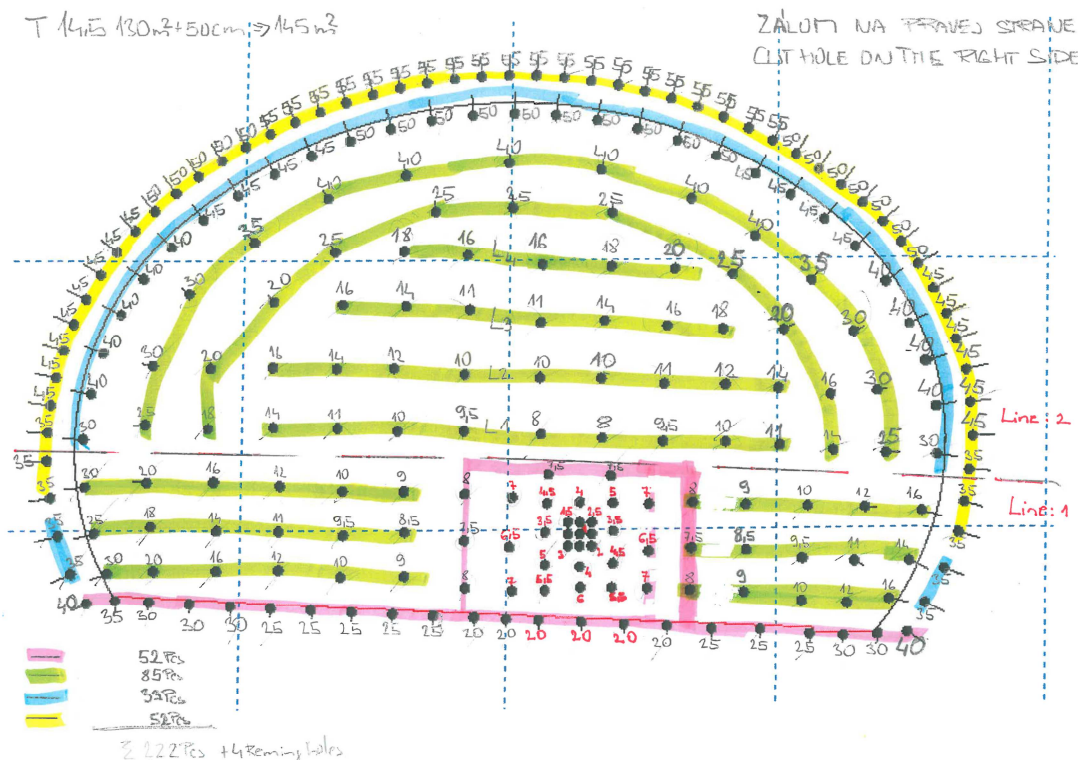


Vrtné schéma a plán nabíjení č. II: 230+4 vrty
1381,50 kg emulzní trhaviny (délka záběru 5 m) – záběr č. 6



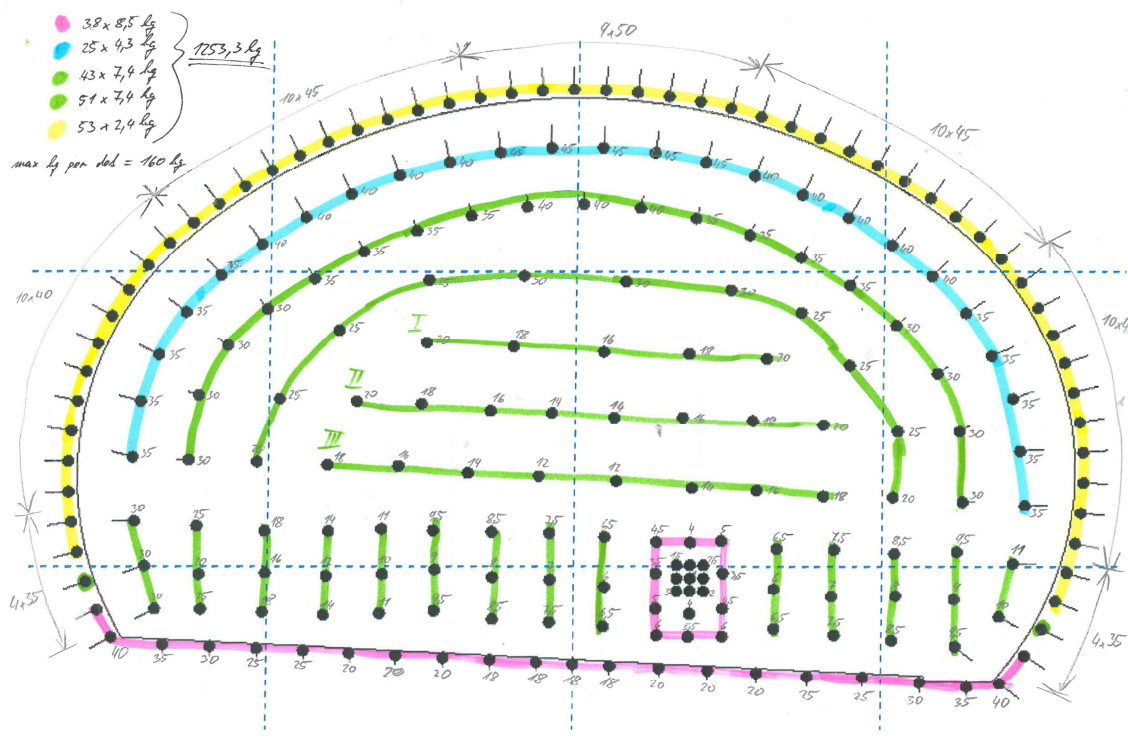
Vrtné schéma a plán nabíjení č. III: 220+4 vrtů

1314,10 kg emulzní trhaviny (délka záběru 5 m) – záběr č. 7



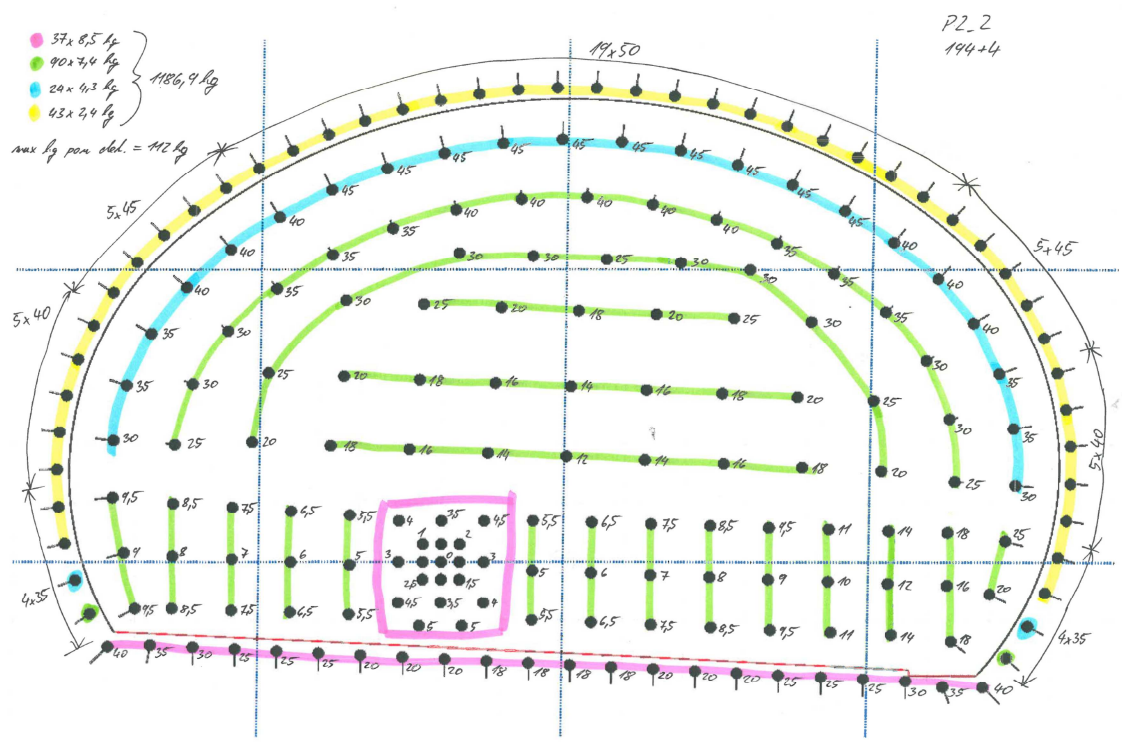
Vrtné schéma a plán nabíjení č. IV: 222+4 vrtů

1337,70 kg emulzní trhaviny (délka záběru 5 m) – záběr č. 8



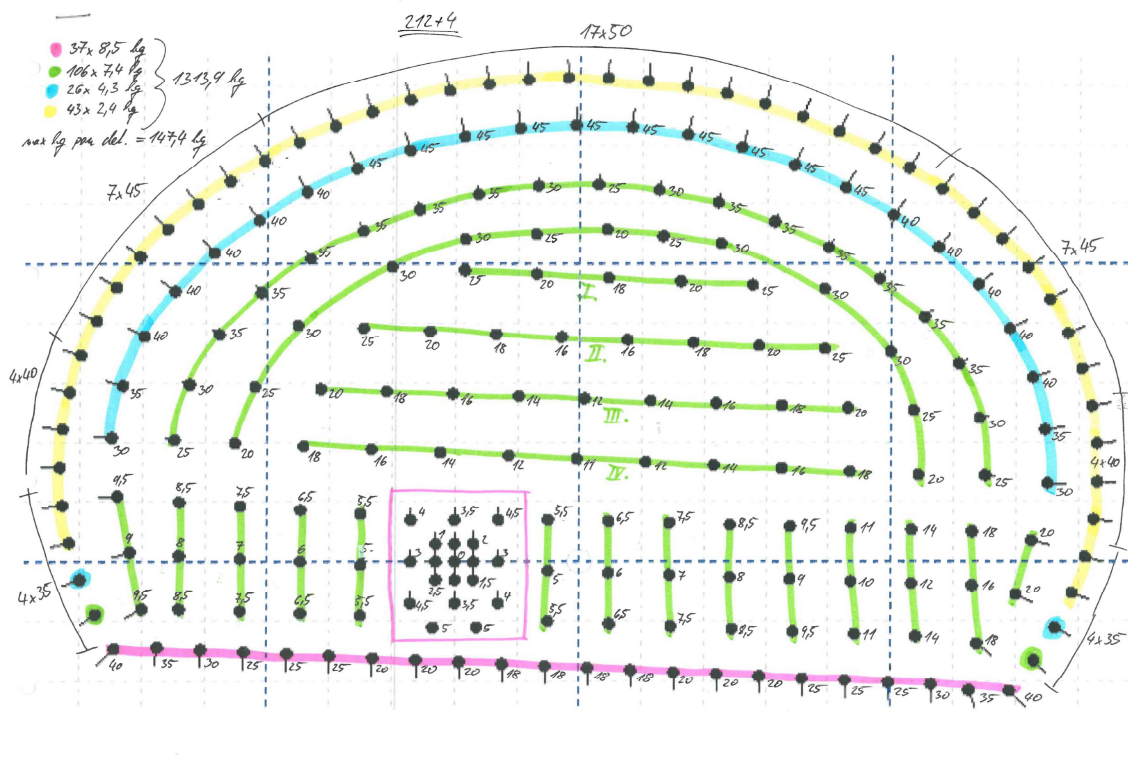
Vrtné schéma a plán nabíjení č. V: 210+4 vrtů

1253,30 kg emulzní trhaviny (délka záběru 5 m) – záběry č. 9 - 12



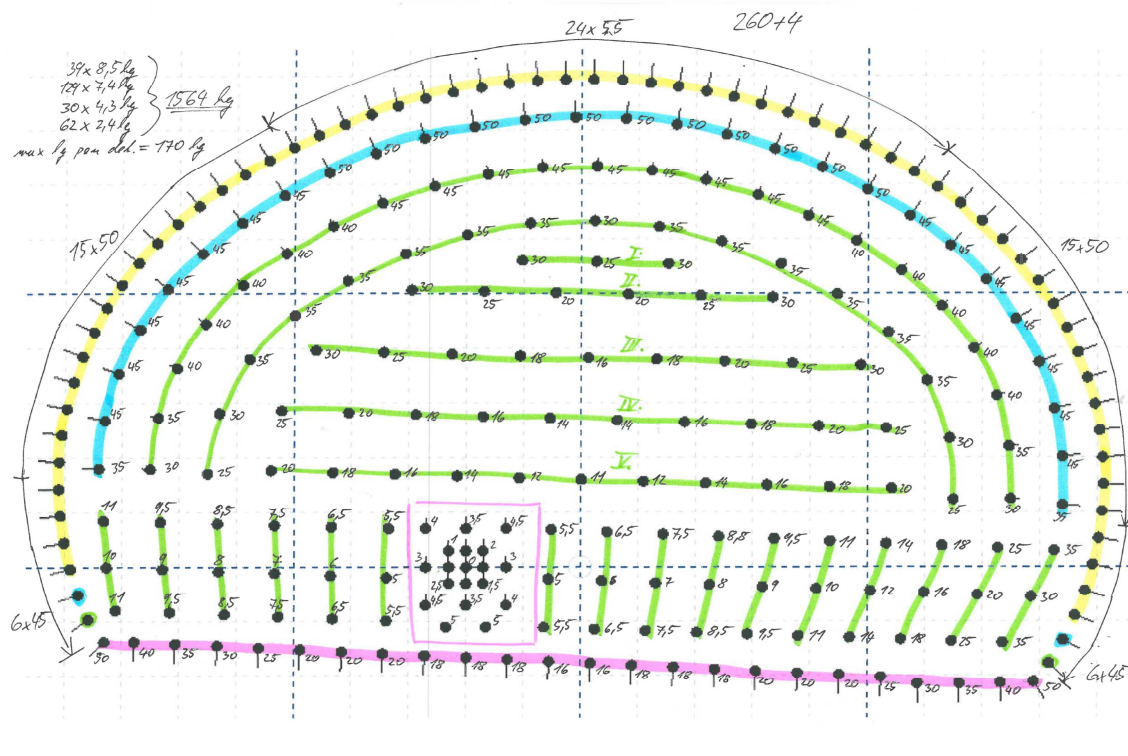
Vrtné schéma a plán nabíjení č. VI: 194+4 vrtů

1186,90 kg emulzní trhaviny (délka záběru 5 m) – záběry č. 13 - 15 a 17 - 37



Vrtné schéma a plán nabíjení č. VII: 212+4 vrtů

1313,90 kg emulzní trhaviny (délka záběru 5 m) – záběry č. 16 a 38 - 58

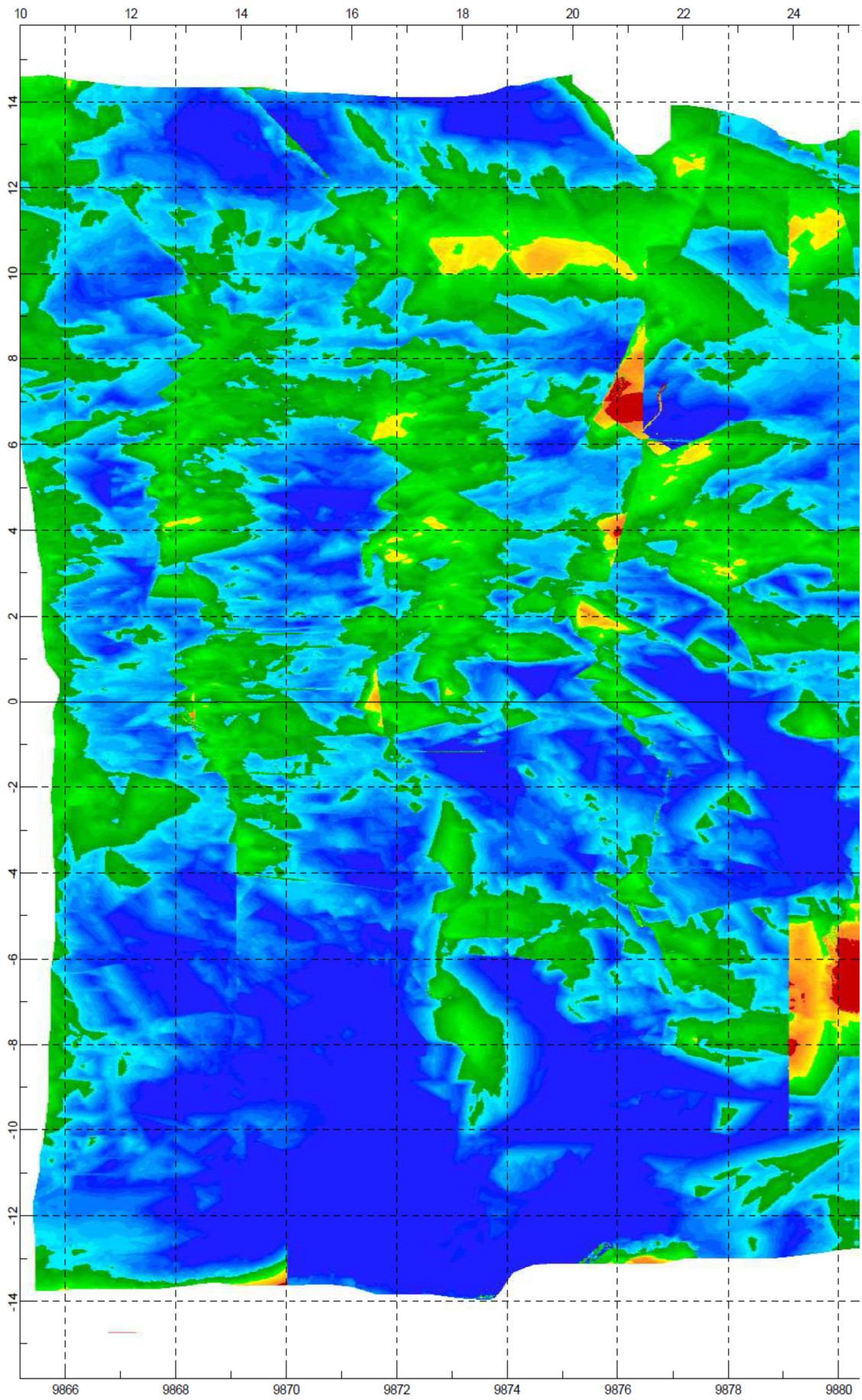


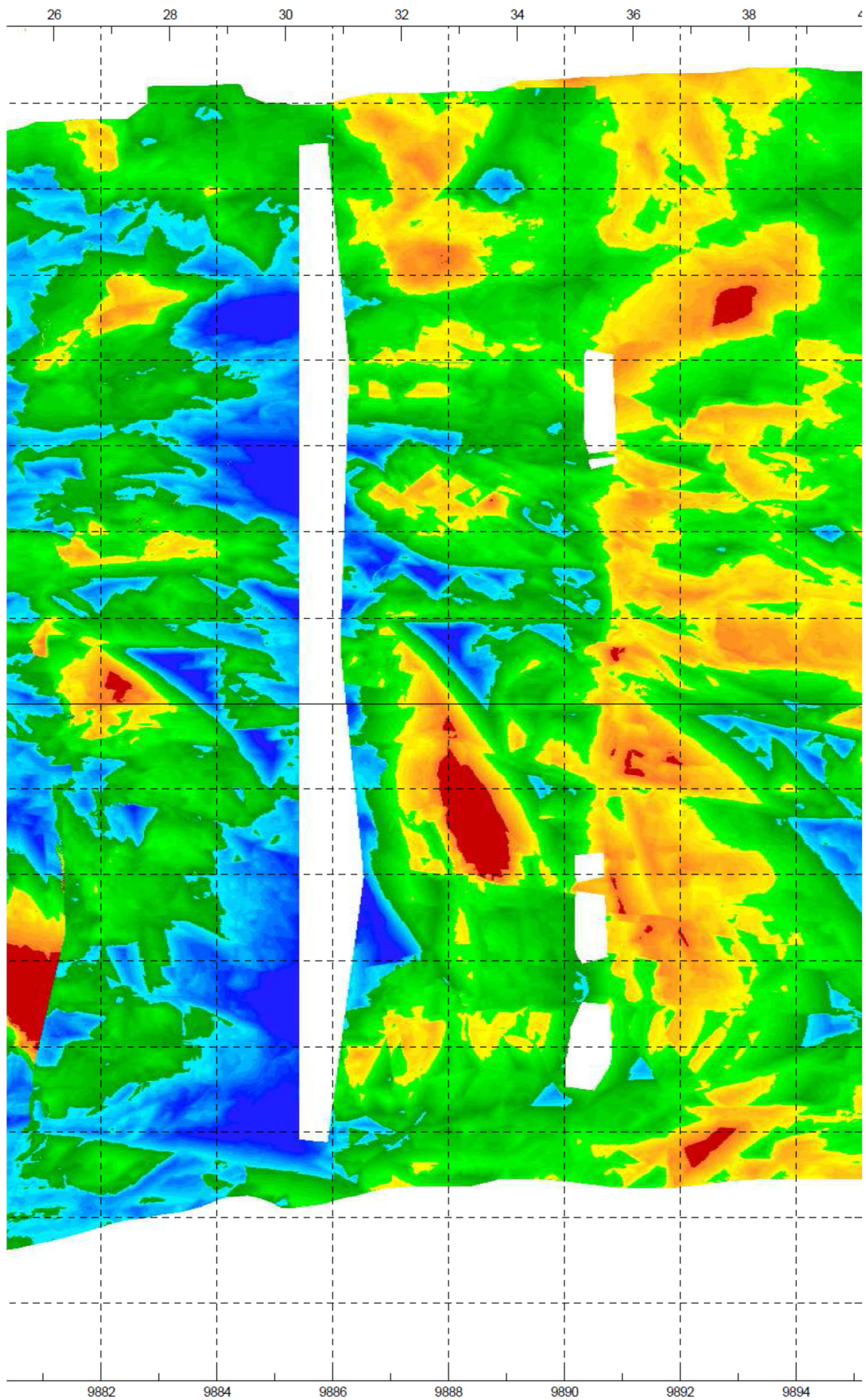
Vrtné schéma a plán nabíjení č. VIII: 260+4 vrtů

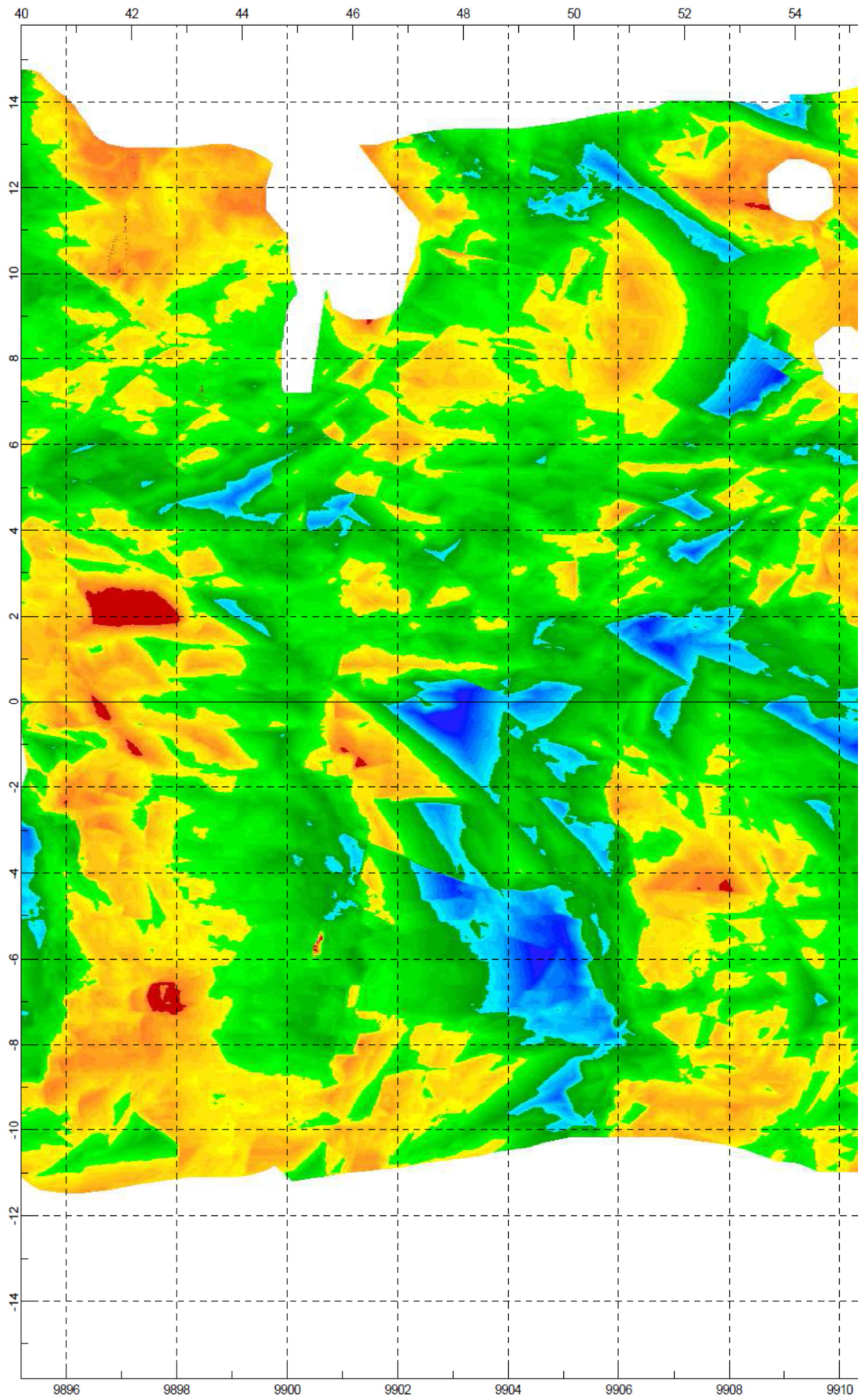
938,34 kg emulzní trhaviny (délka záběru 3 m) – záběry č. 59 - 61

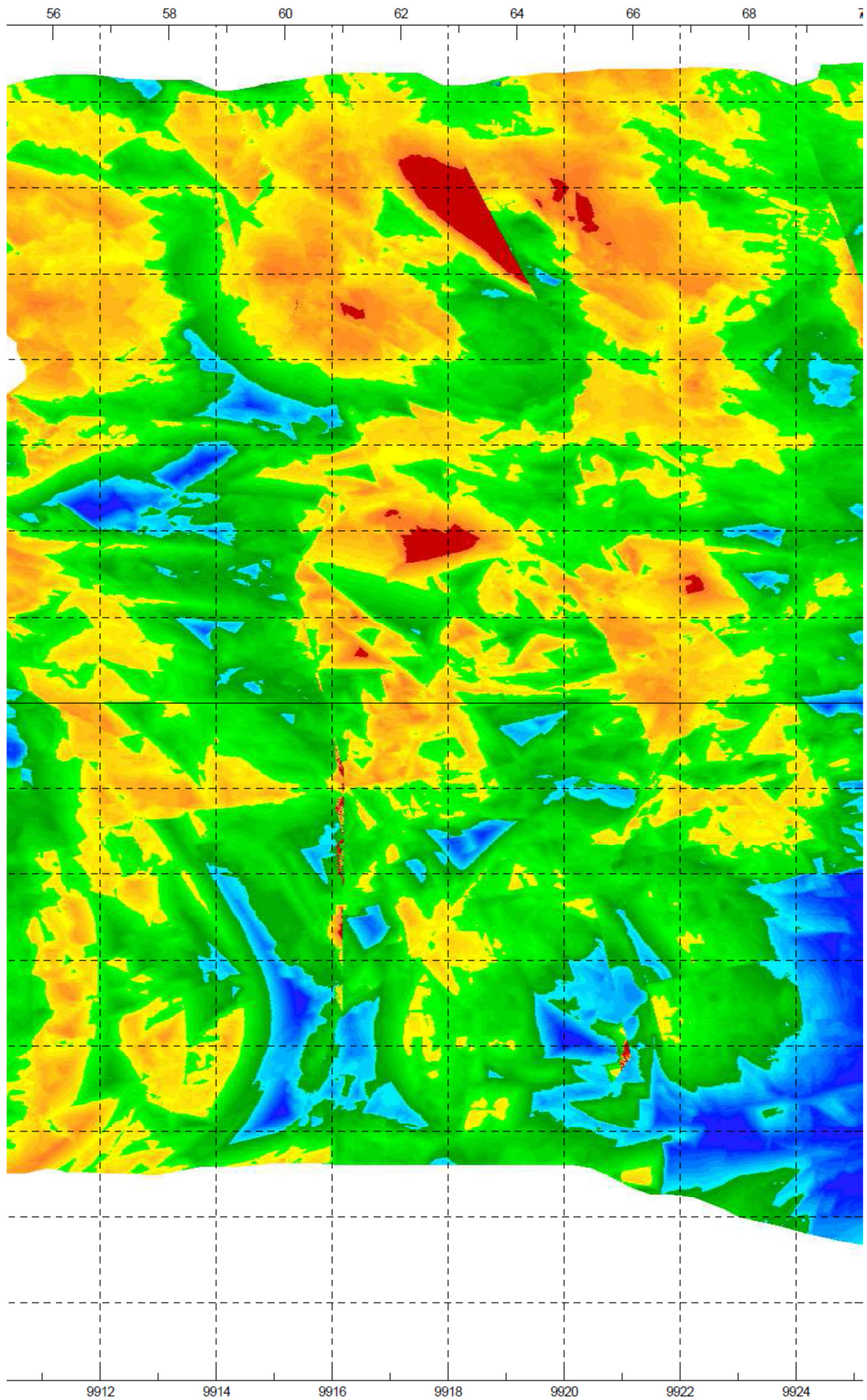
Příloha č. 3:

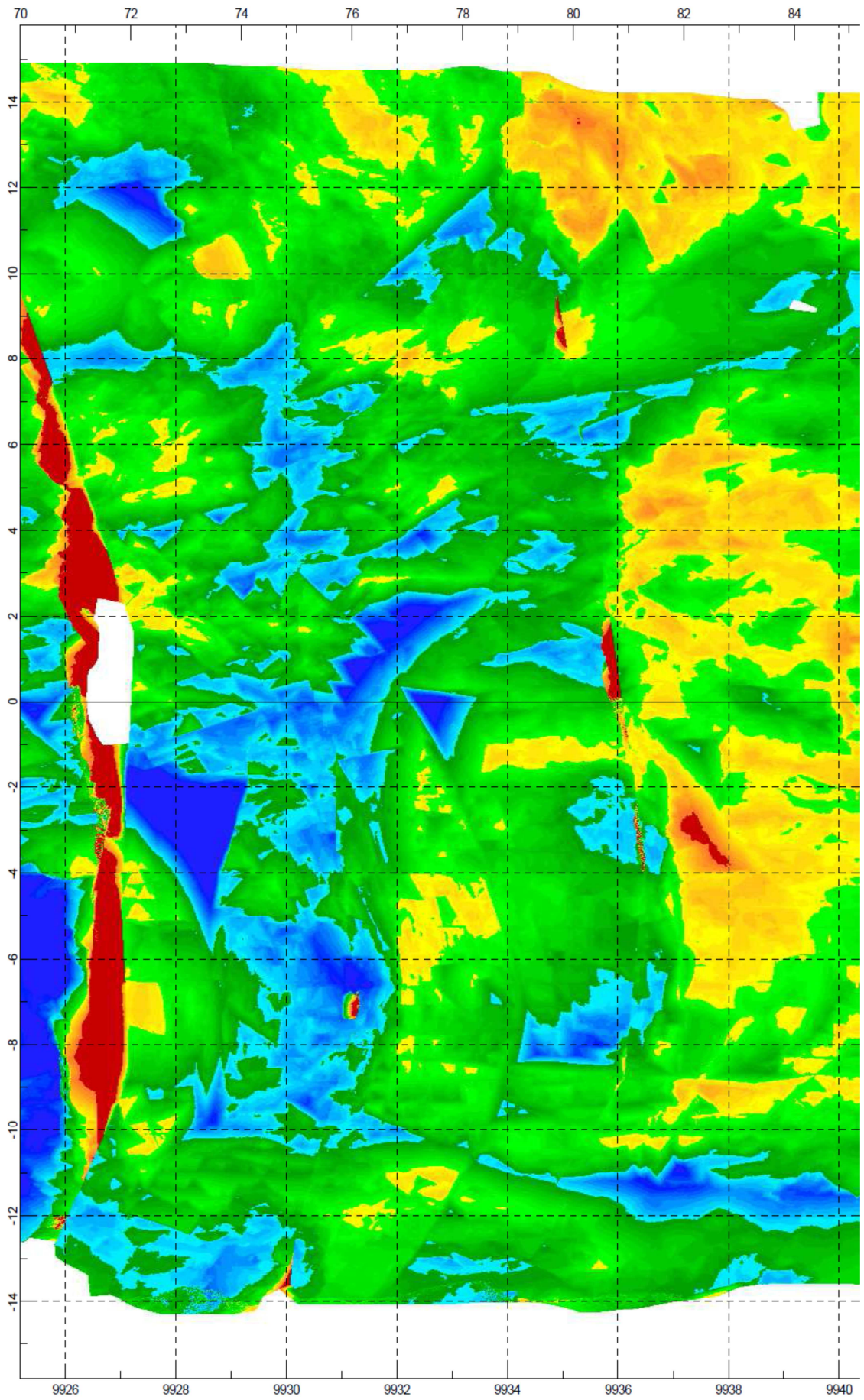
Vyhodnocení 3D skenování tunelu Moane – rozvinutá plocha výrubu

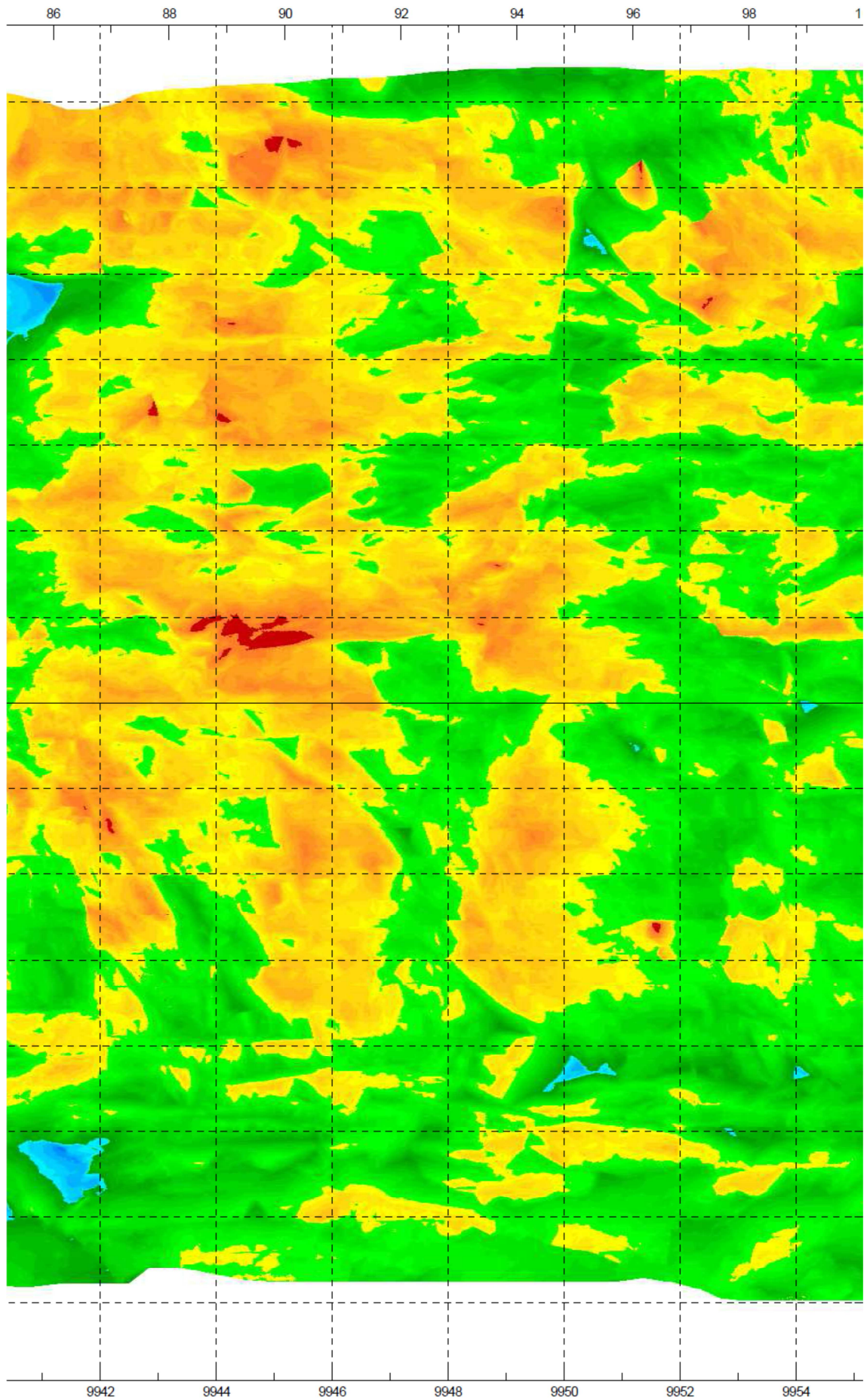


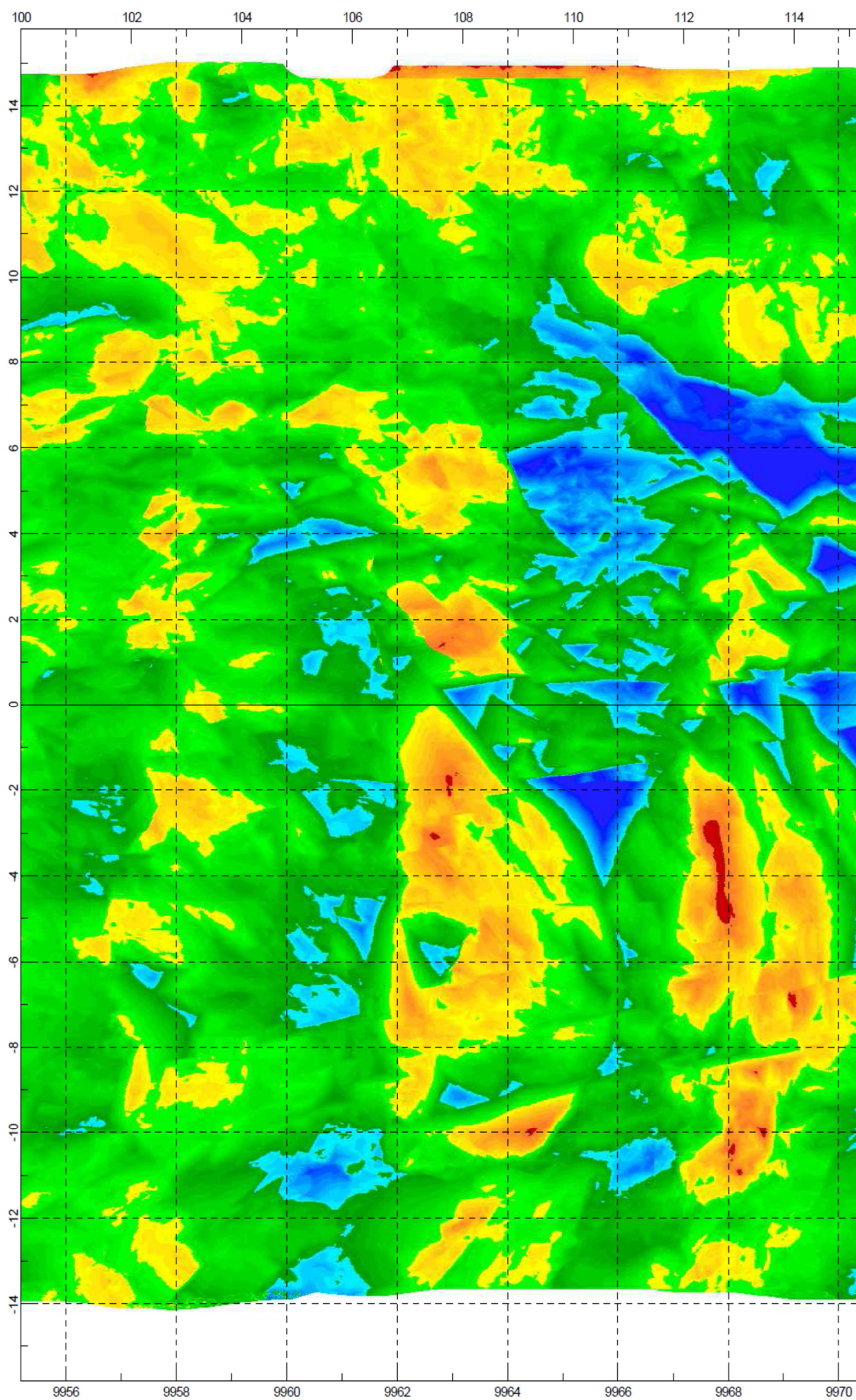


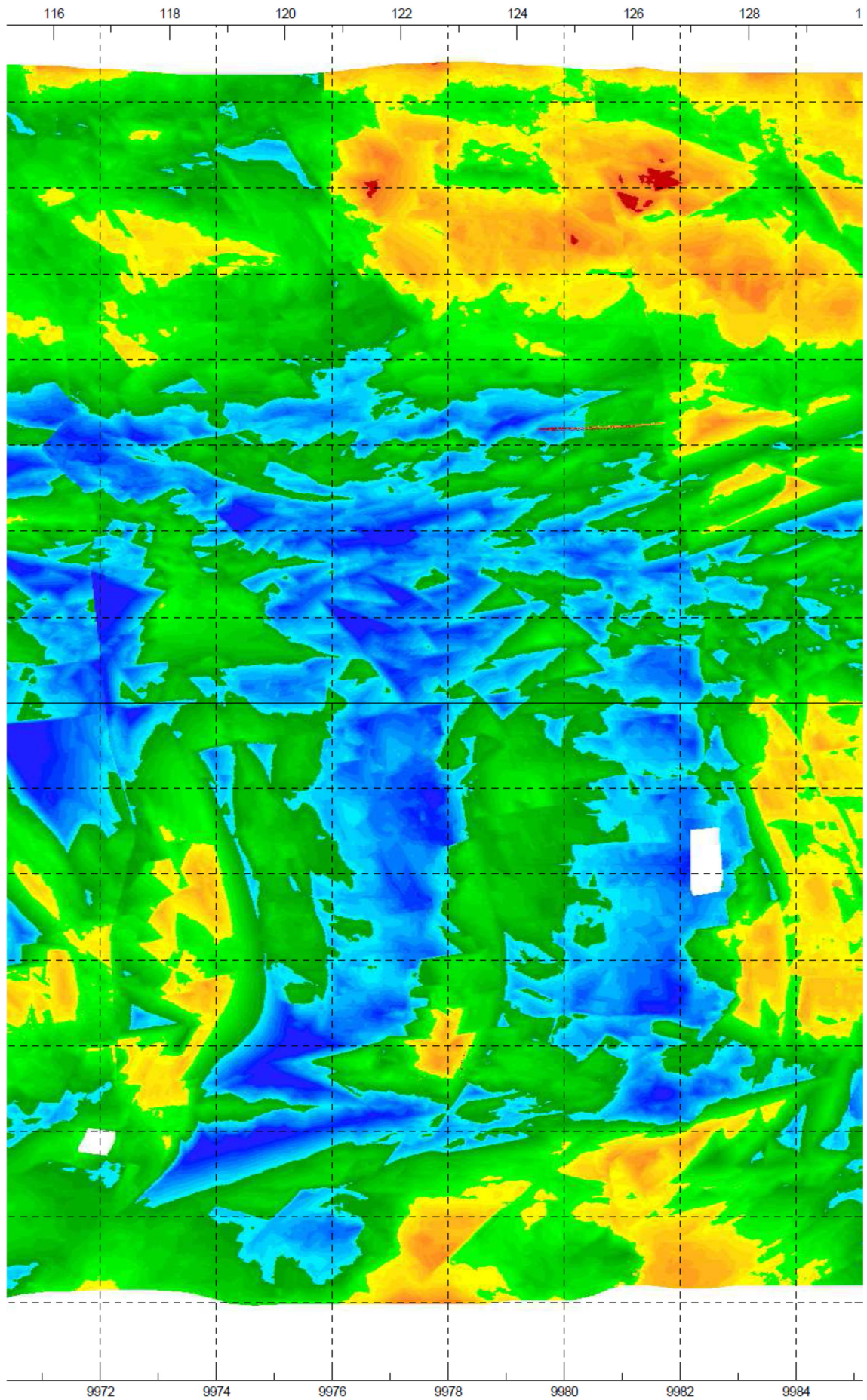


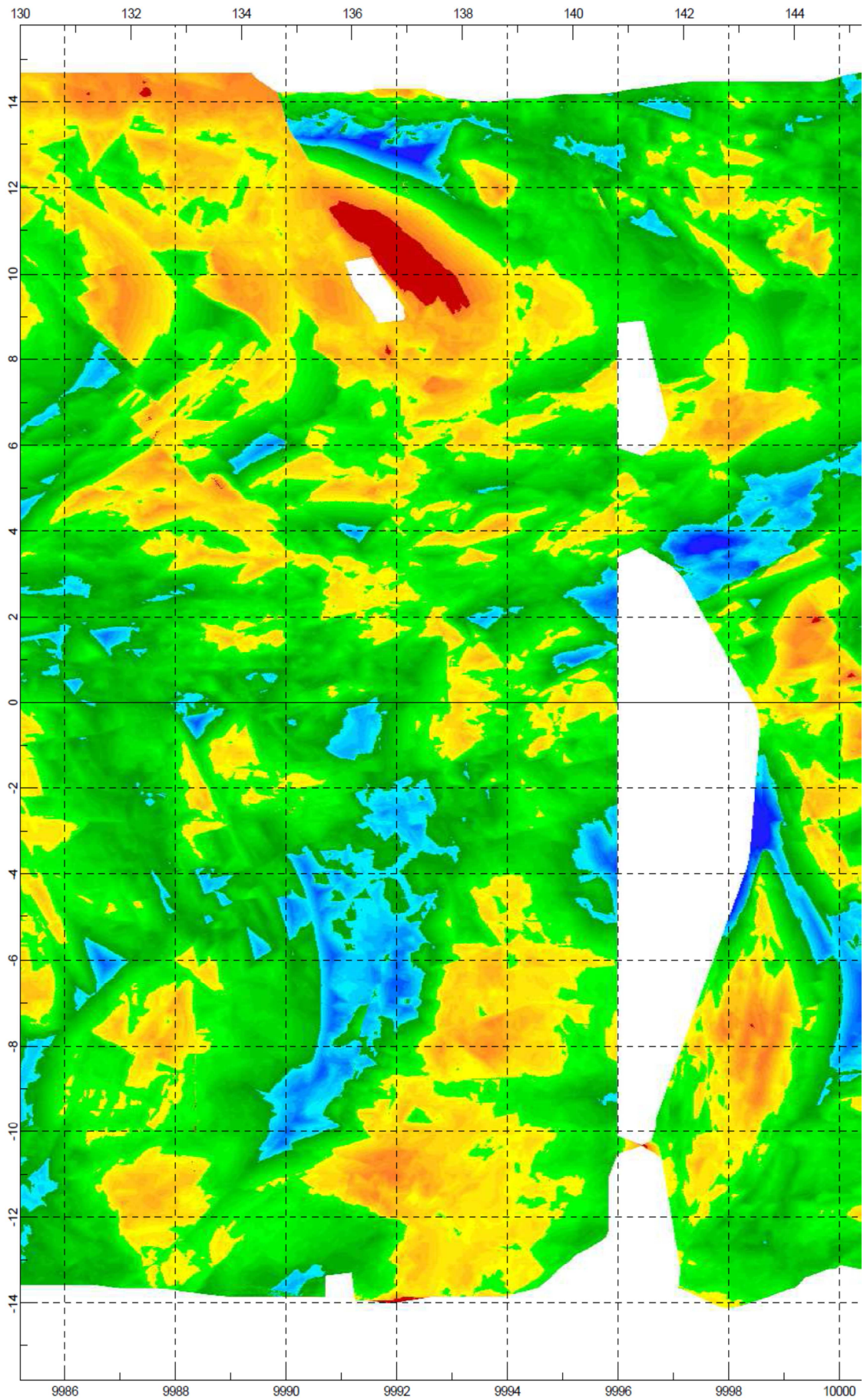


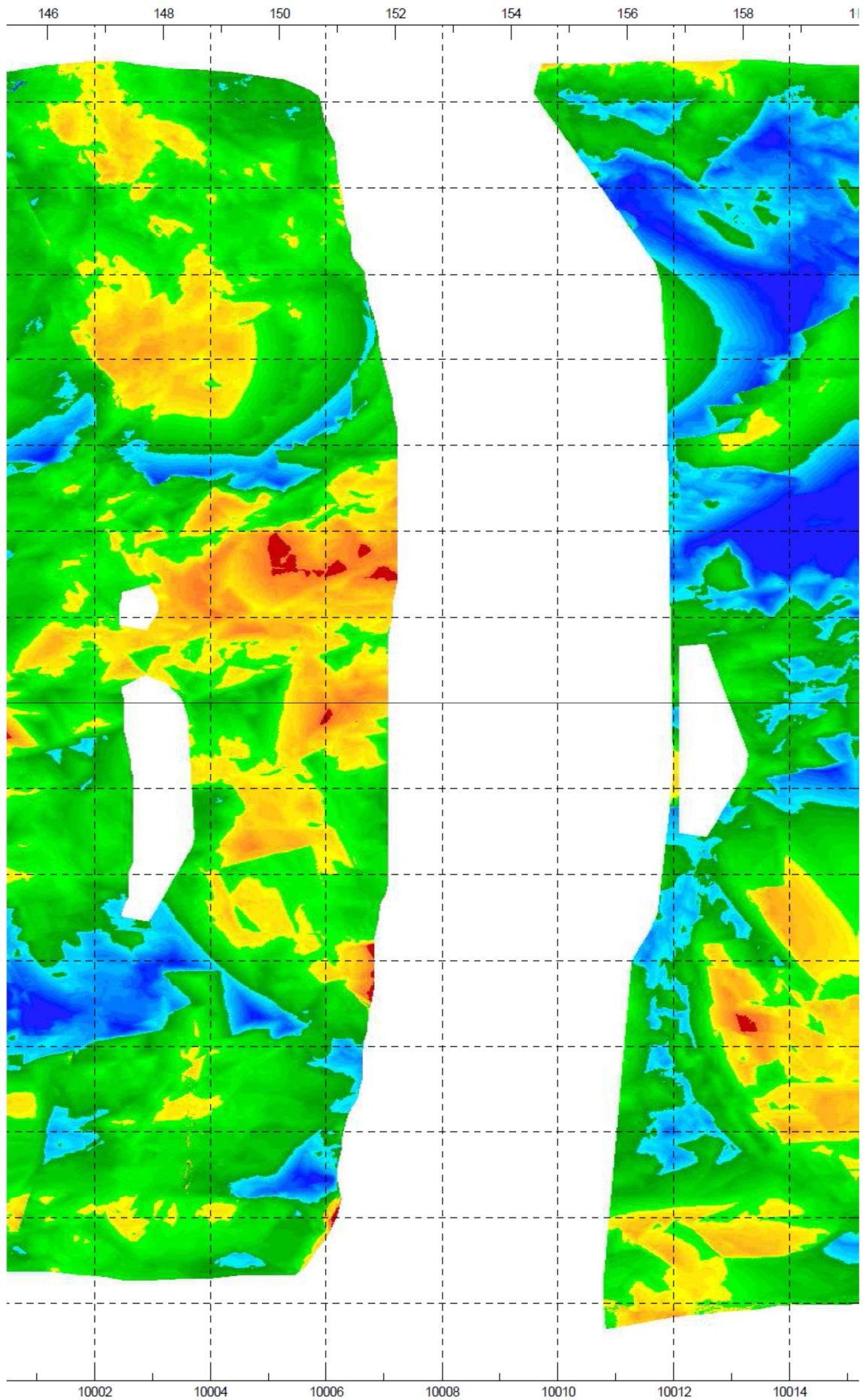


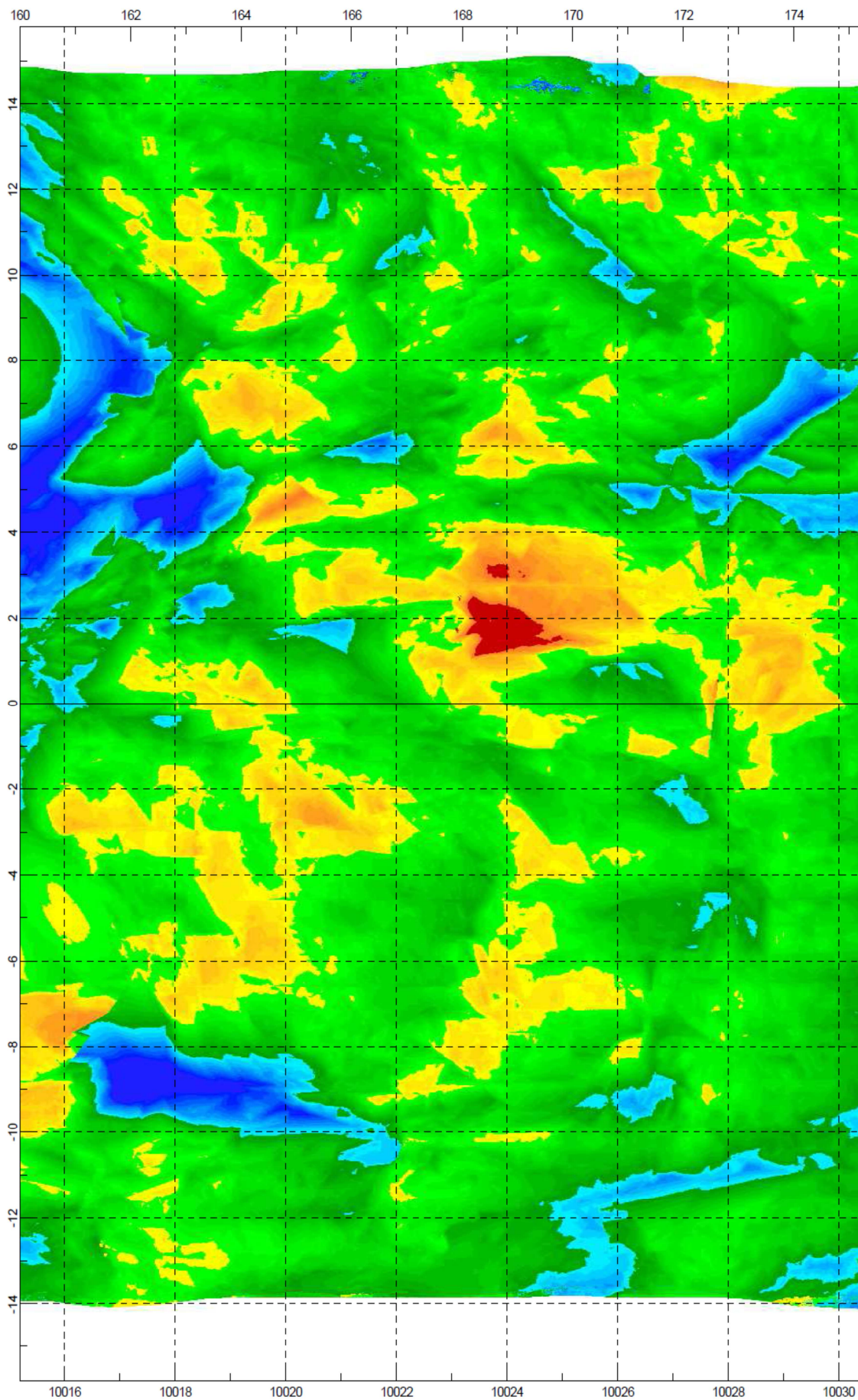


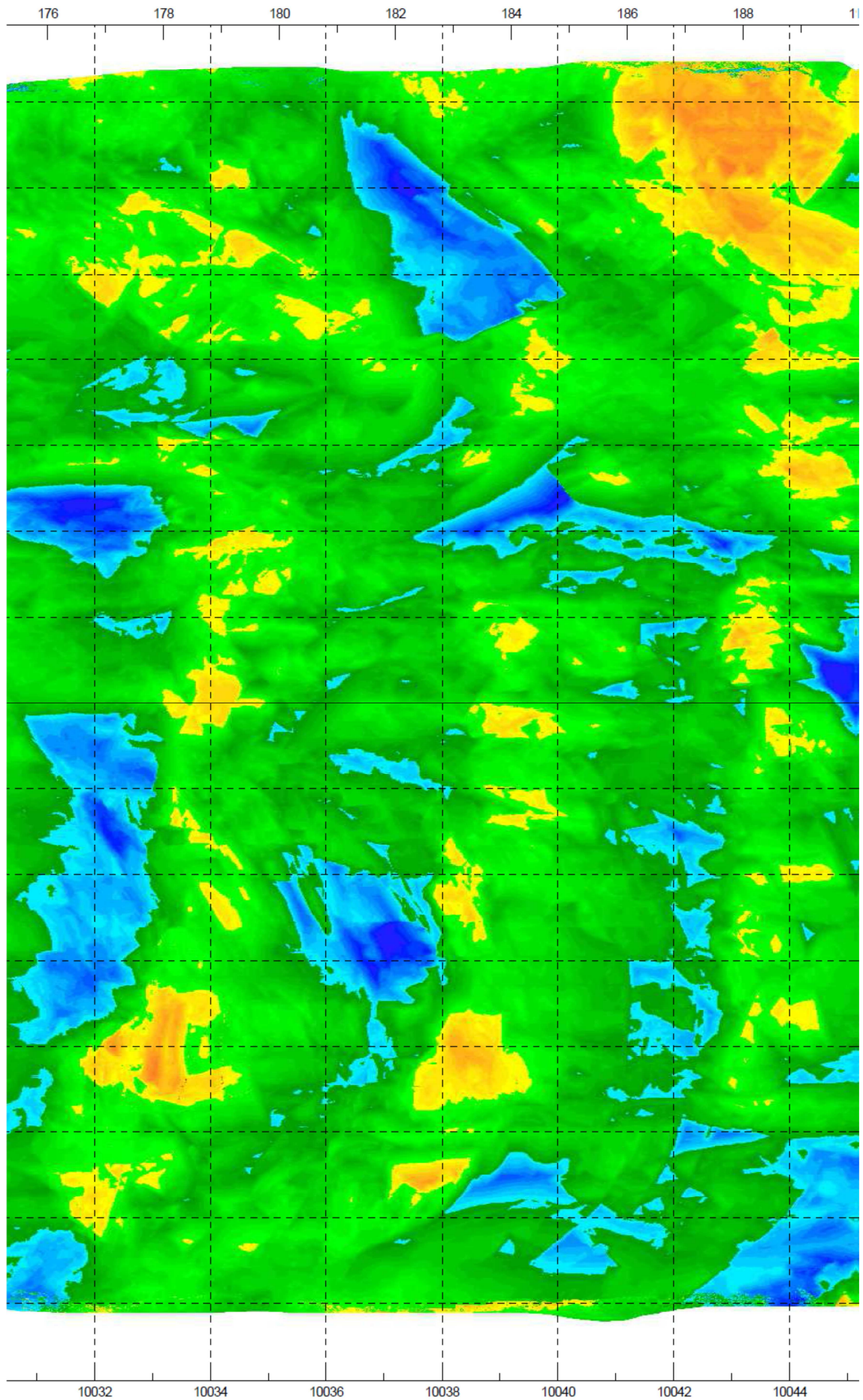


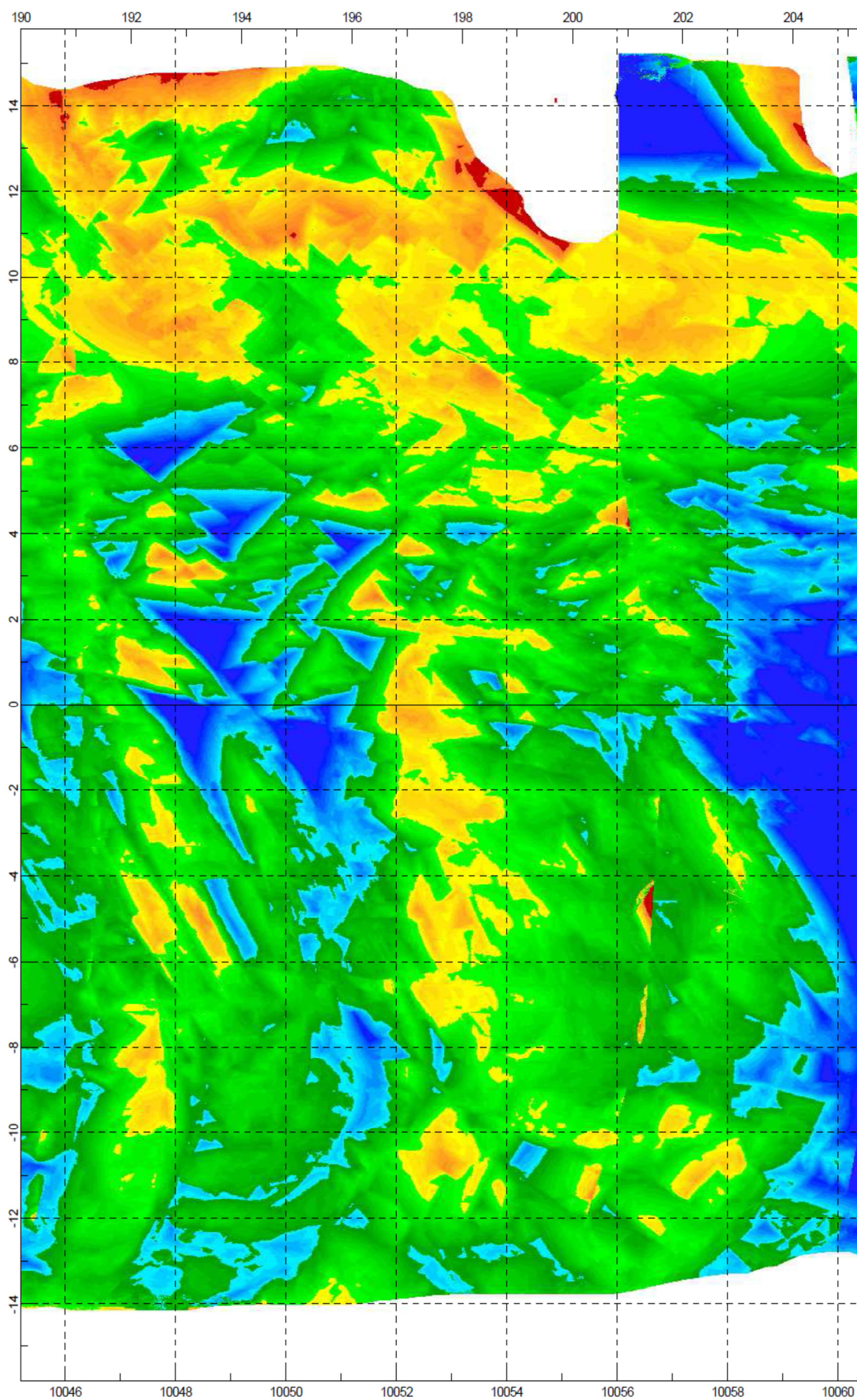


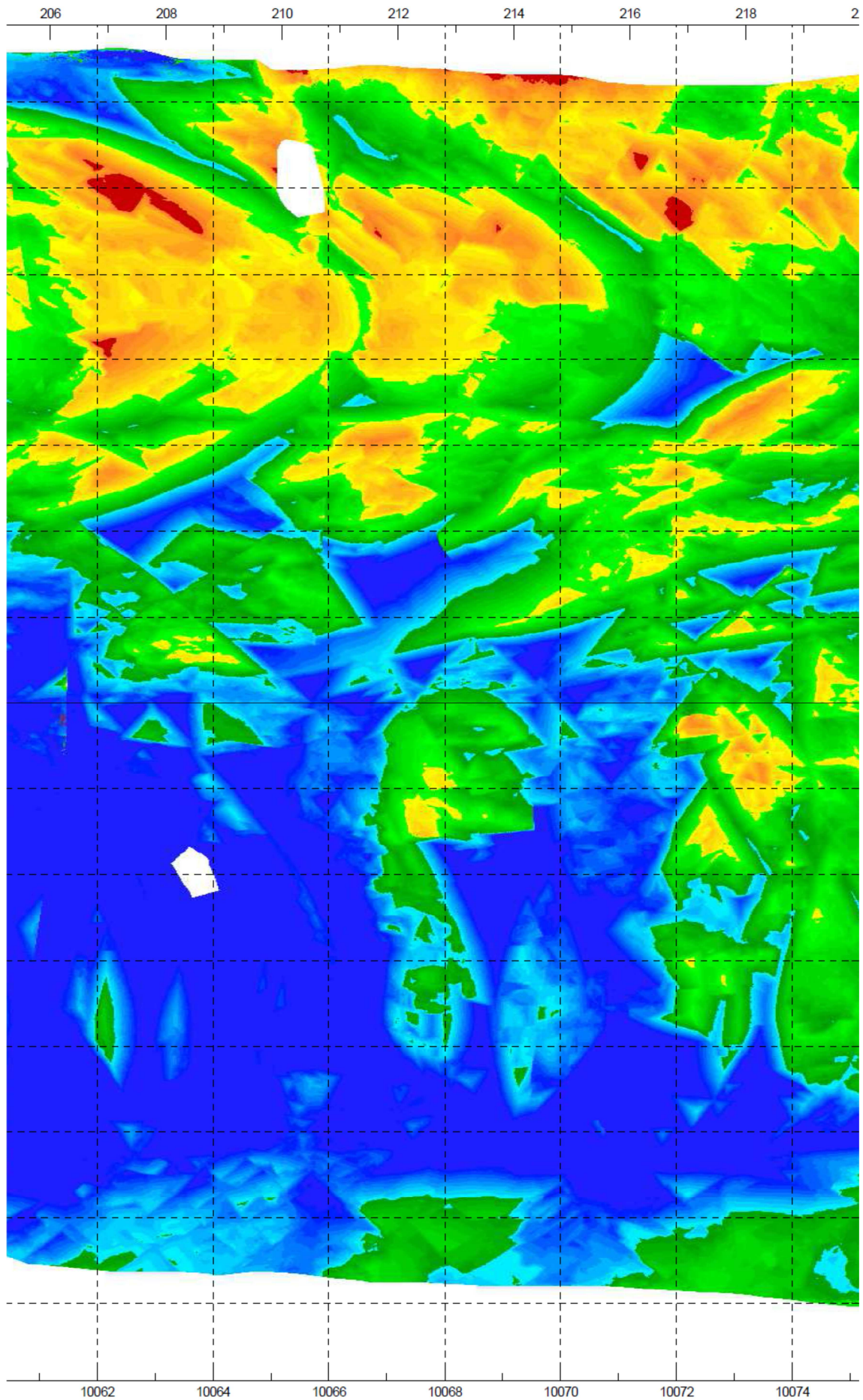


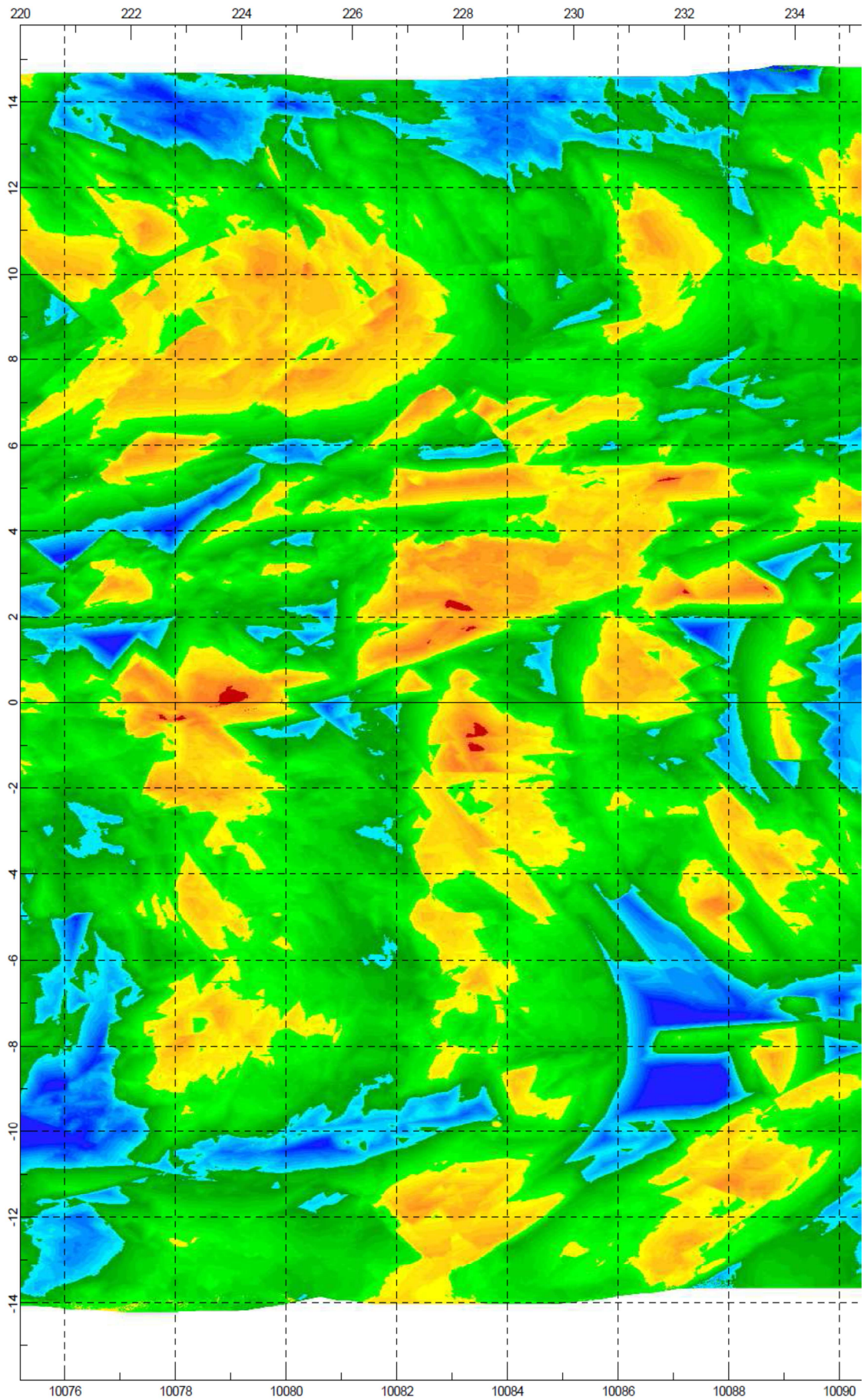


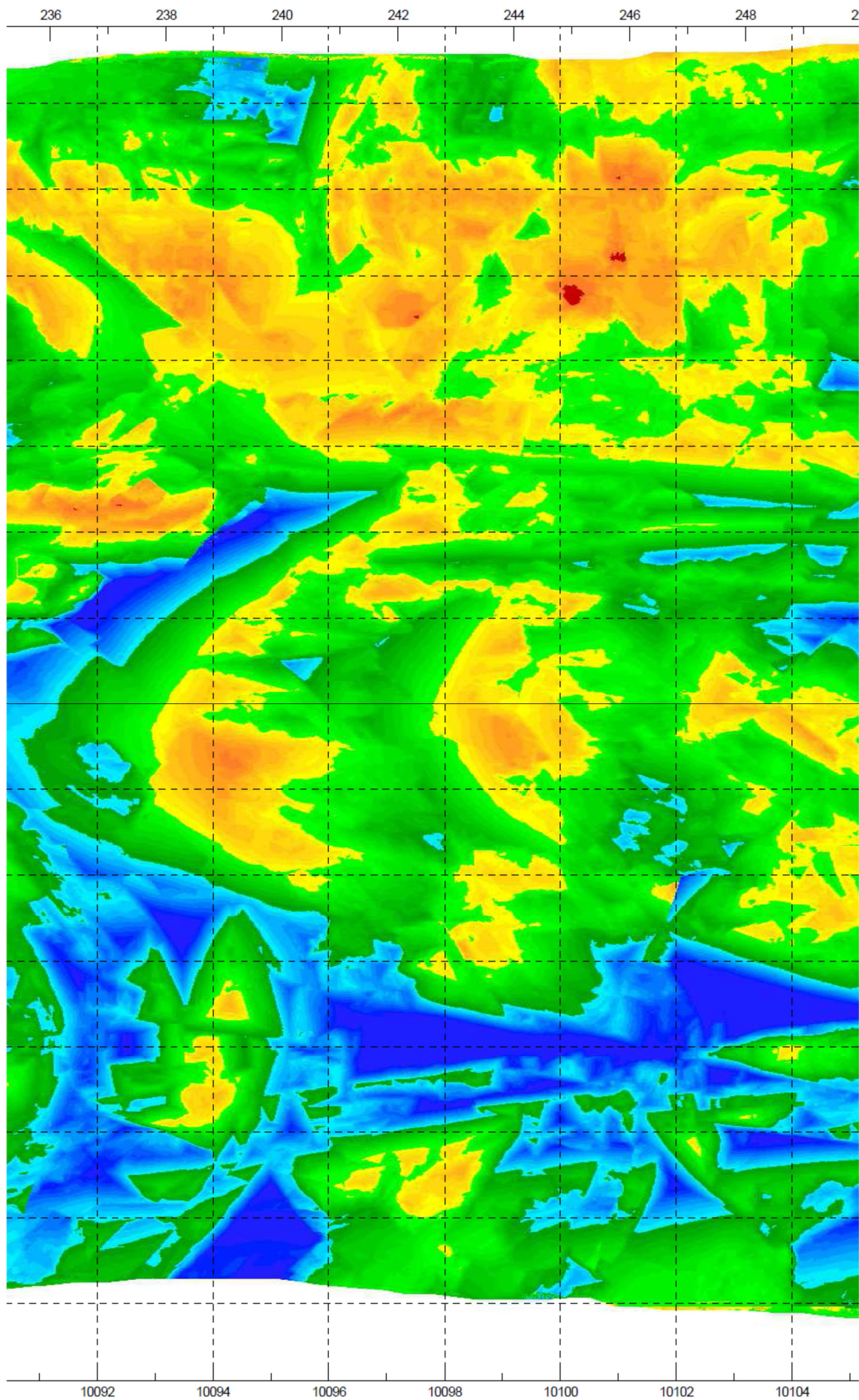


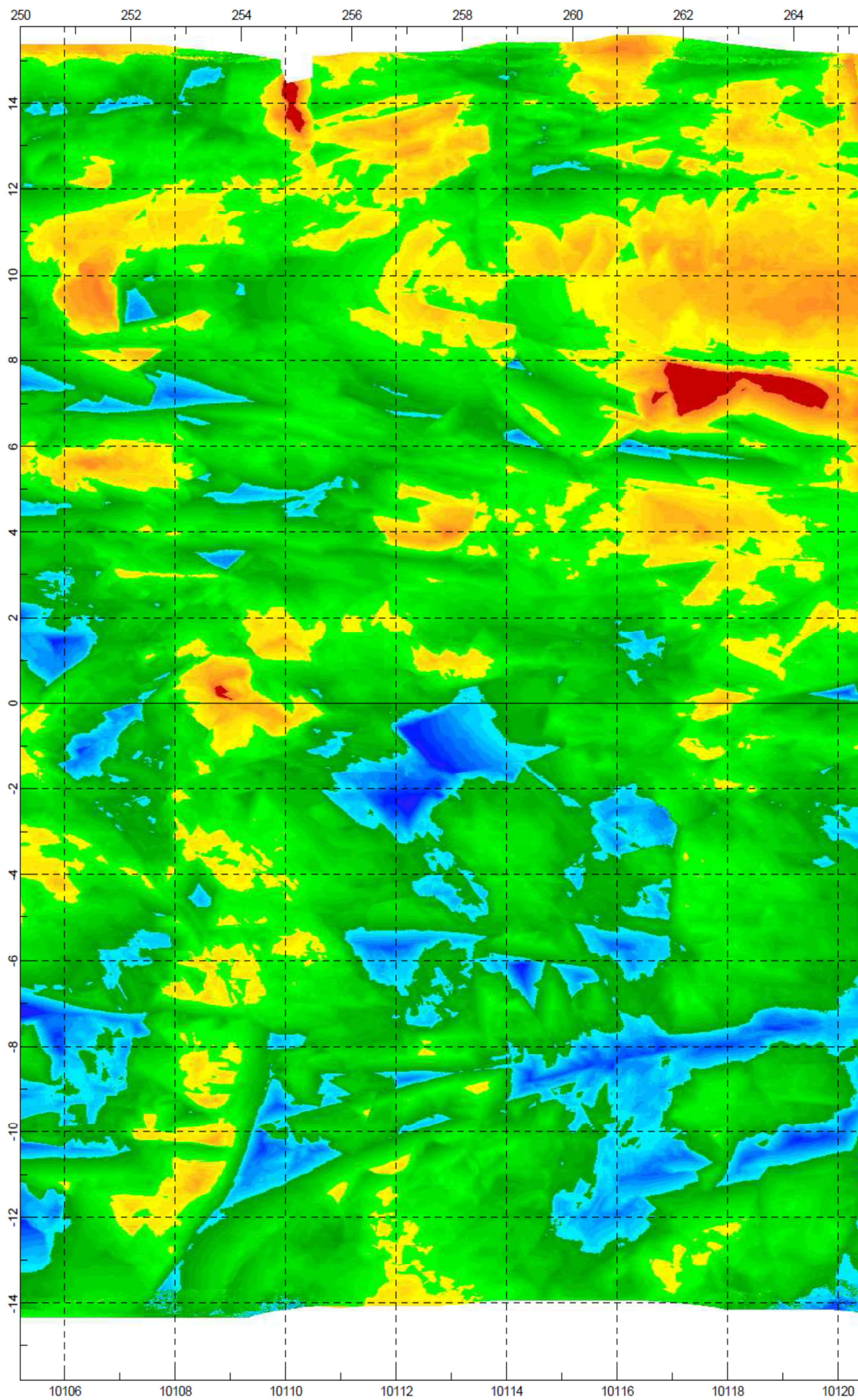


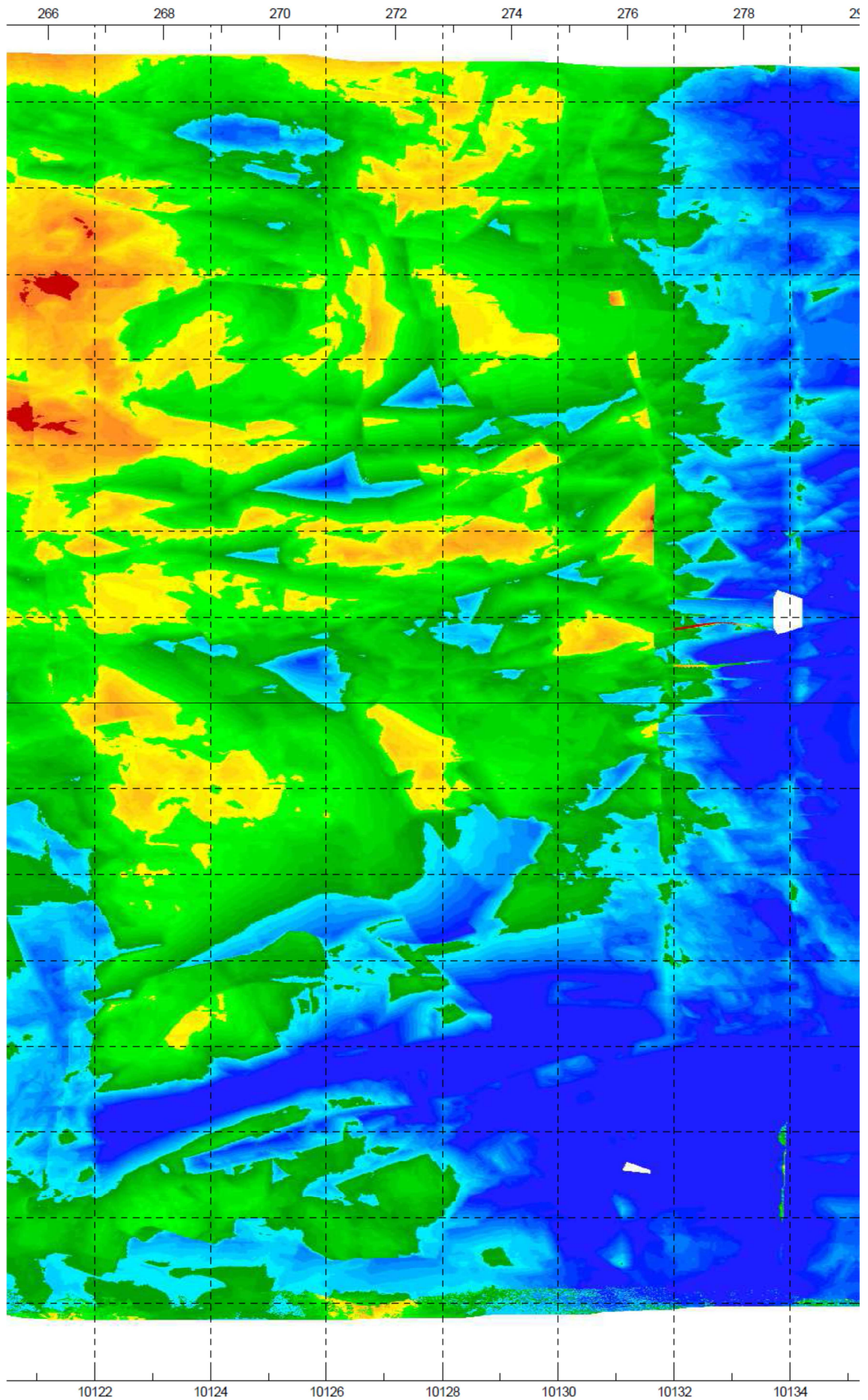


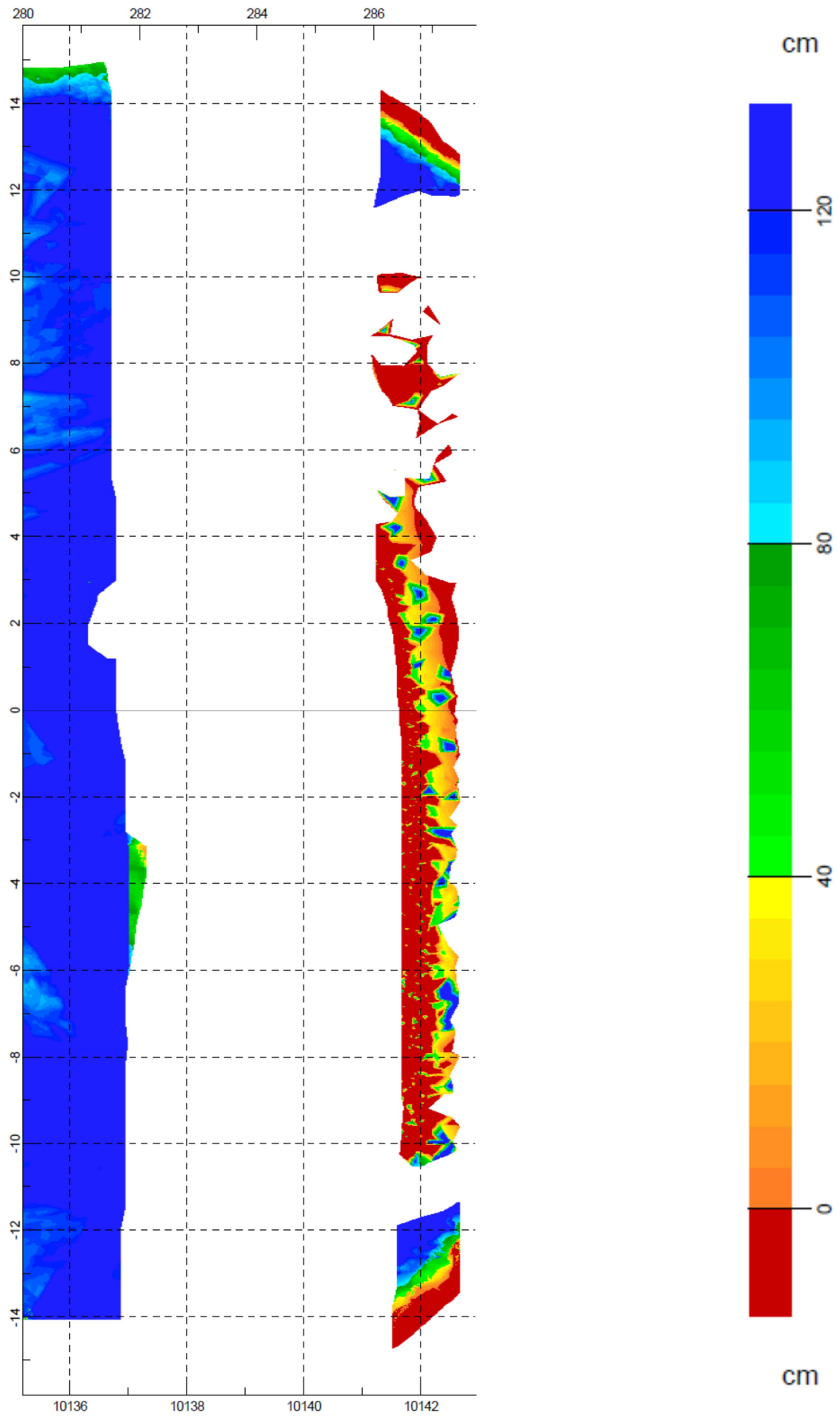






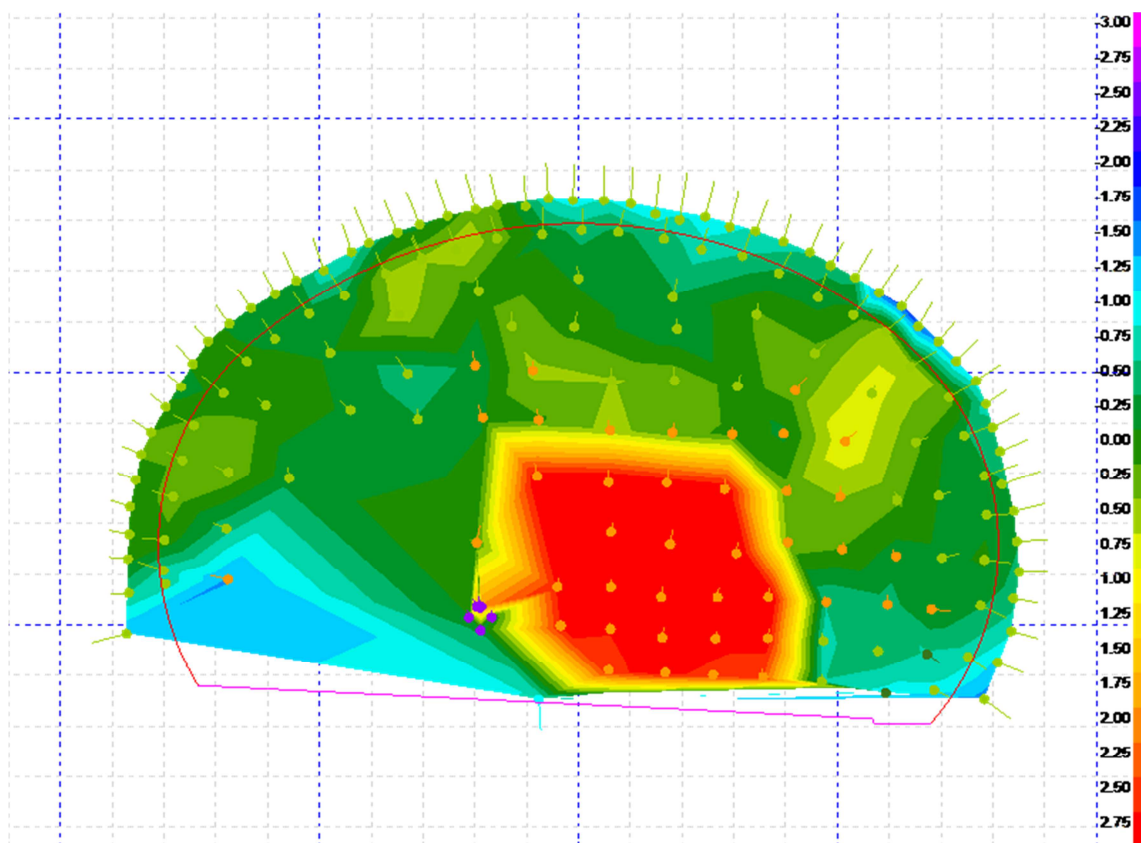




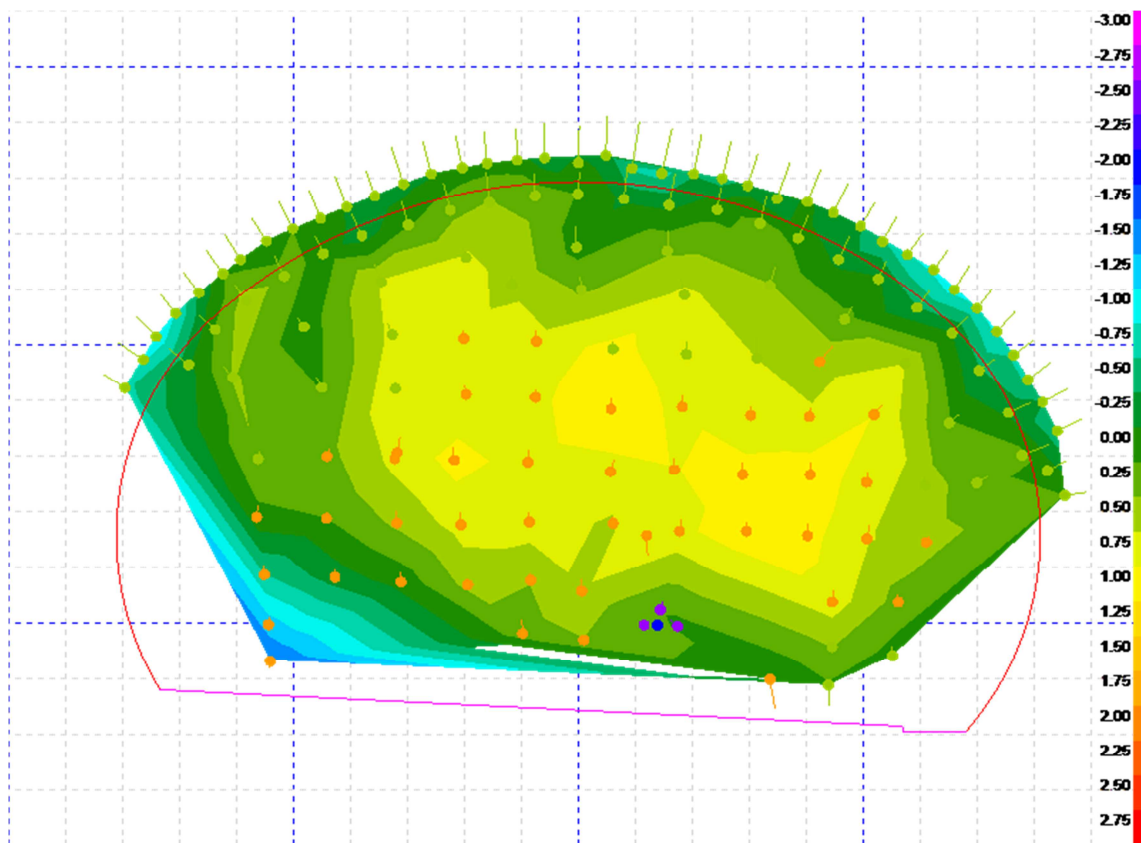


Příloha č. 4:

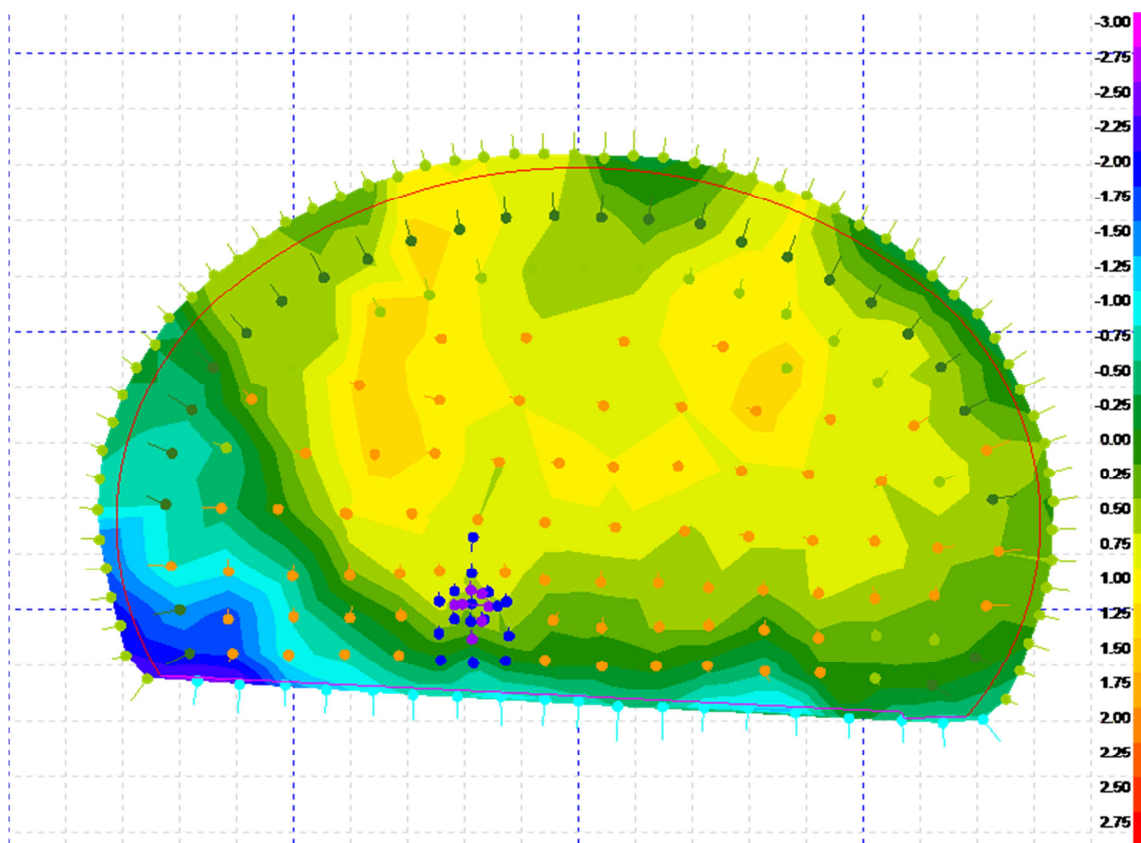
Tvary čeleb tunelu Moane



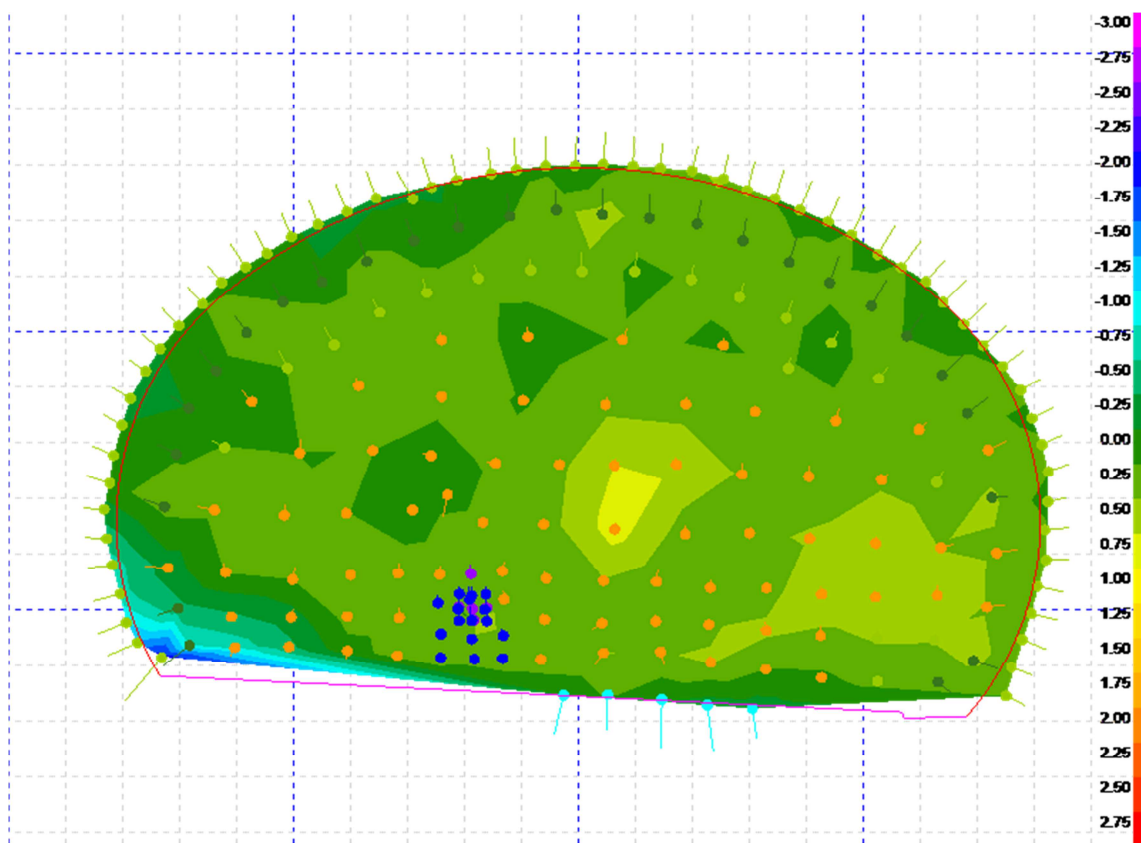
Tvar čelby ve staničení **9 875,50** – záběr č. 6



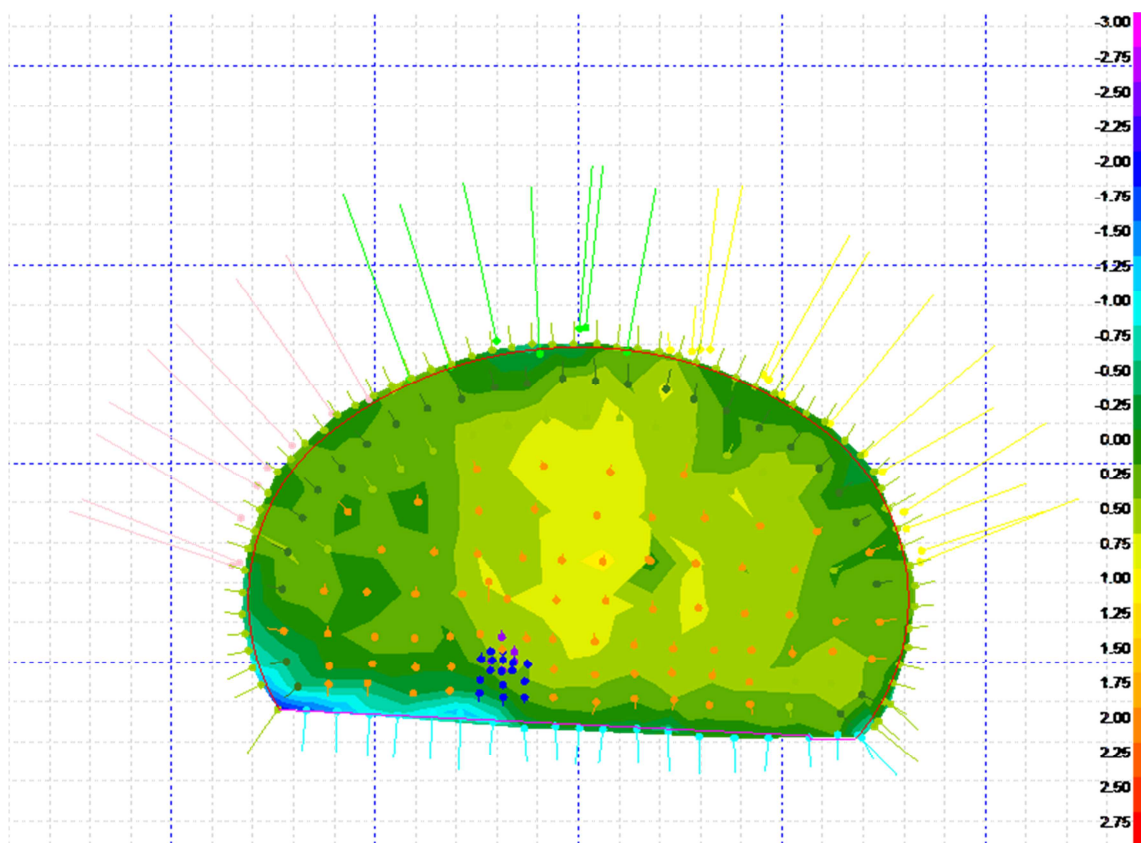
Tvar čelby ve staničení **9 880,50** – záběr č. 7



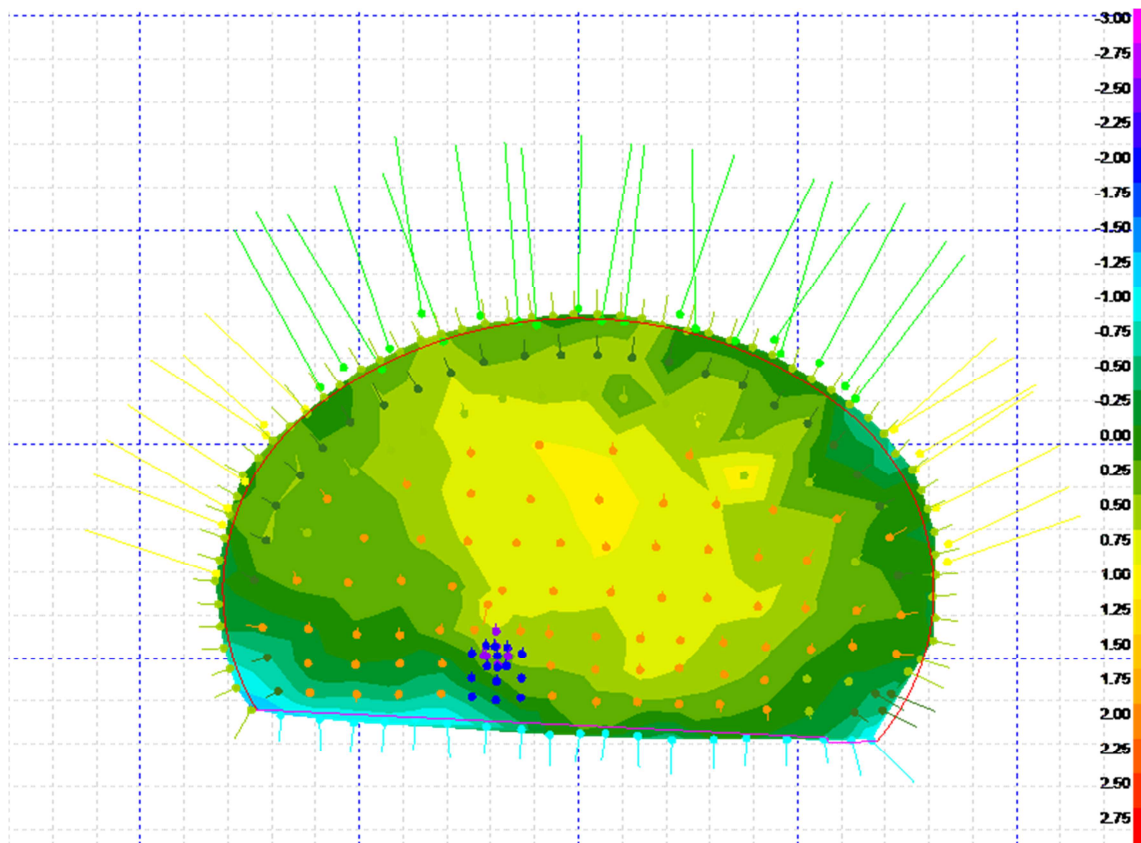
Tvar čelby ve staničení **9 885,50** – záběr č. 8



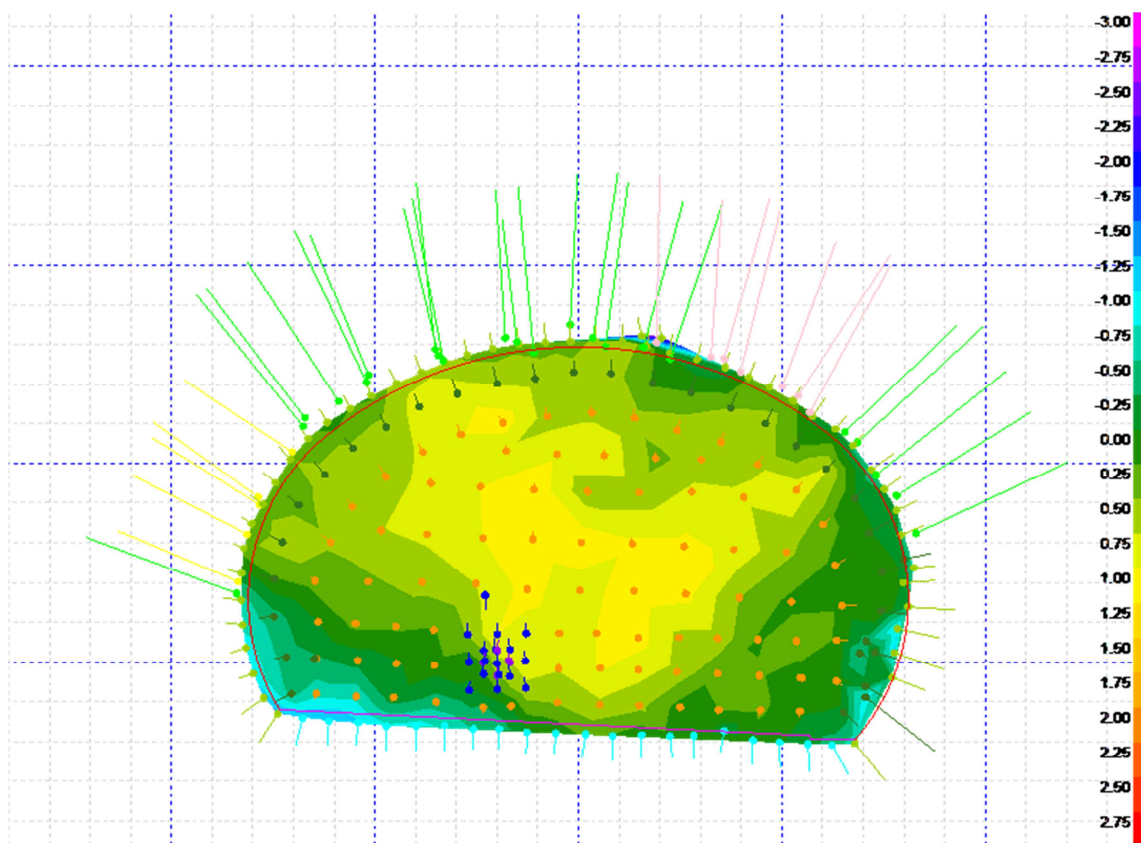
Tvar čelby ve staničení **9 890,00** – záběr č. 9



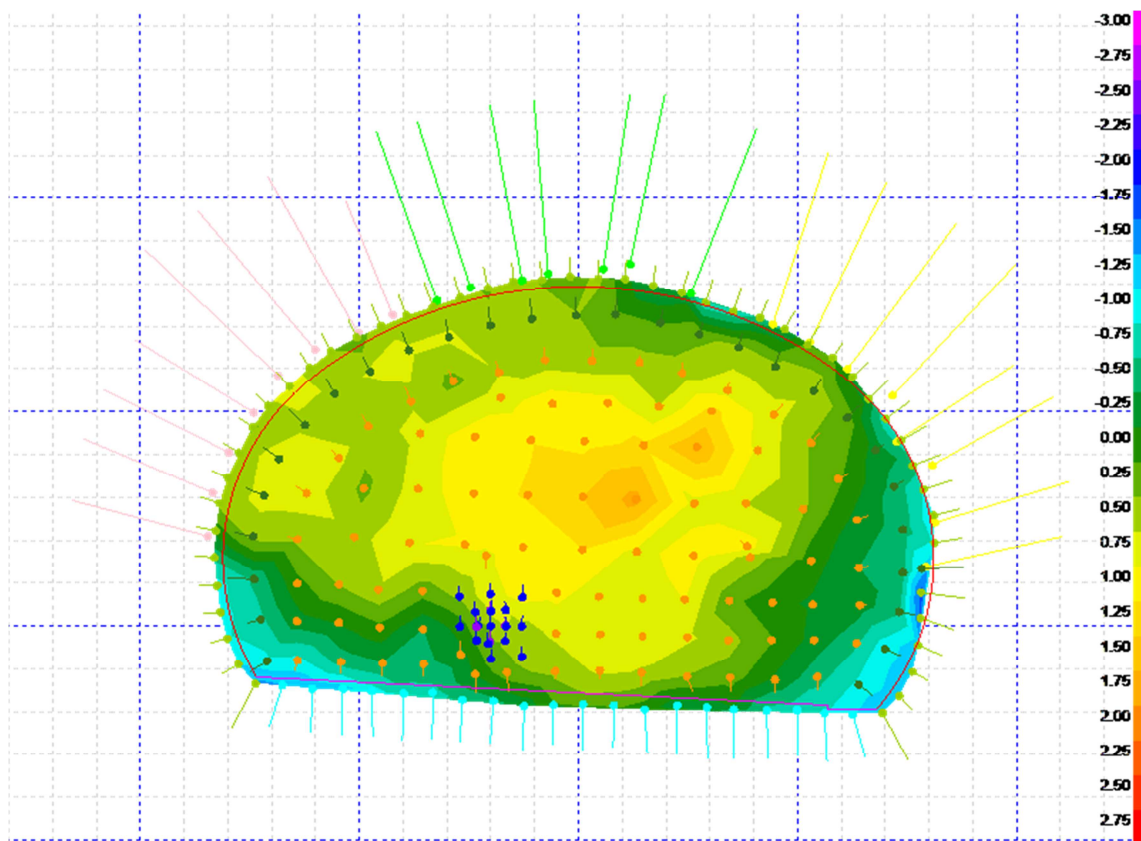
Tvar čelby ve staničení 9 895,00 – záběr č. 10



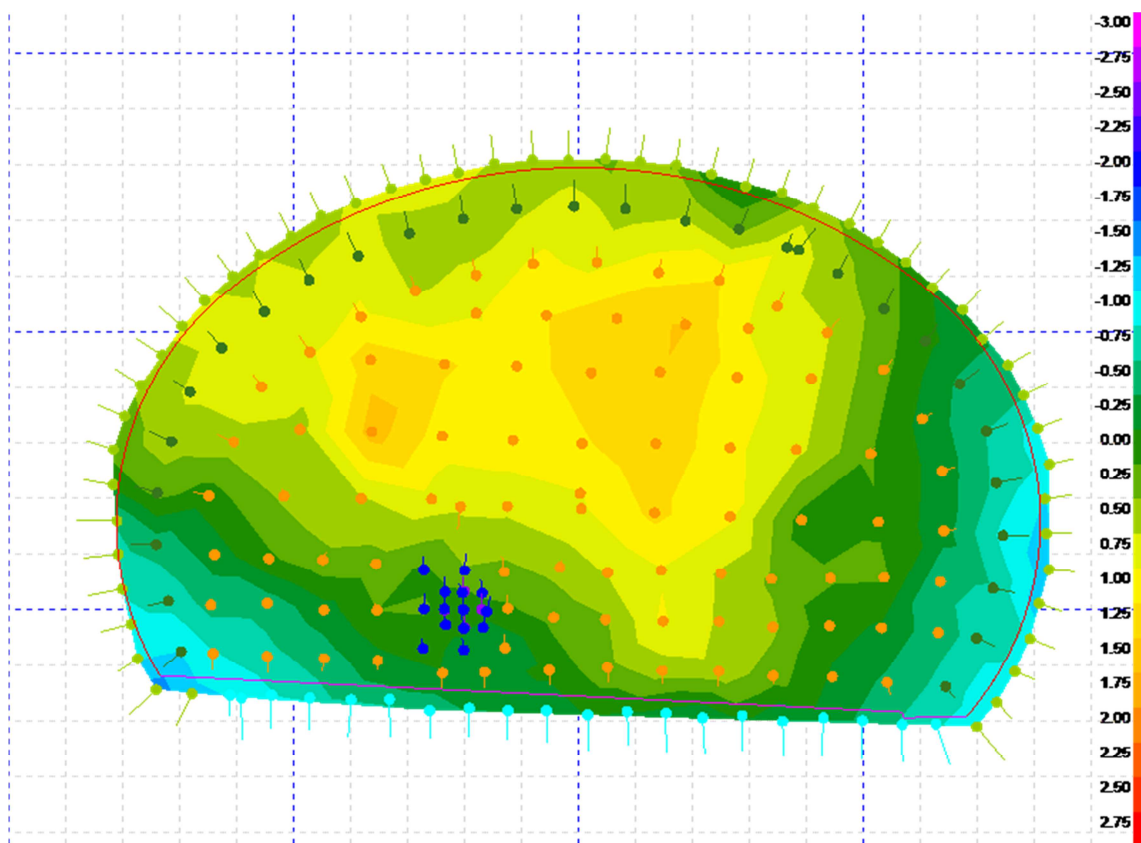
Tvar čelby ve staničení 9 900,00 – záběr č. 11



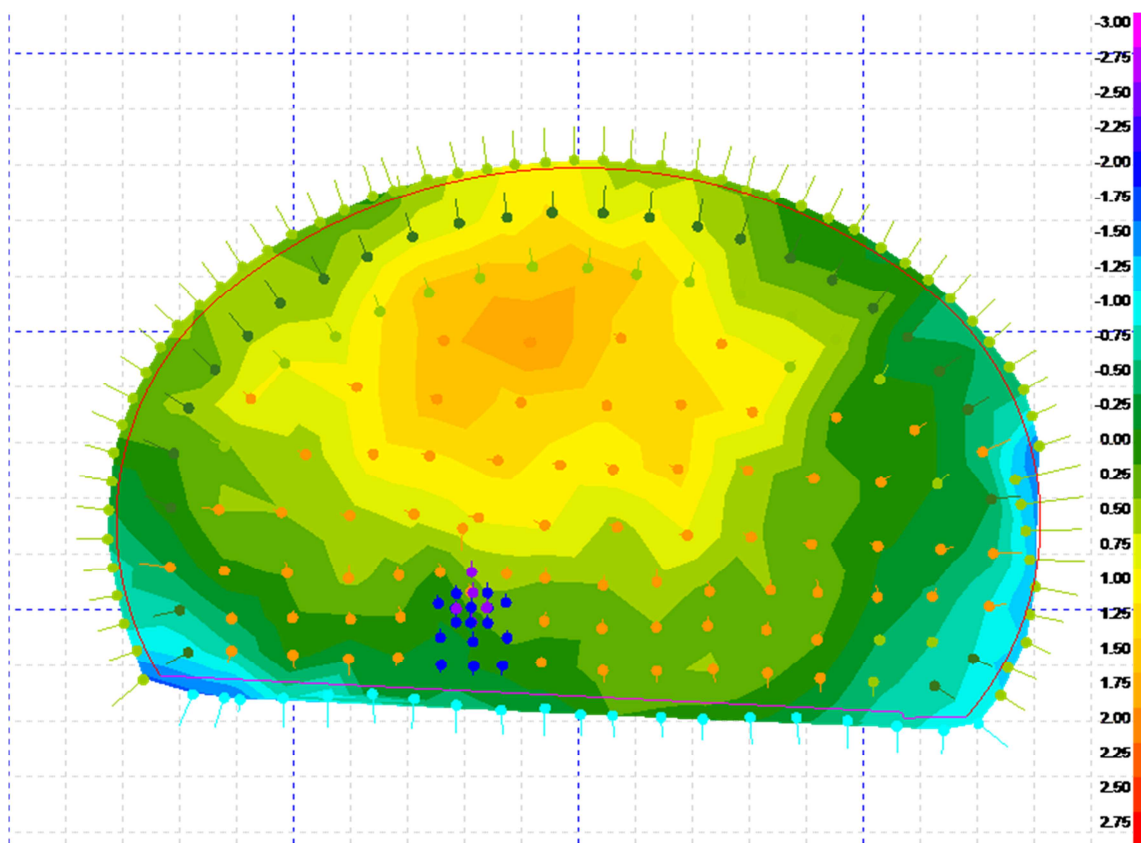
Tvar čelby ve staničení 9 904,50 – záběr č. 12



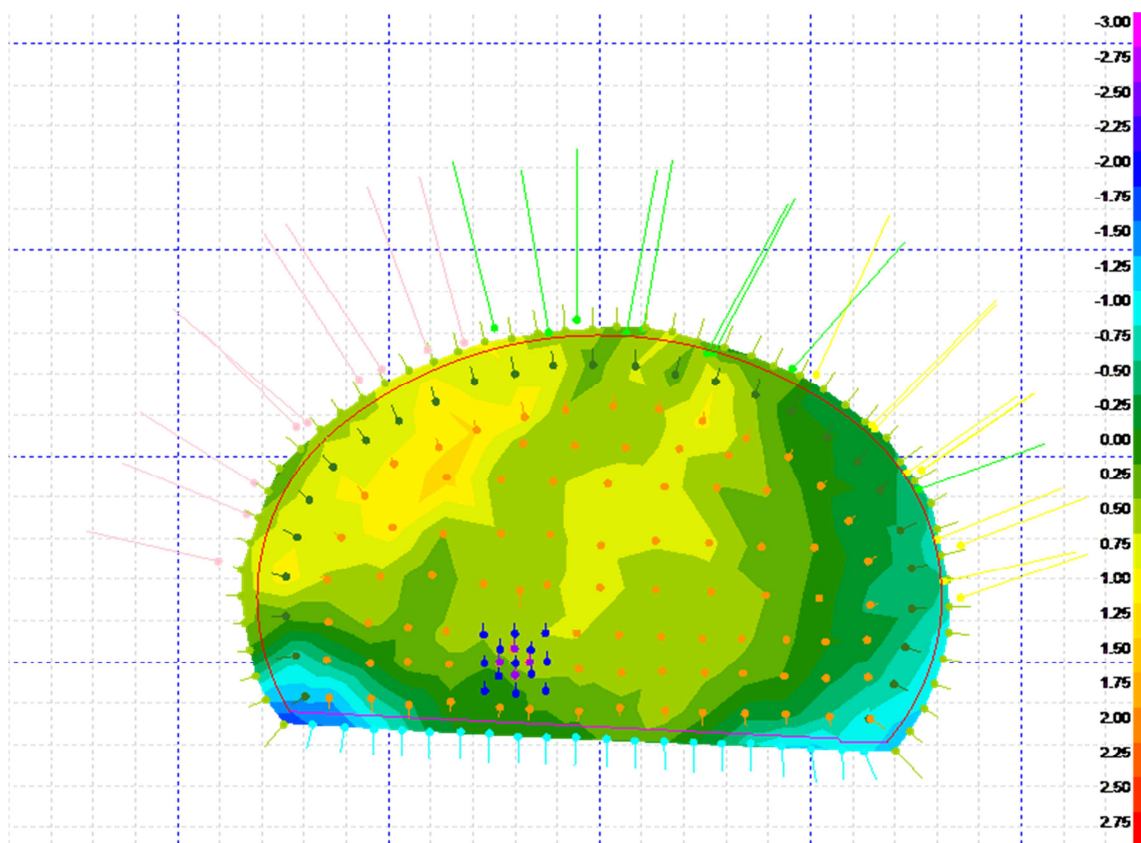
Tvar čelby ve staničení 9 909,00 – záběr č. 13



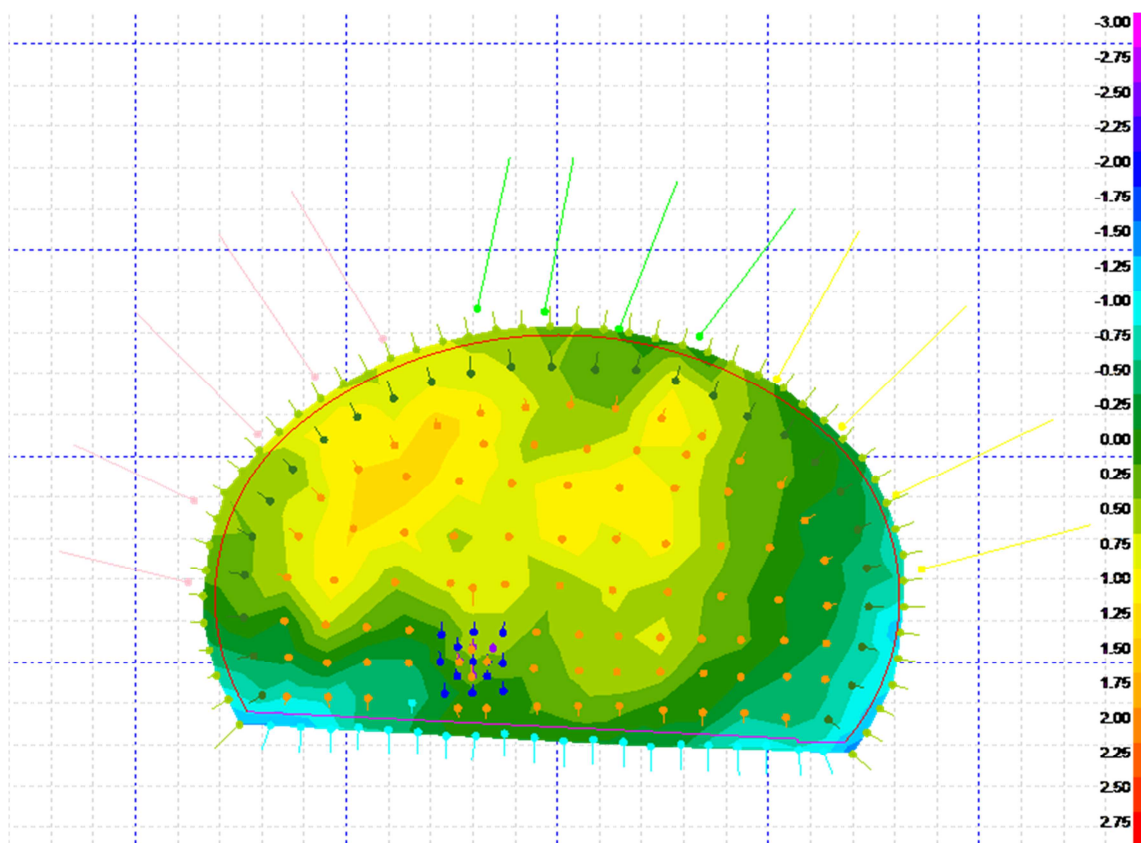
Tvar čelby ve staničení 9 914,00 – záběr č. 14



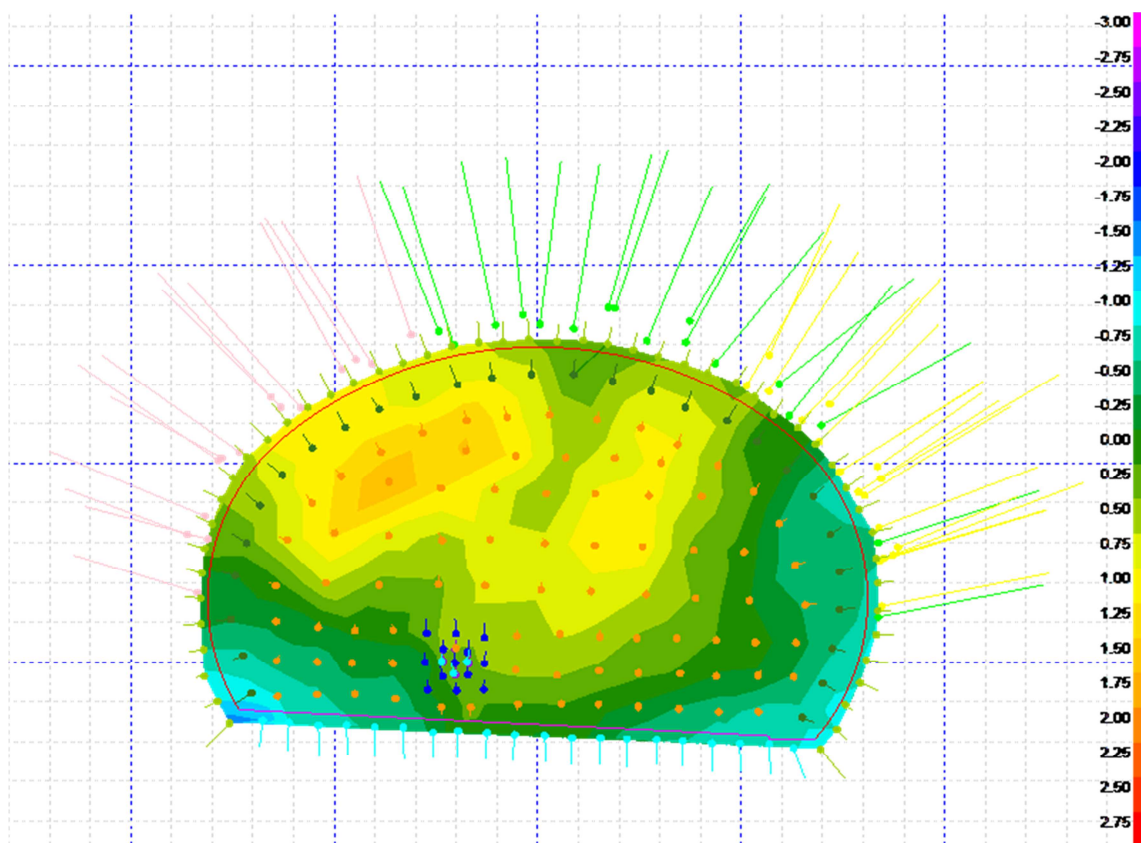
Tvar čelby ve staničení 9 919,00 – záběr č. 15



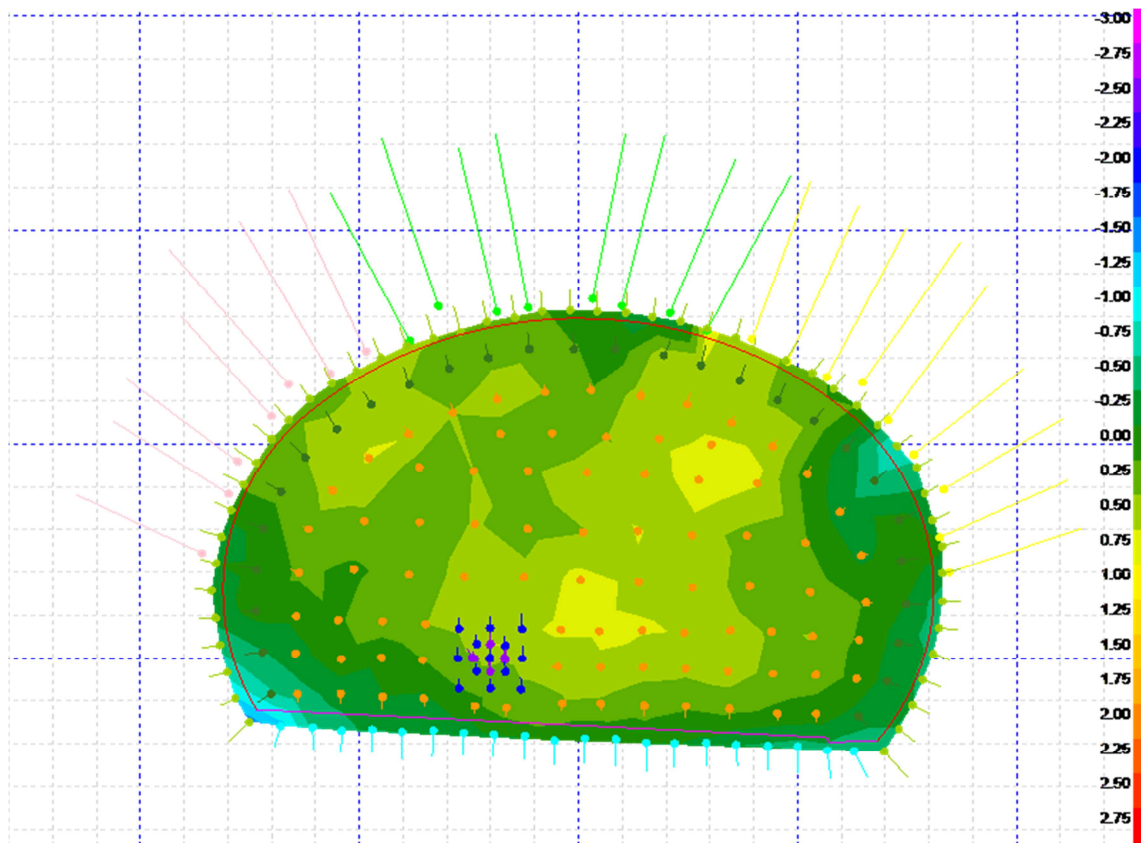
Tvar čelby ve staničení 9 924,00 – záběr č. 16



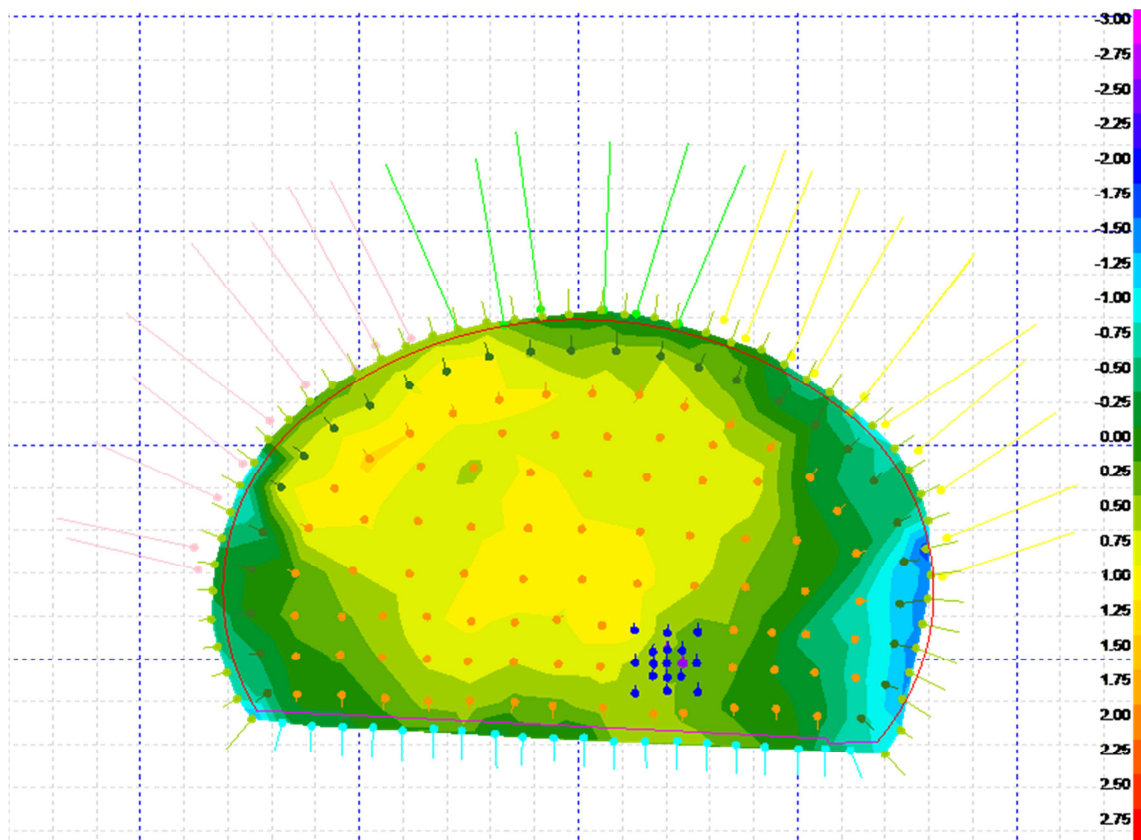
Tvar čelby ve staničení 9 929,00 – záběr č. 17



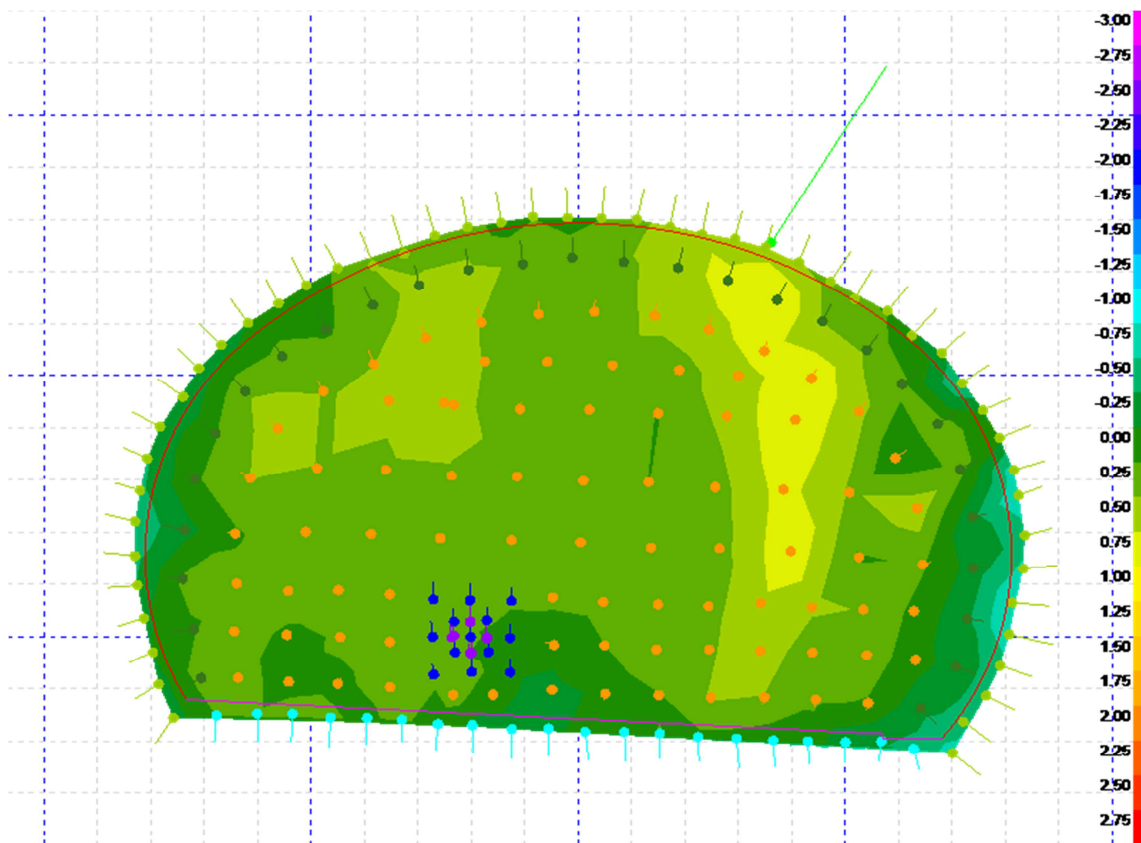
Tvar čelby ve staničení 9 934,25 – záběr č. 18



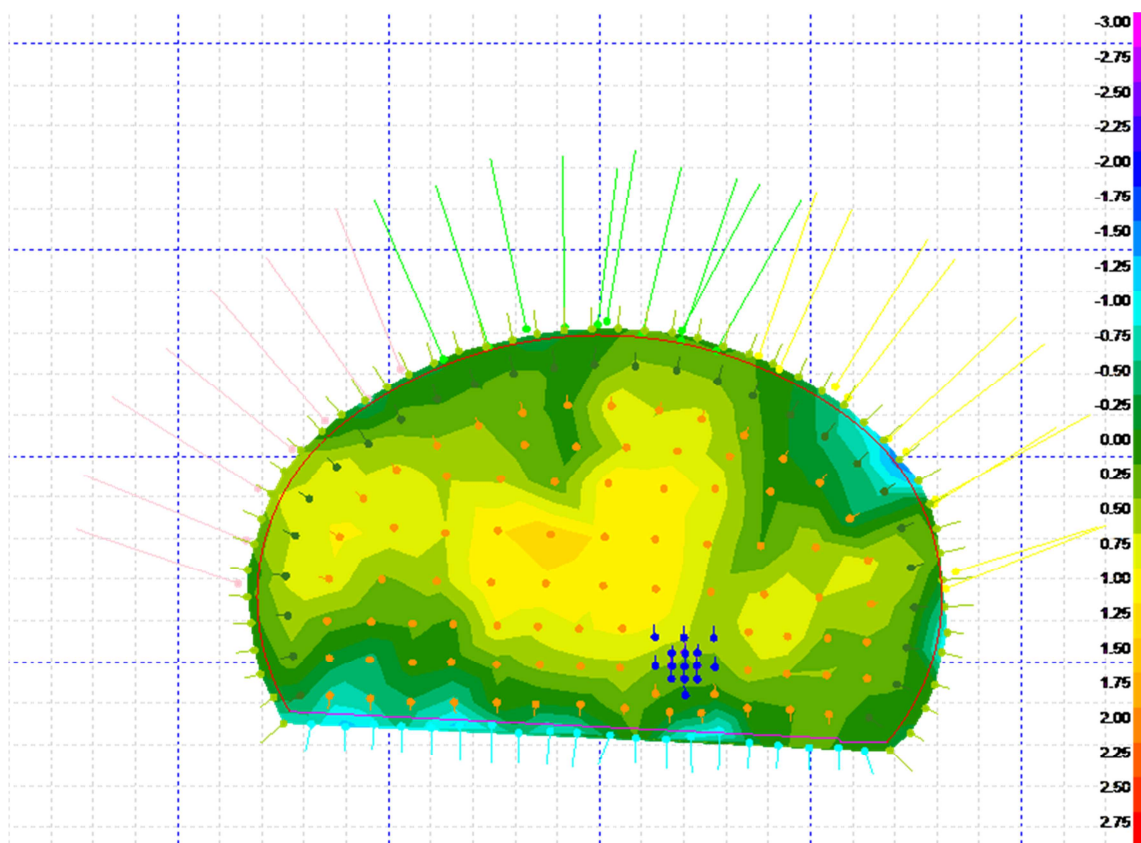
Tvar čelby ve staničení 9 939,25 – záběr č. 19



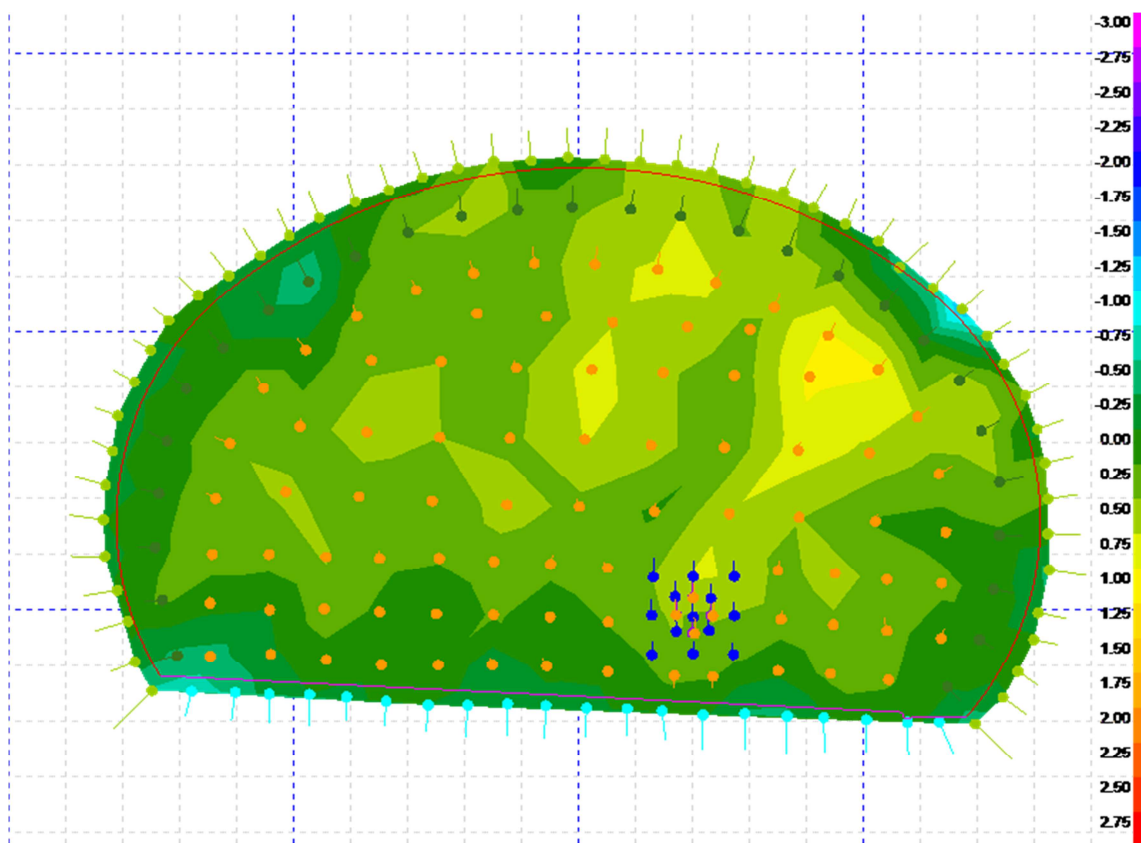
Tvar čelby ve staničení 9 942,25 – záběr č. 20



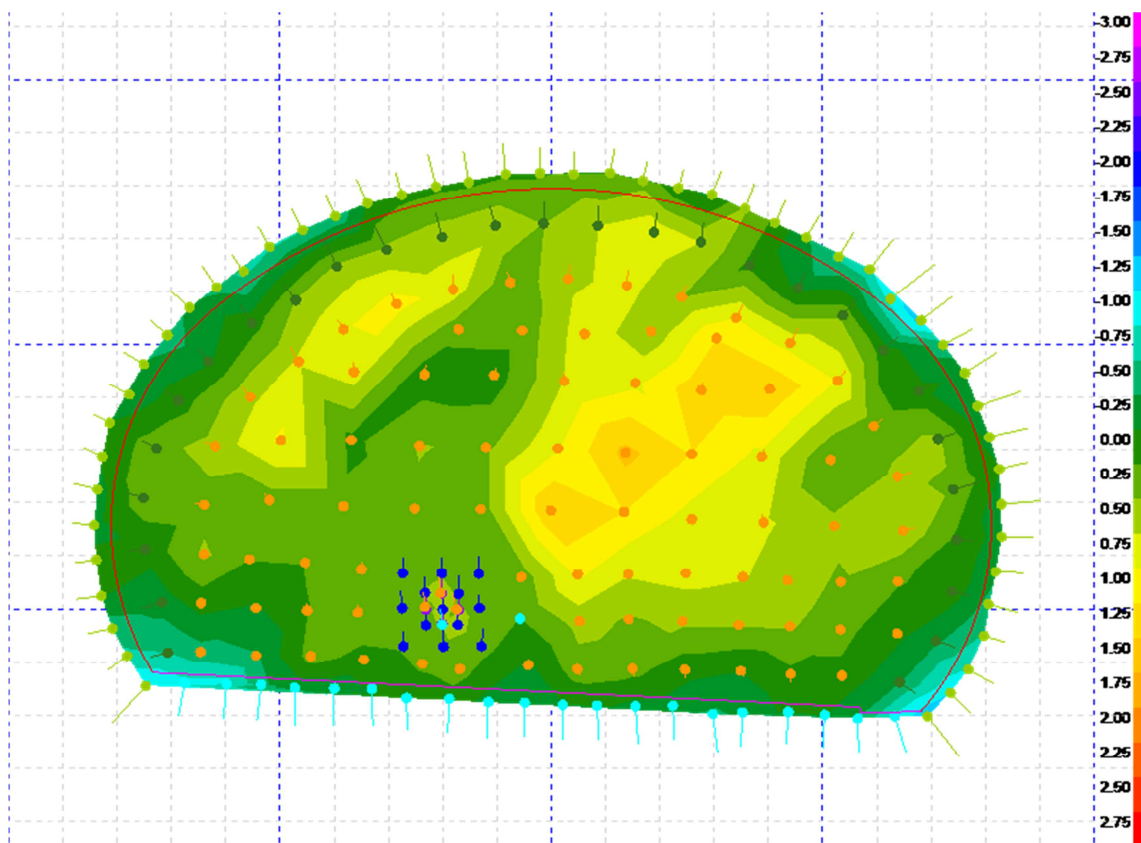
Tvar čelby ve staničení 9 947,25 – záběr č. 21



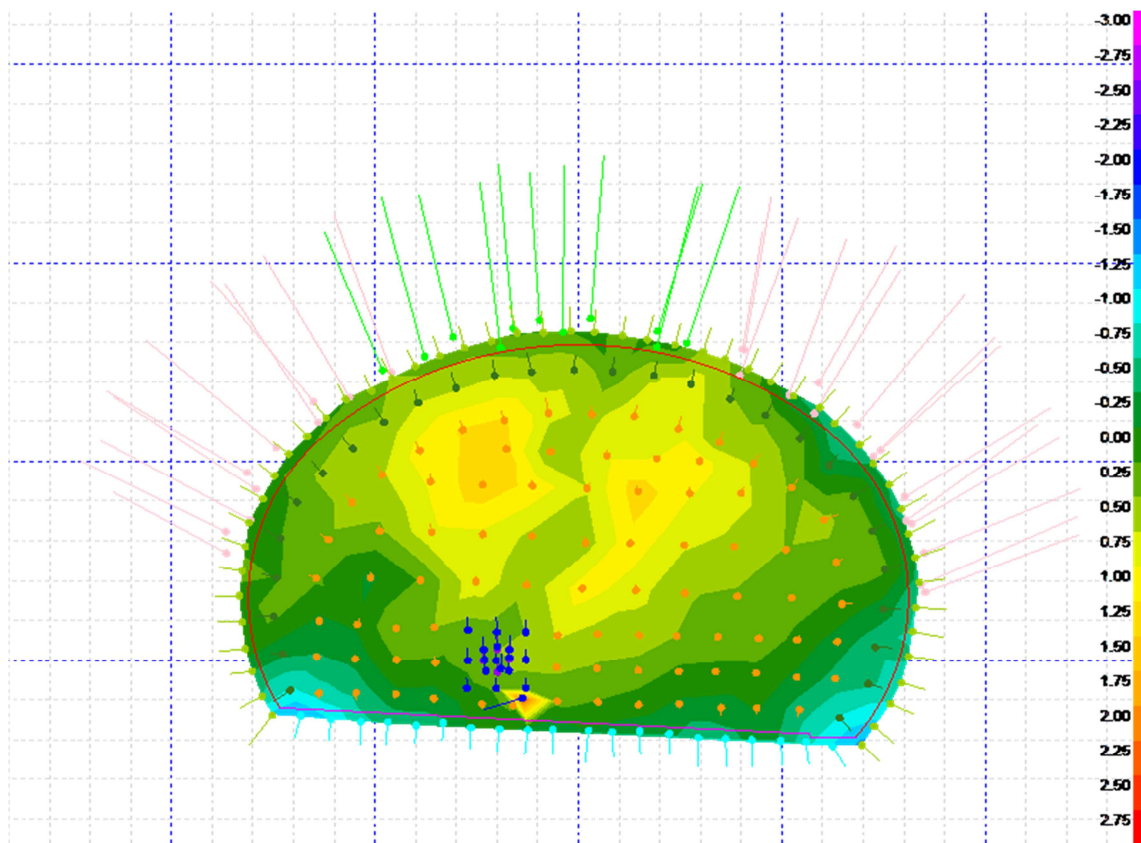
Tvar čelby ve staničení 9 951,00 – záběr č. 22



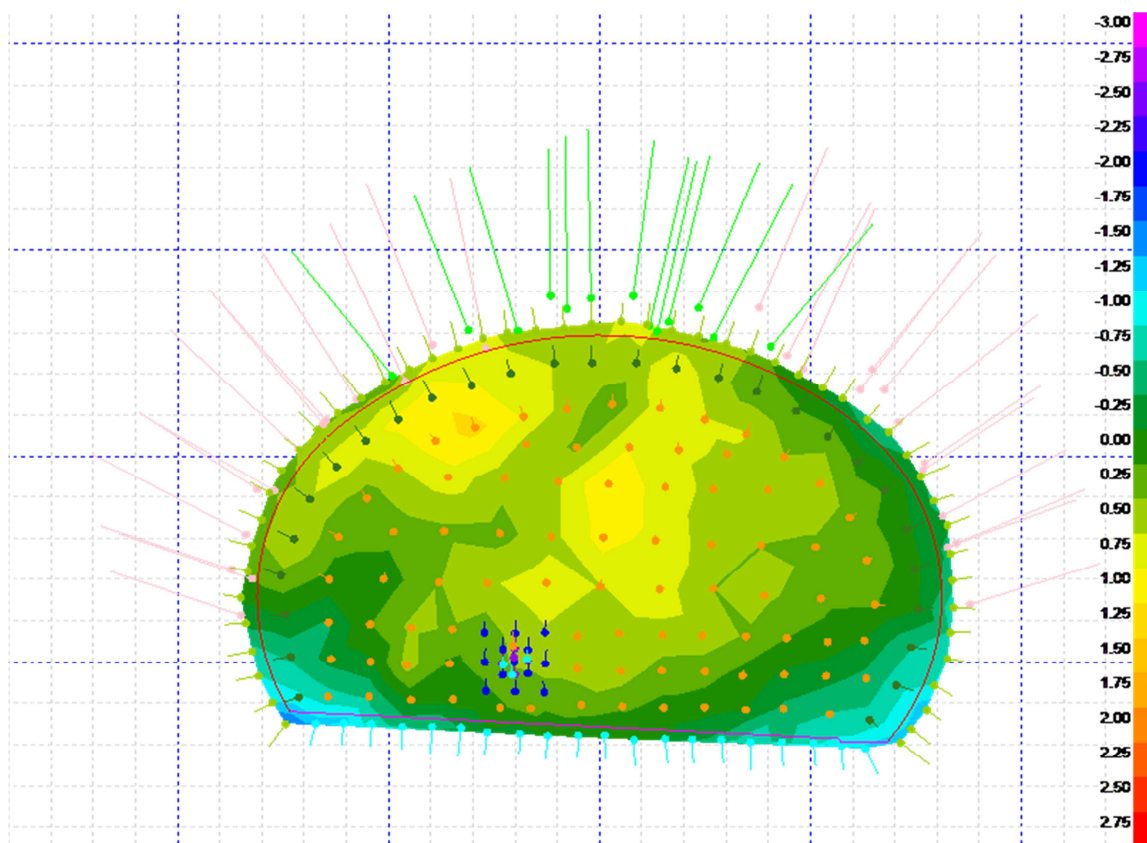
Tvar čelby ve staničení 9 955,75 – záběr č. 23



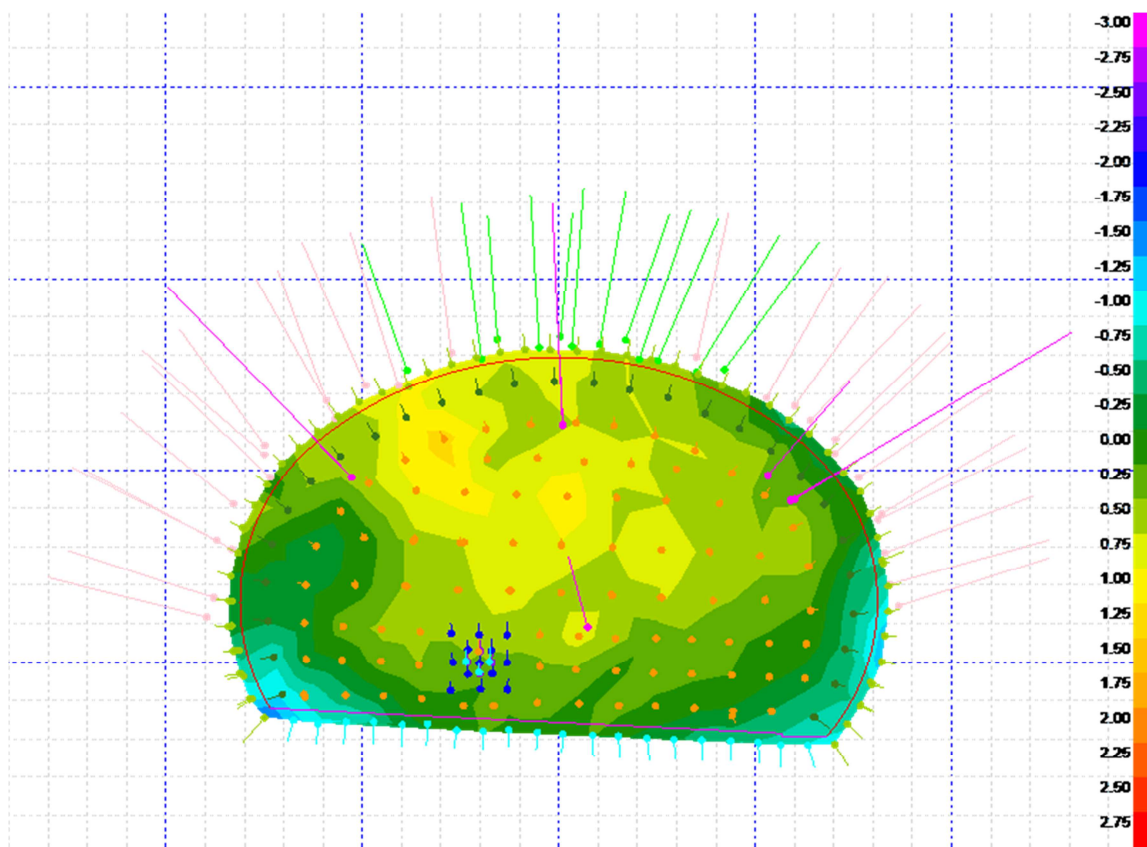
Tvar čelby ve staničení 9 960,75 – záběr č. 24



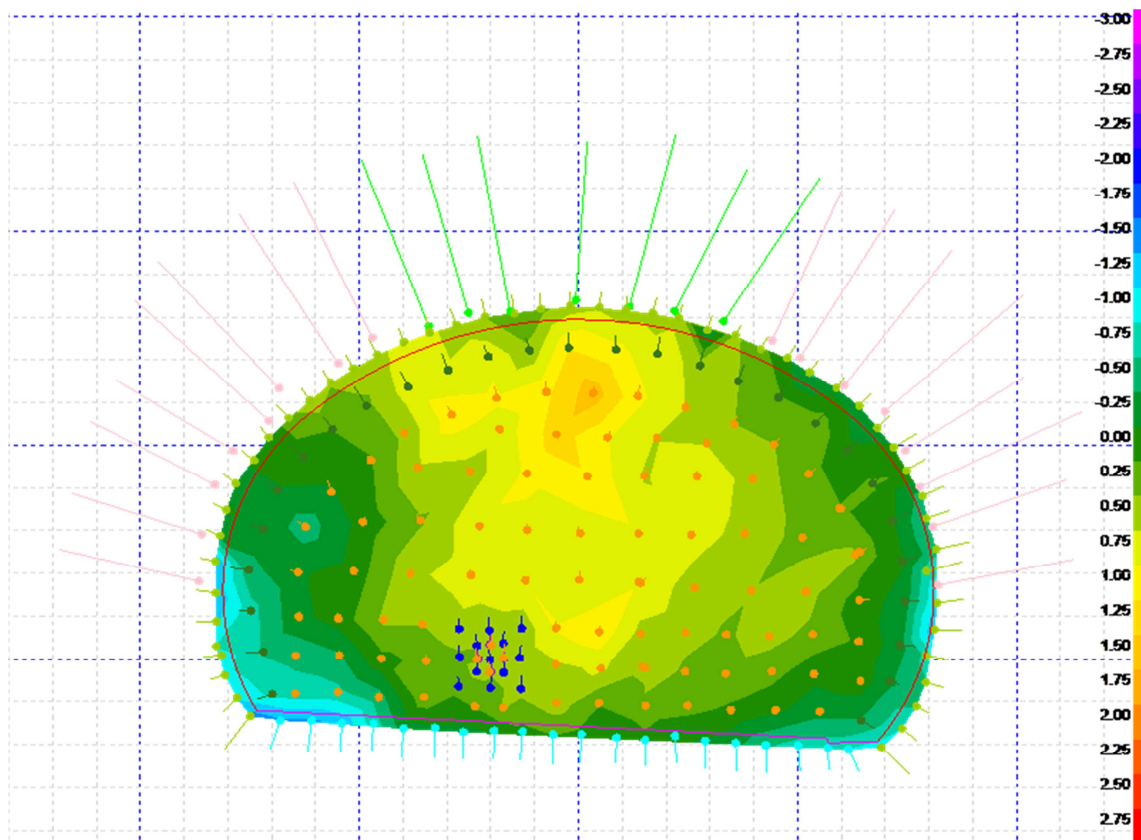
Tvar čelby ve staničení 9 965,75 – záběr č. 25



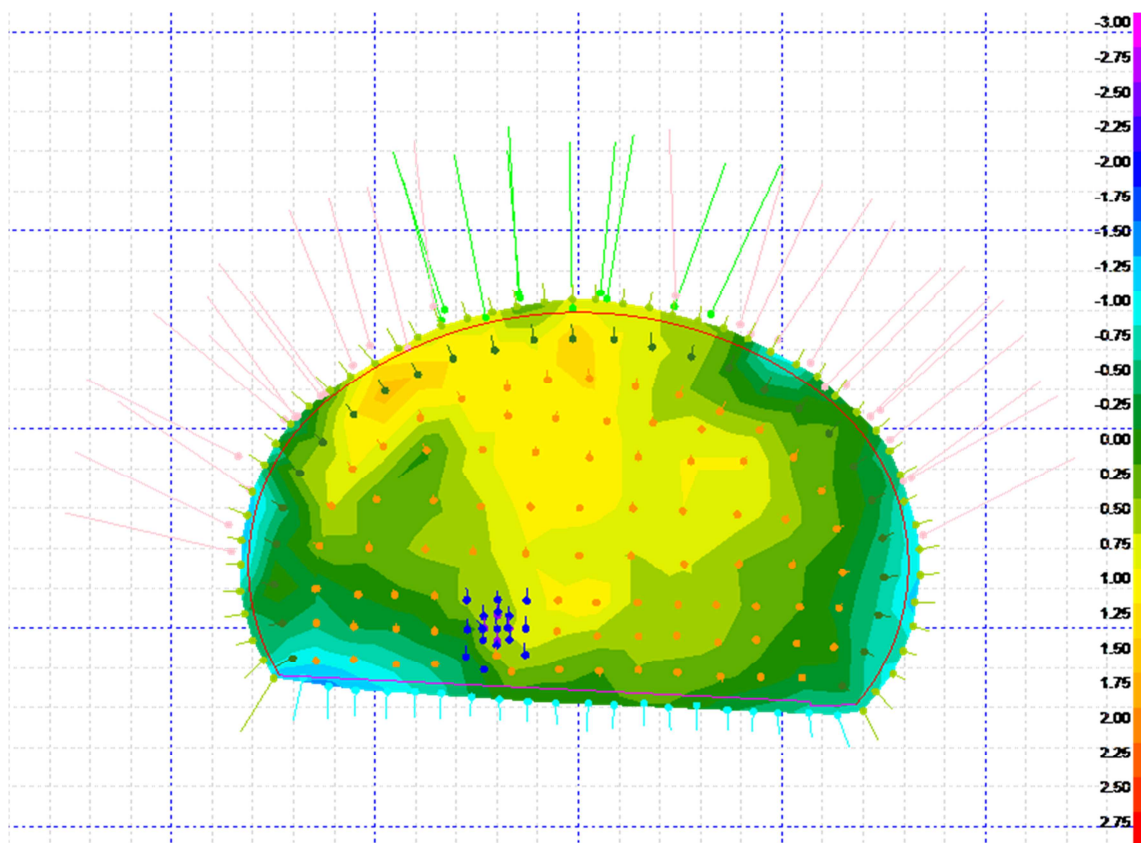
Tvar čelby ve staničení 9 971,00 – záběr č. 26



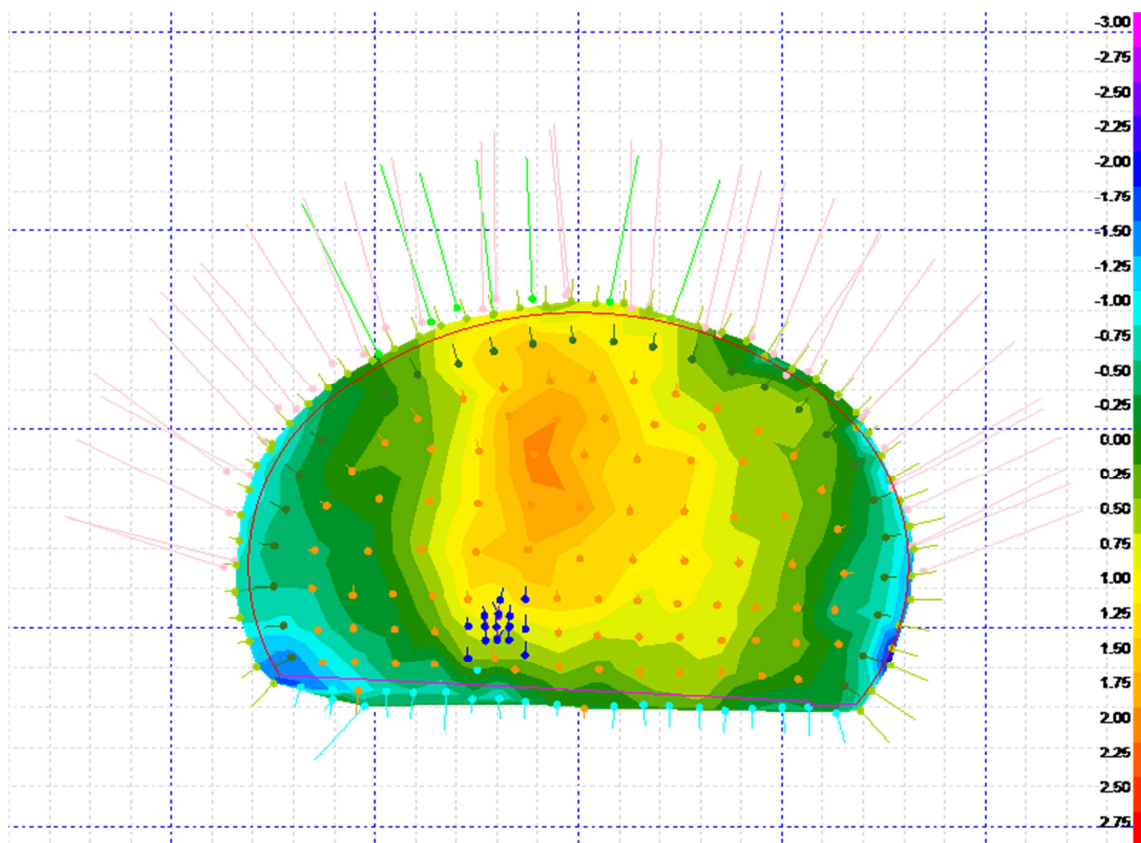
Tvar čelby ve staničení 9 976,00 – záběr č. 27



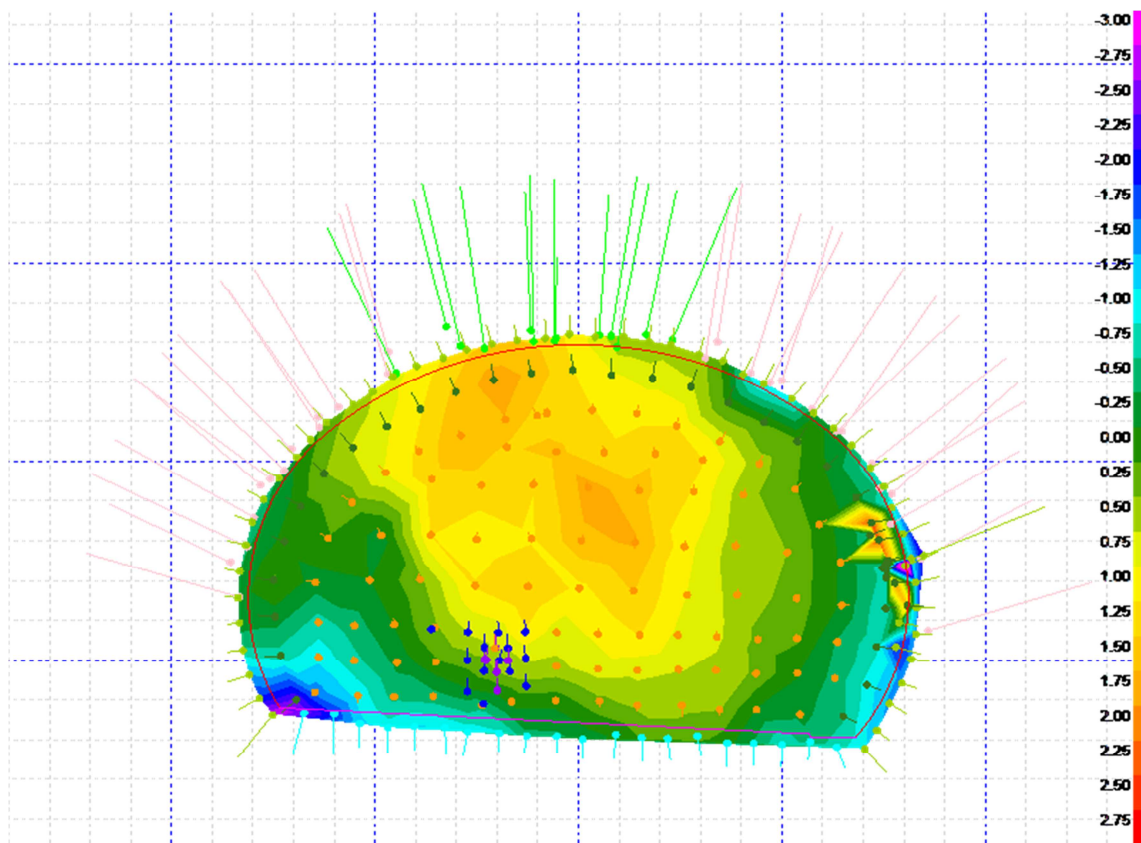
Tvar čelby ve staničení 9 981,00 – záběr č. 28



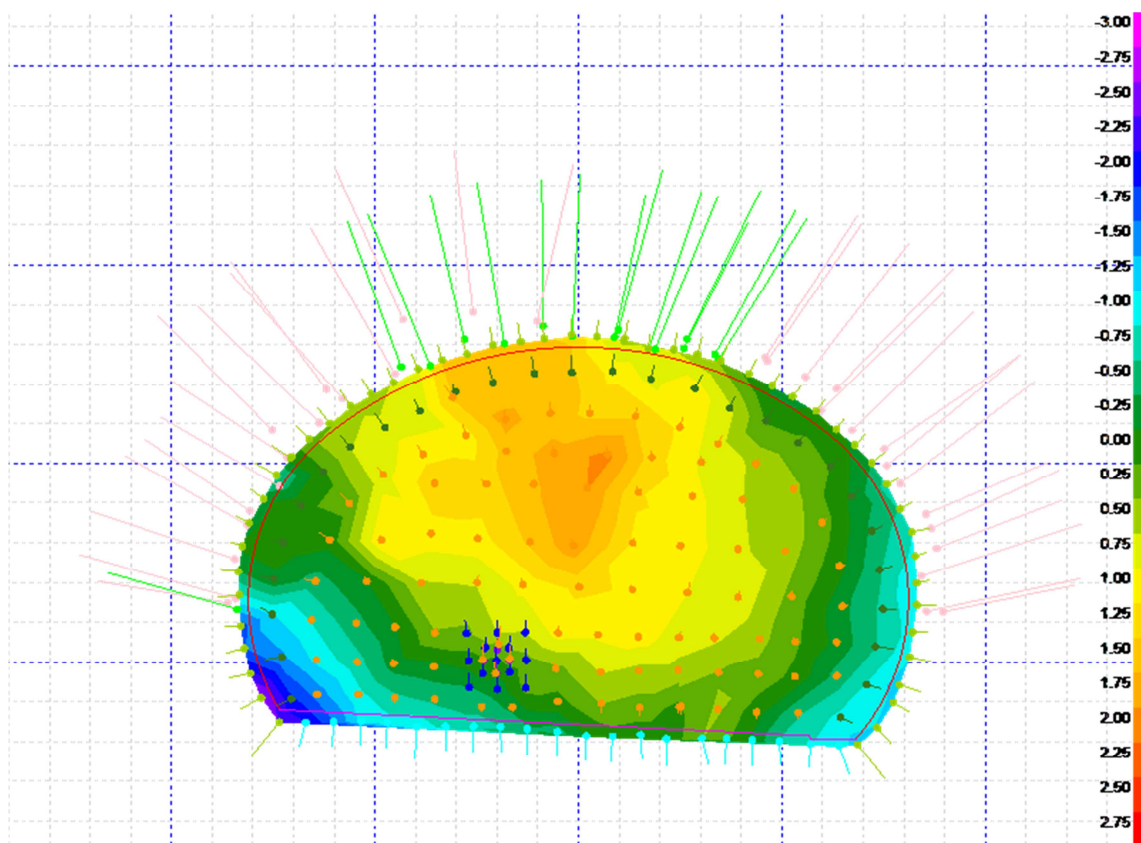
Tvar čelby ve staničení 9 986,00 – záběr č. 29



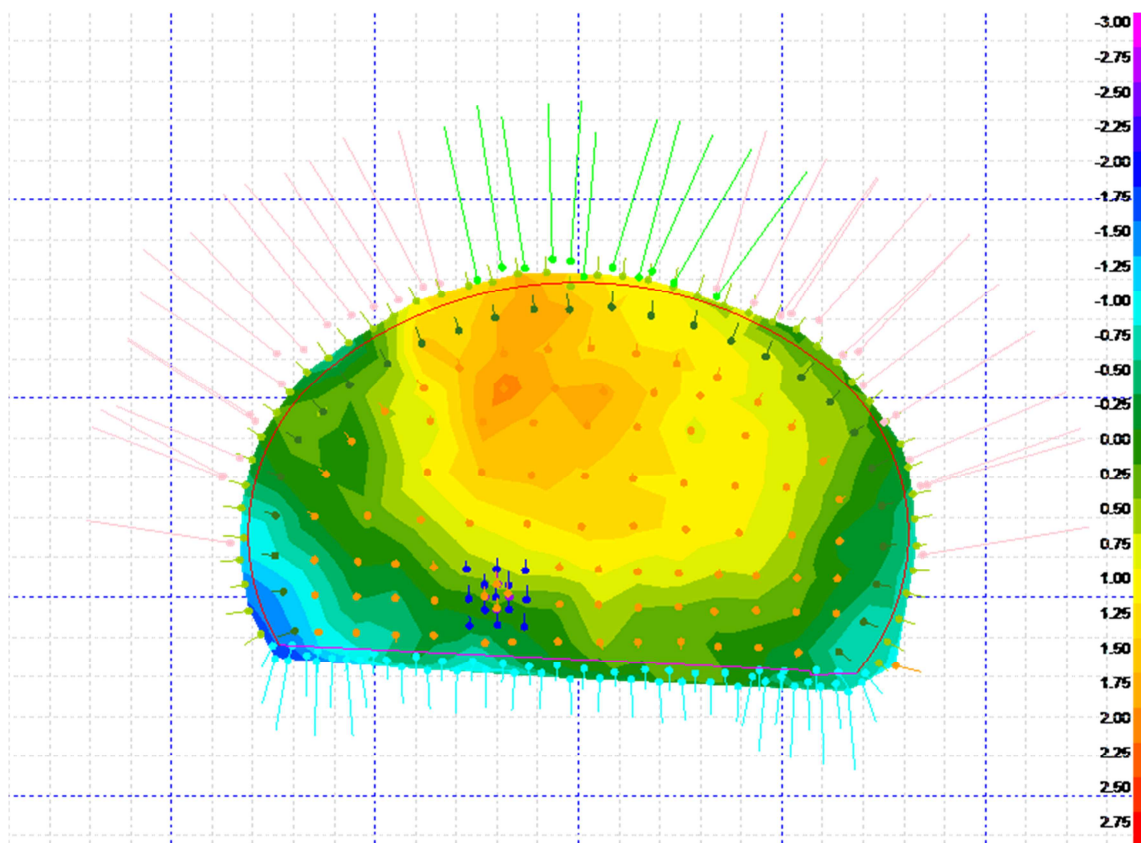
Tvar čelby ve staničení 9 991,00 – záběr č. 30



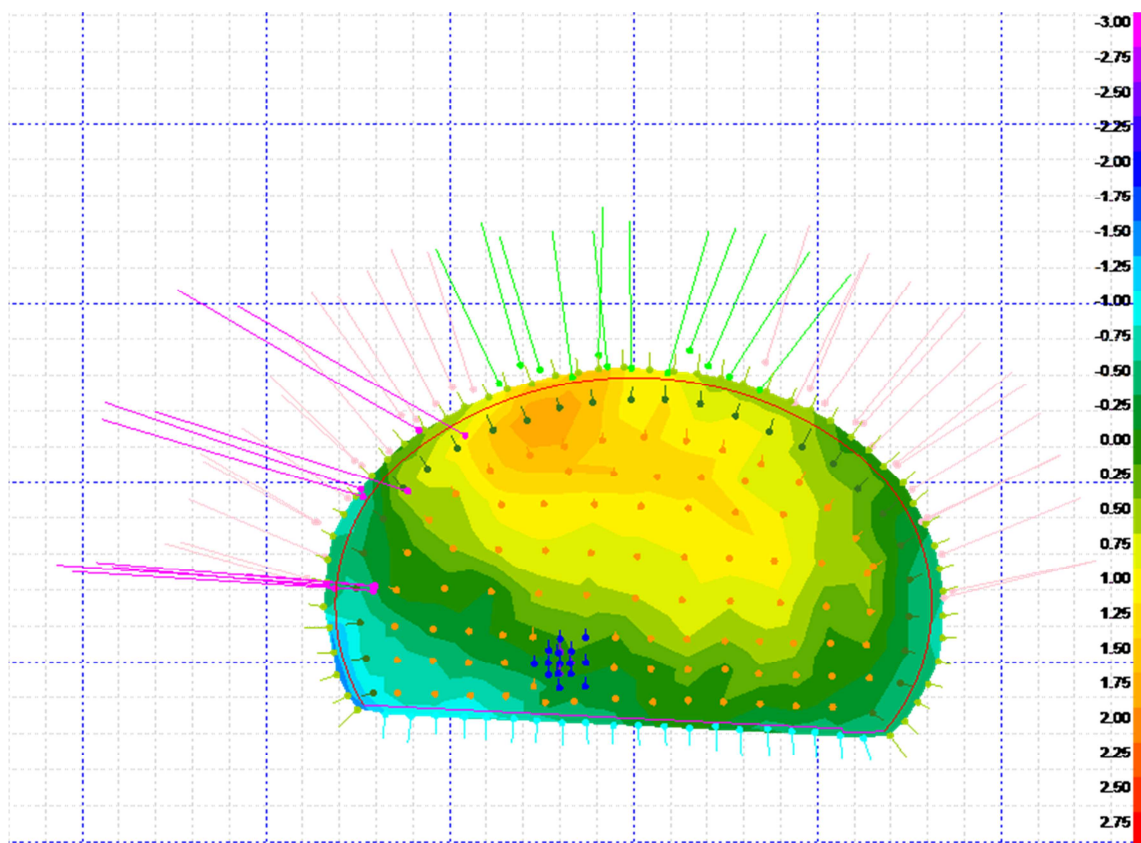
Tvar čelby ve staničení 9 996,00 – záběr č. 31



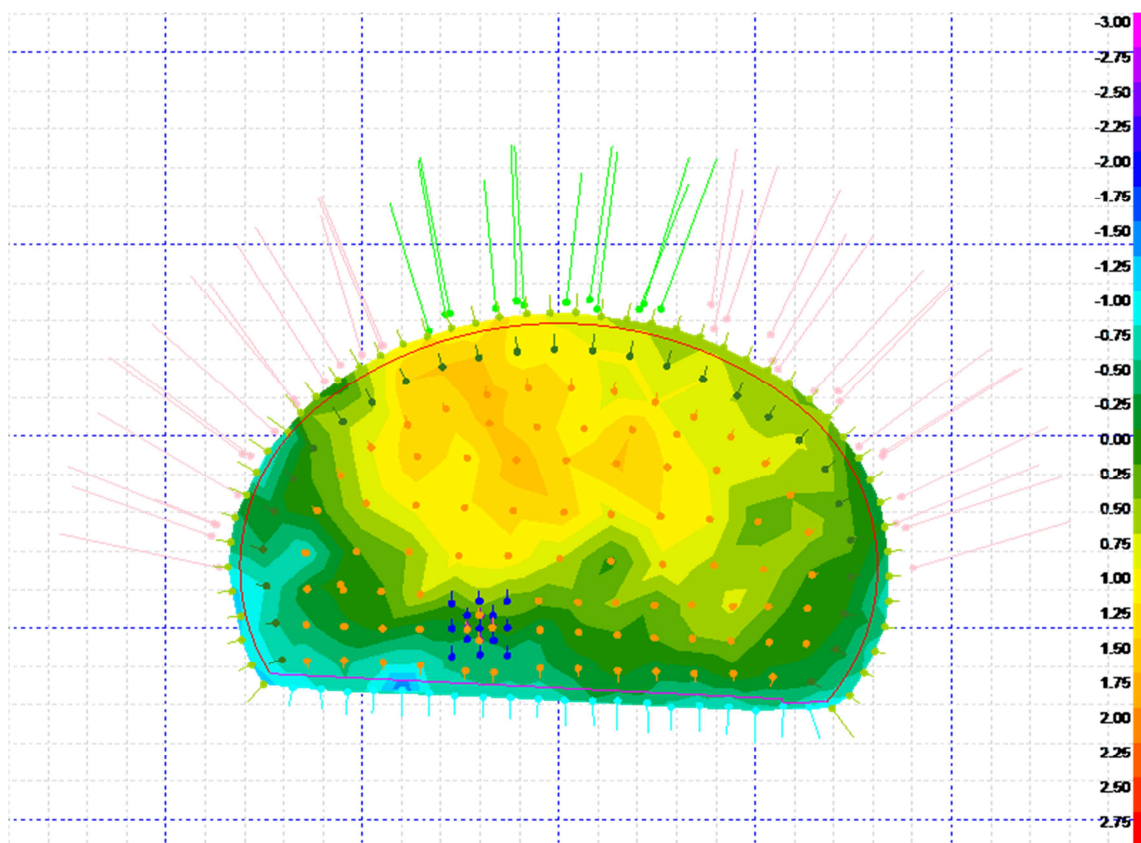
Tvar čelby ve staničení 10 001,00 – záběr č. 32



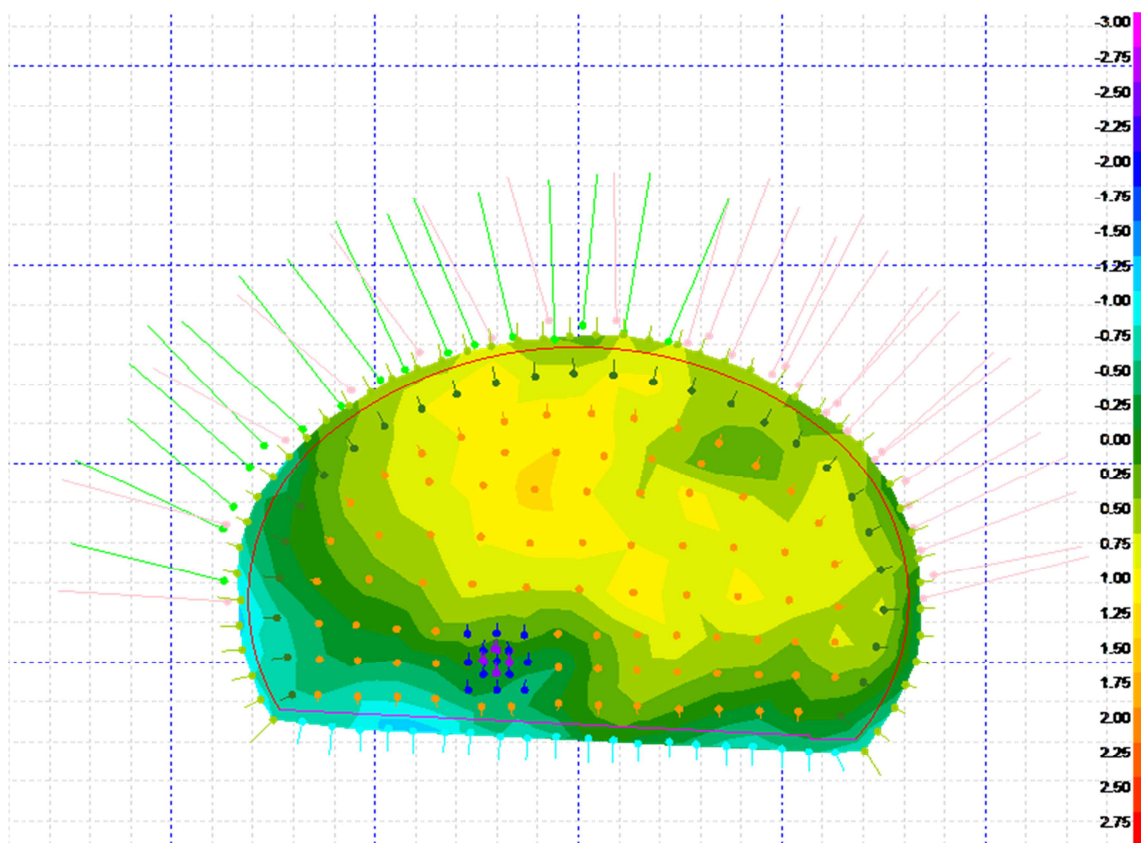
Tvar čelby ve staničení 10 006,00 – záběr č. 33



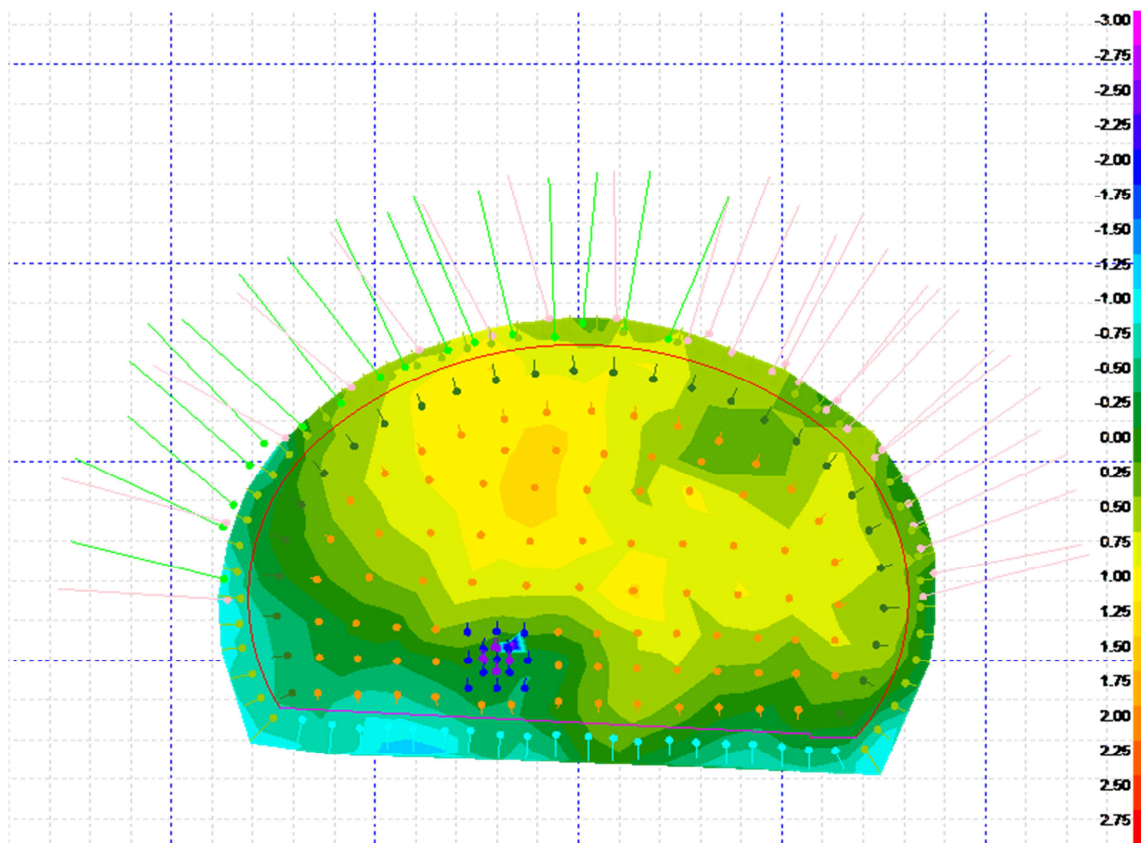
Tvar čelby ve staničení 10 011,00 – záběr č. 34



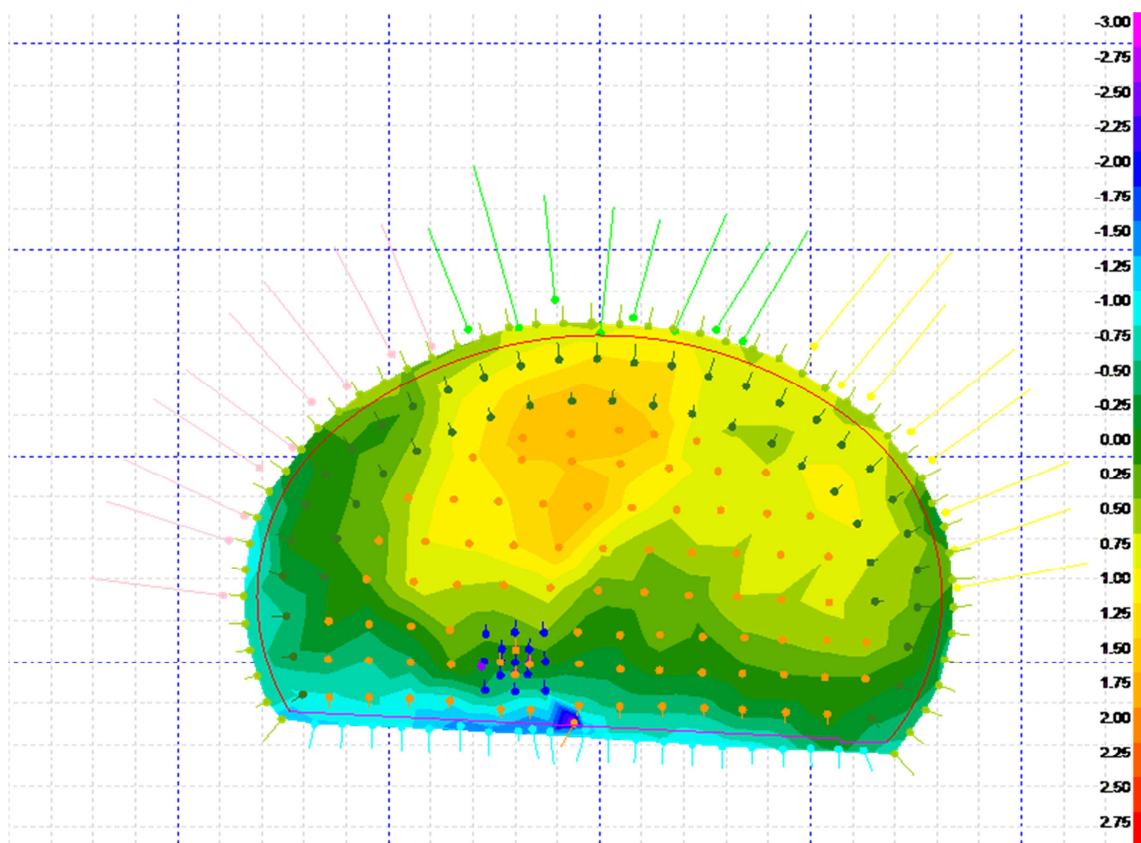
Tvar čelby ve staničení 10 016,00 – záběr č. 35



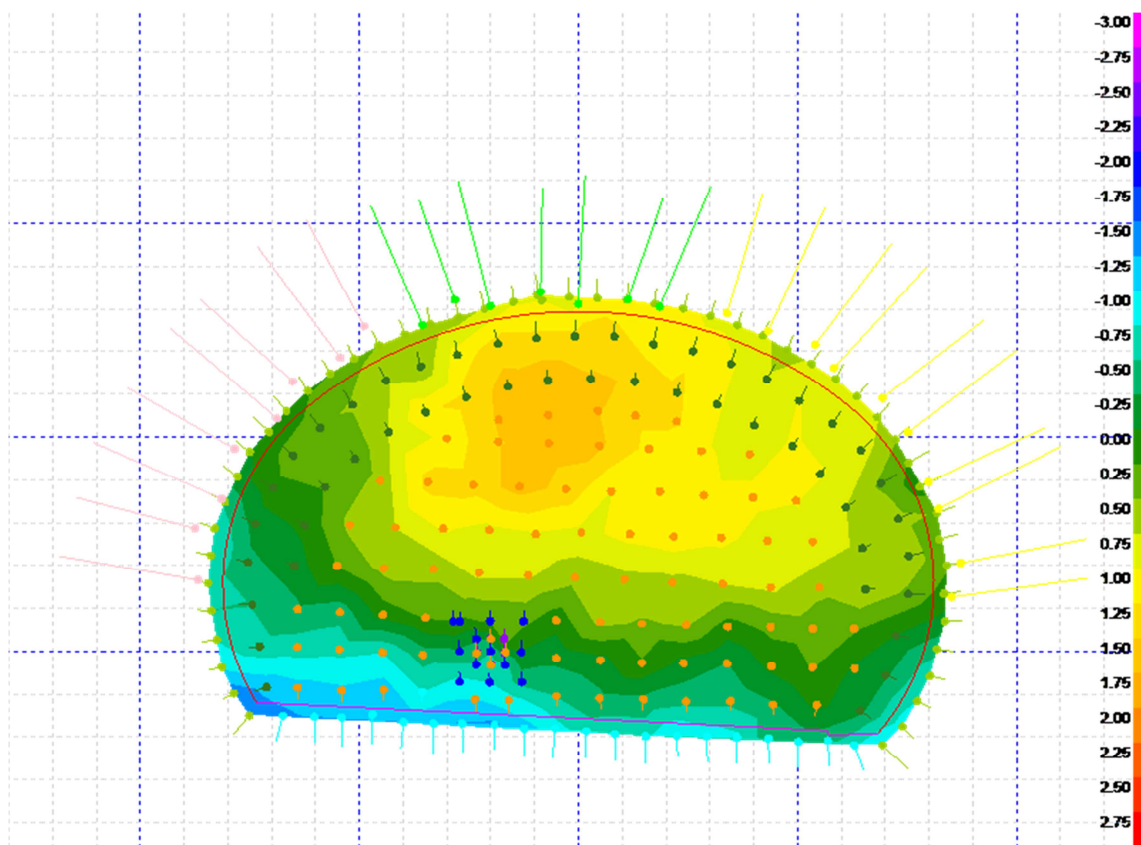
Tvar čelby ve staničení 10 021,00 – záběr č. 36



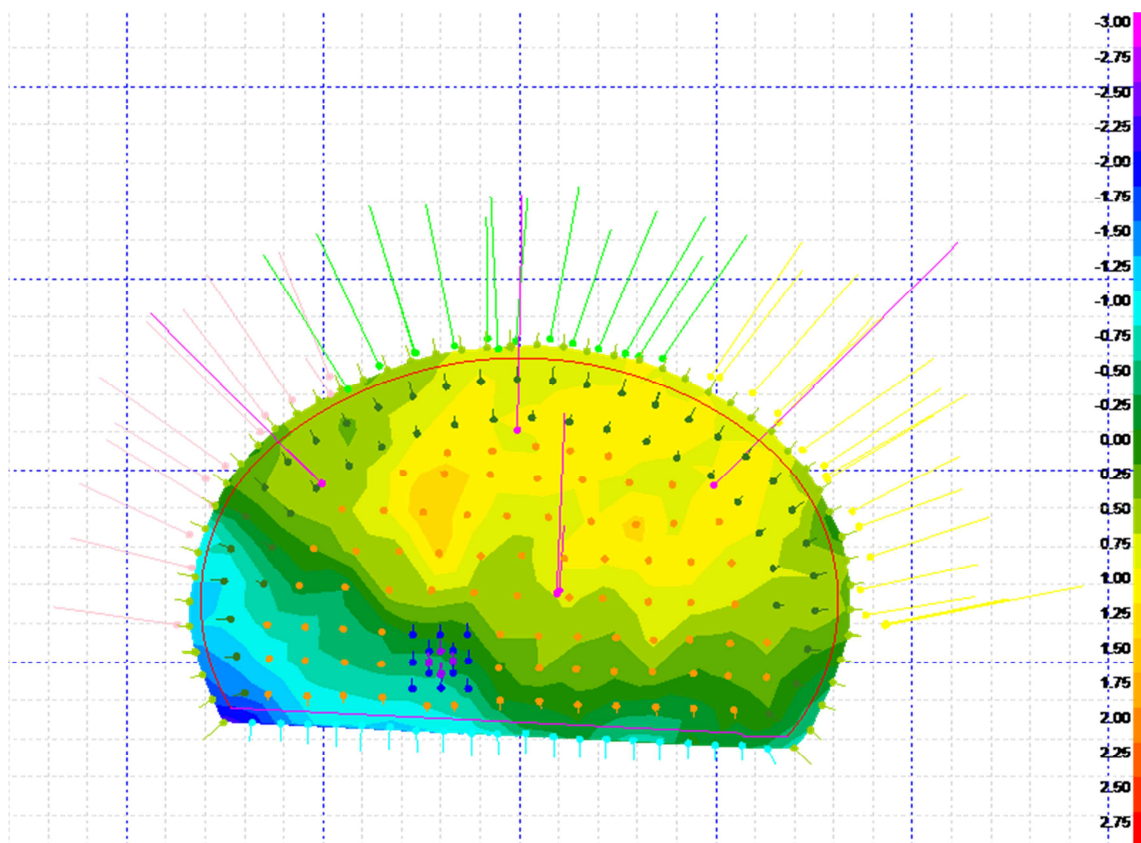
Tvar čelby ve staničení 10 026,00 – záběr č. 37



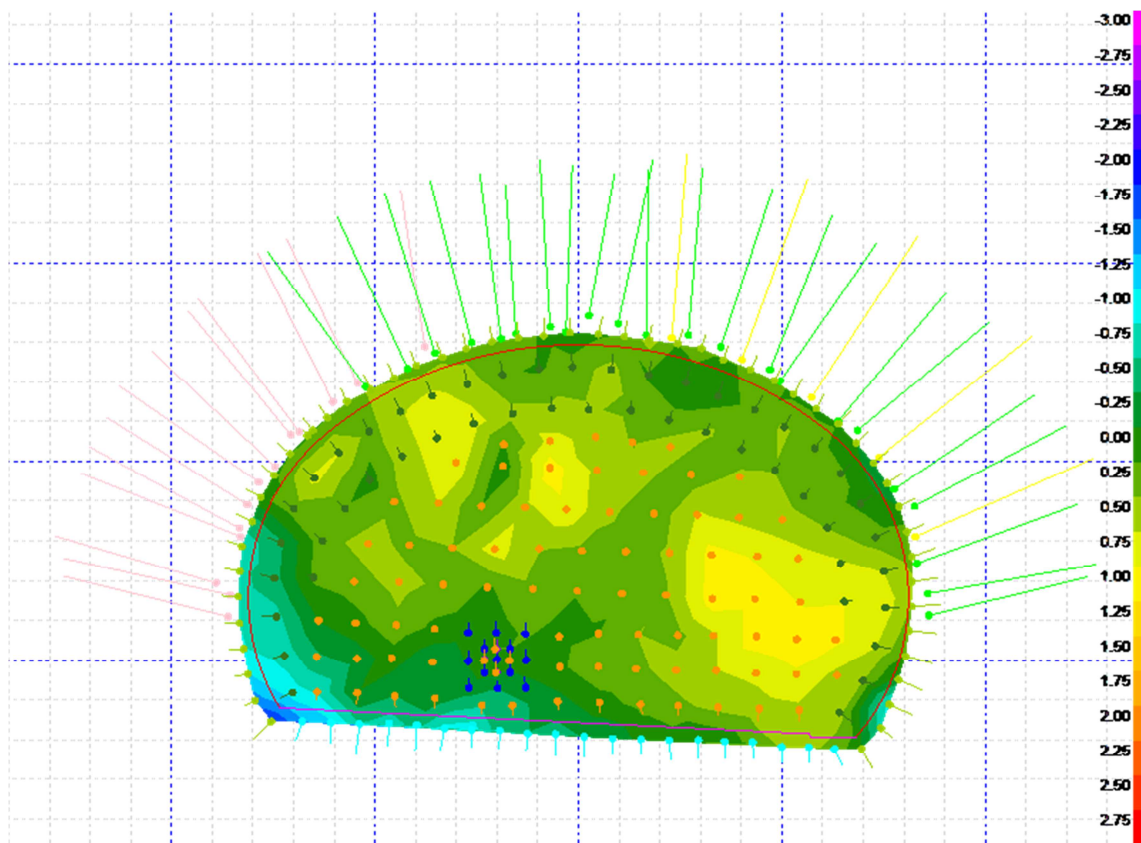
Tvar čelby ve staničení 10 031,00 – záběr č. 38



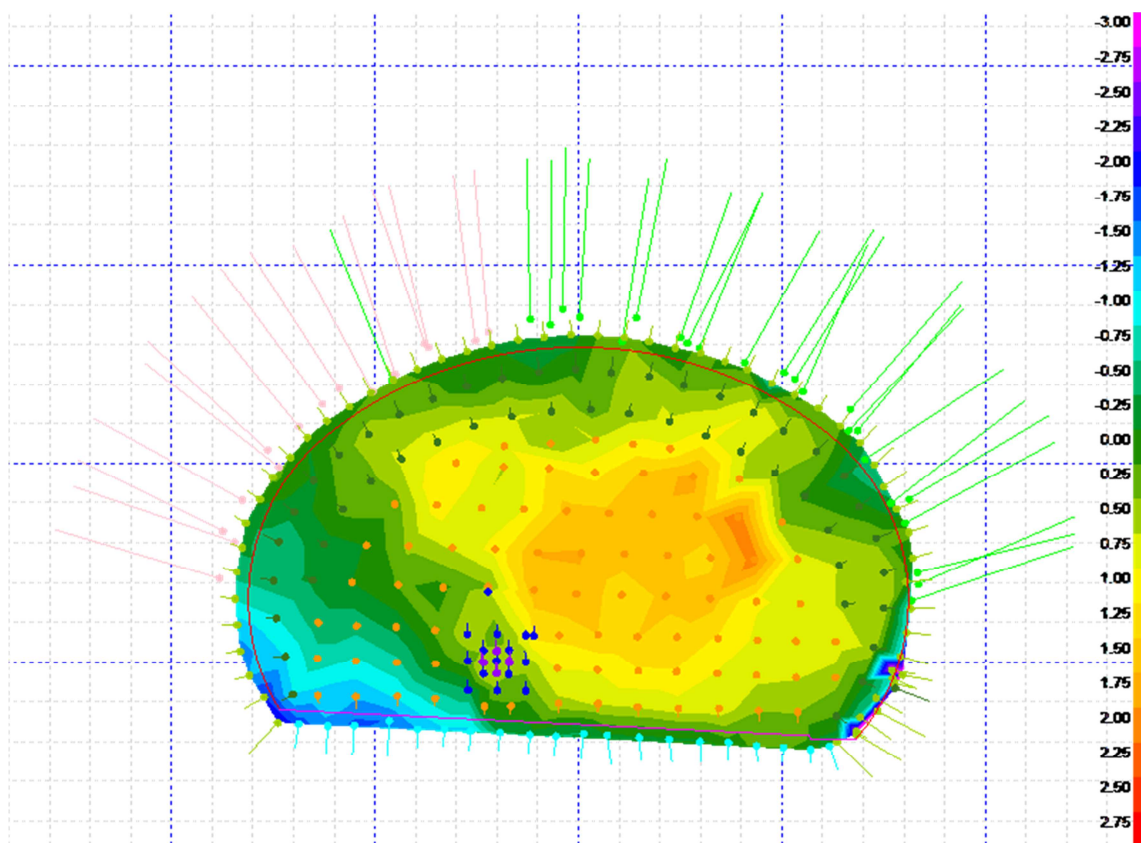
Tvar čelby ve staničení 10 036,00 – záběr č. 39



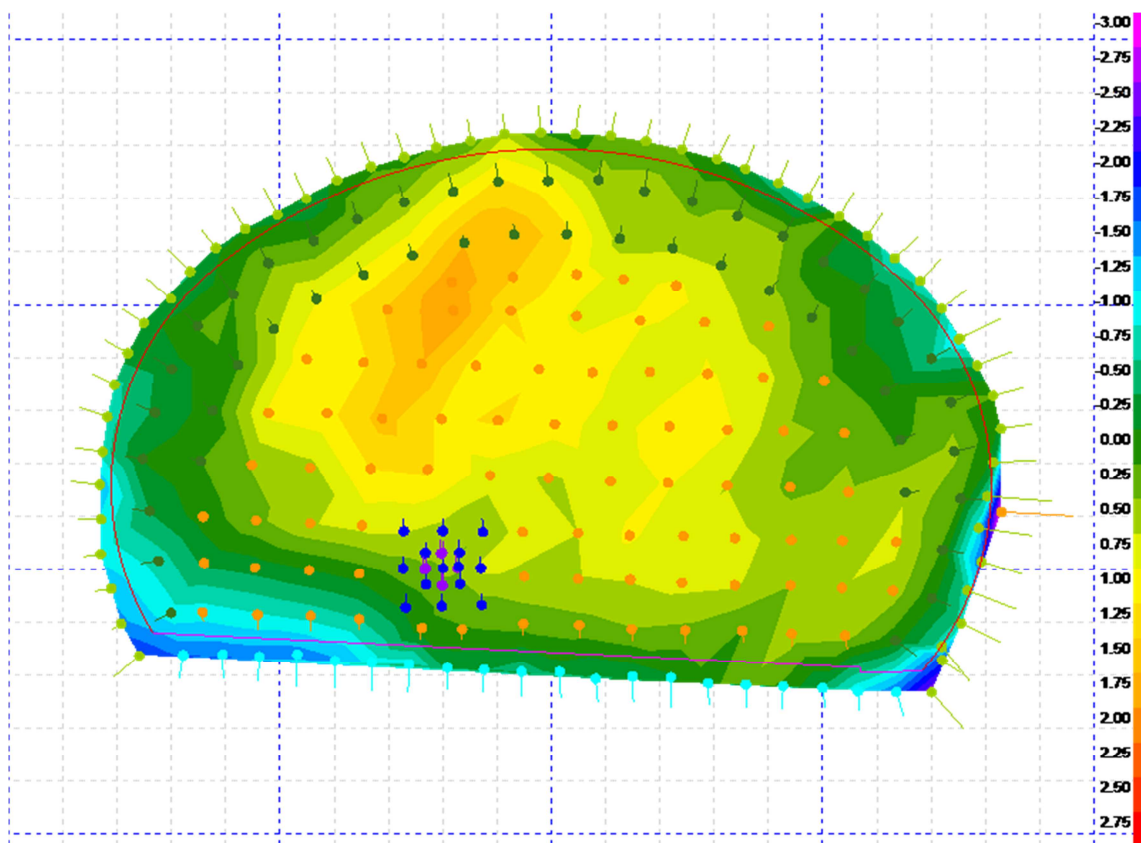
Tvar čelby ve staničení 10 040,50 – záběr č. 40



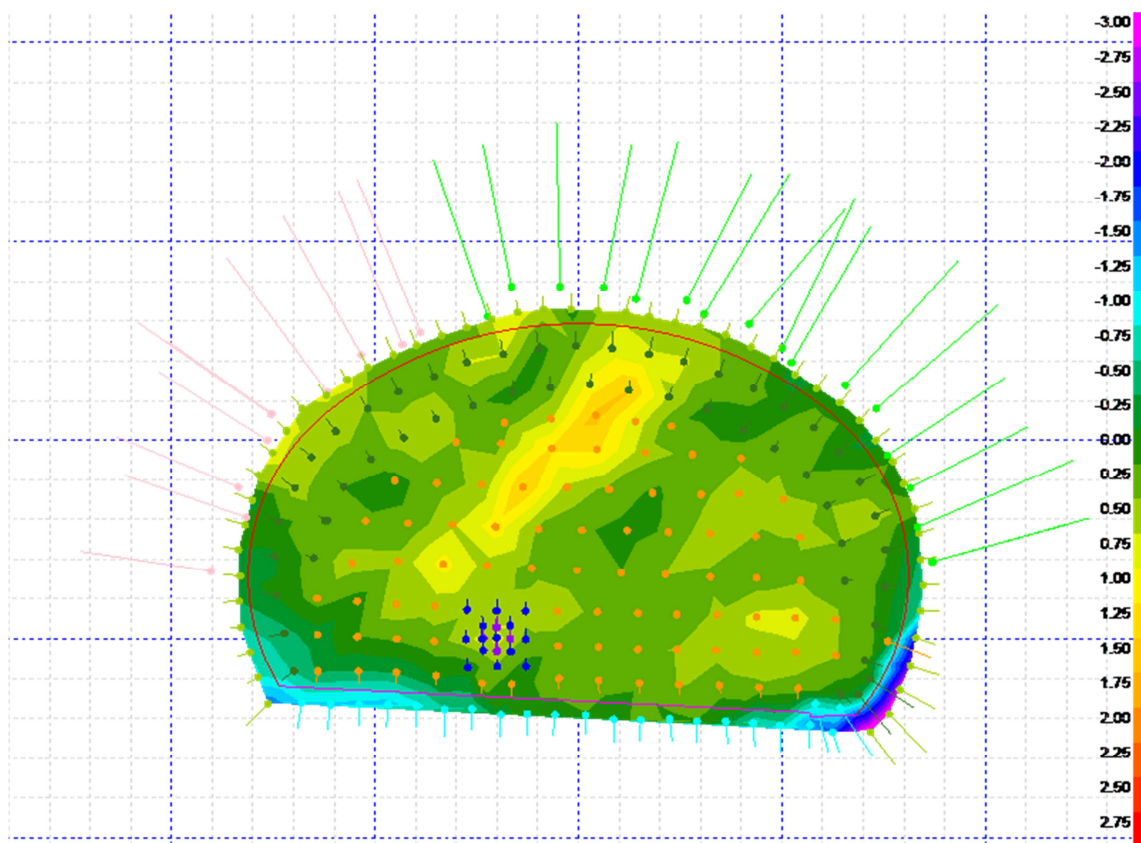
Tvar čelby ve staničení 10 045,50 – záběr č. 41



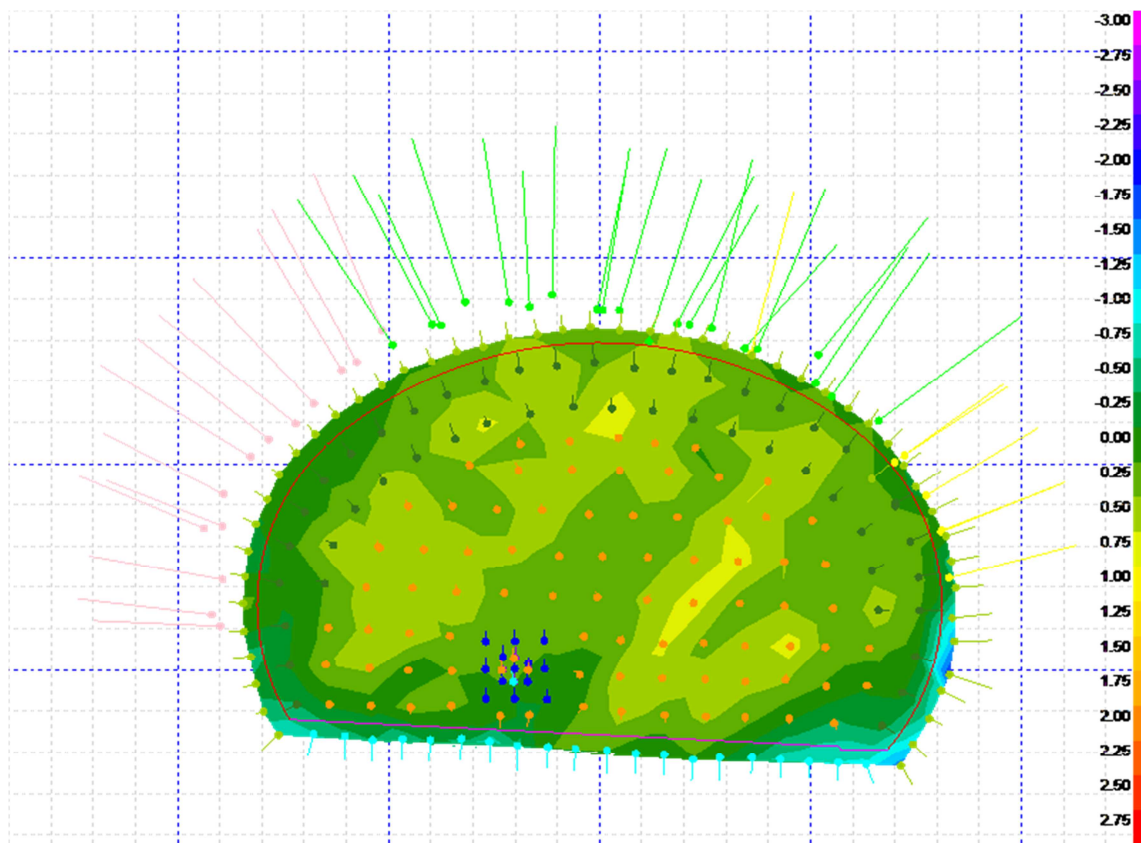
Tvar čelby ve staničení 10 050,50 – záběr č. 42



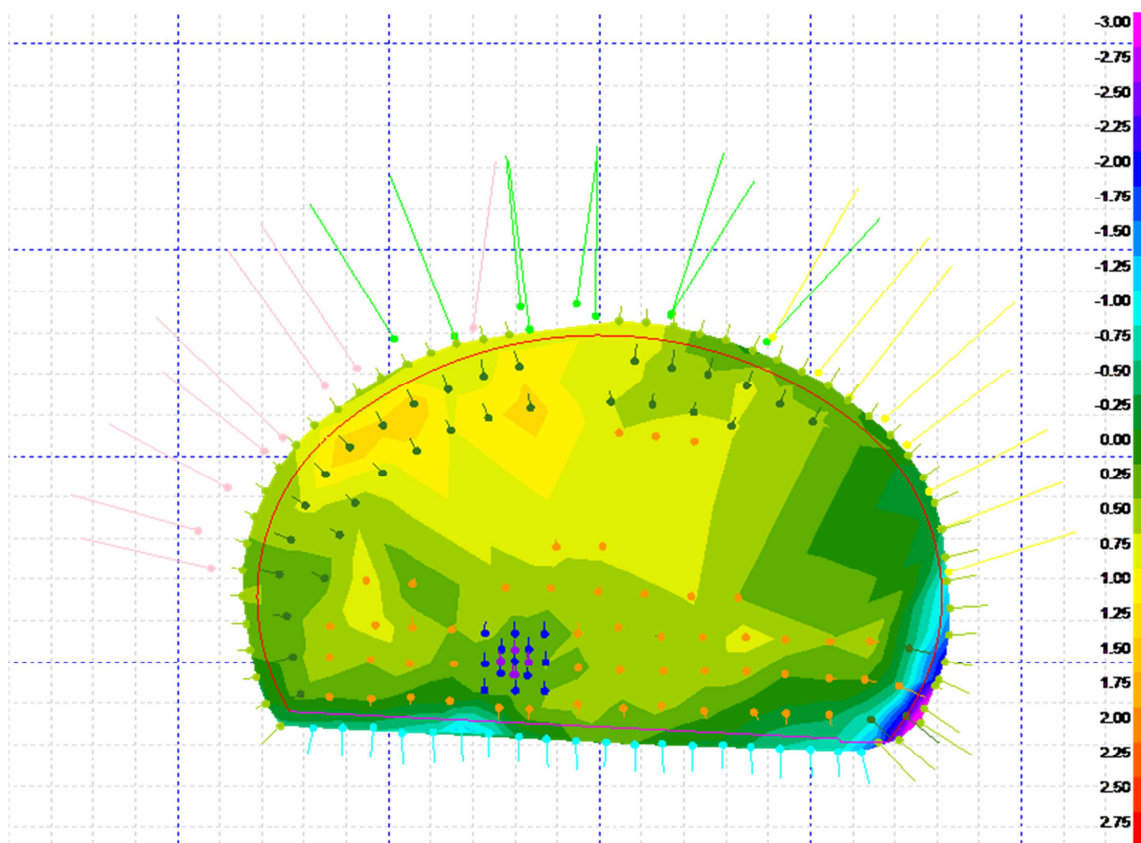
Tvar čelby ve staničení 10 055,50 – záběr č. 43



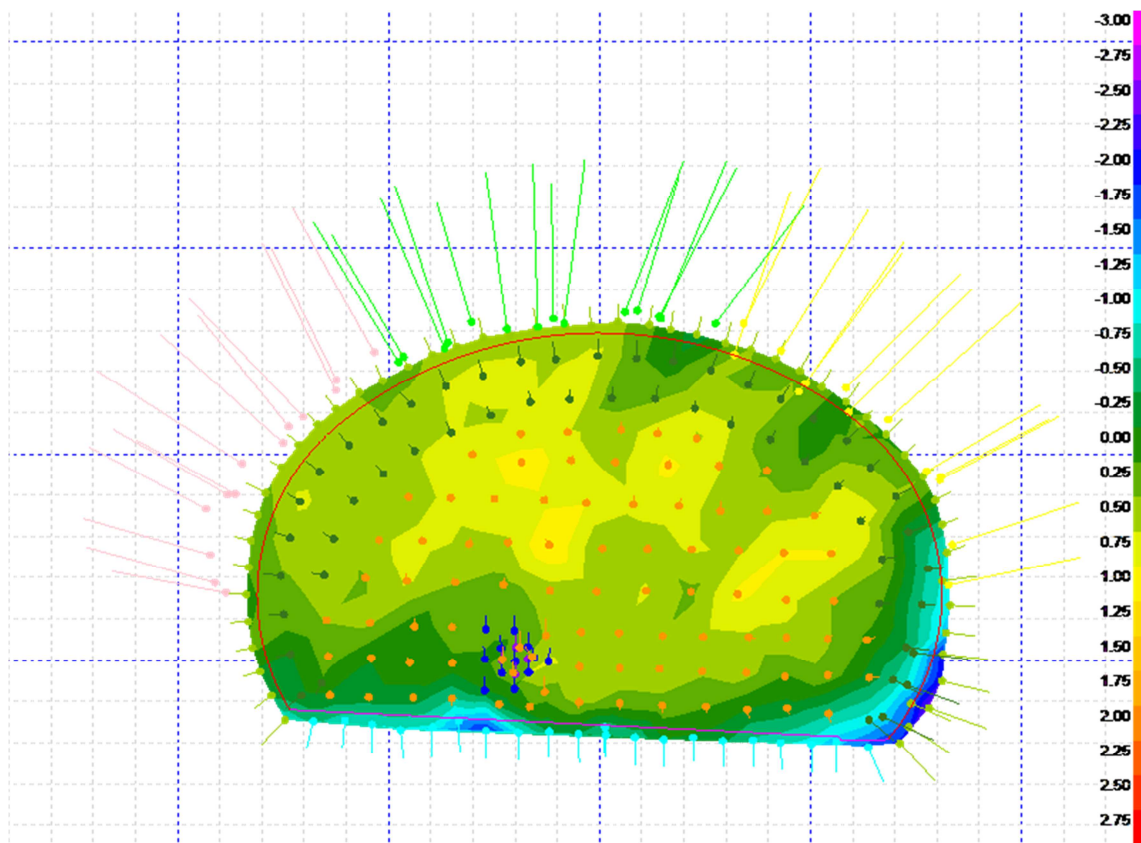
Tvar čelby ve staničení 10 060,50 – záběr č. 44



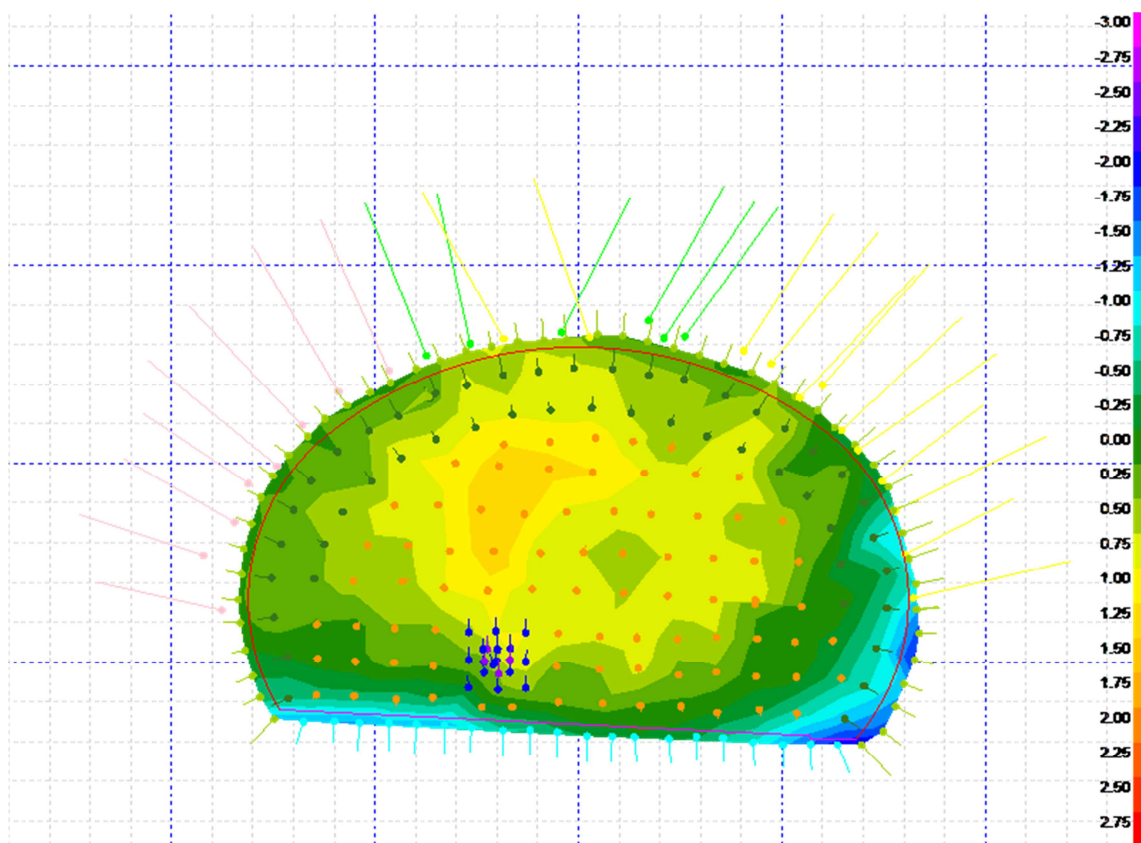
Tvar čelby ve staničení 10 065,50 – záběr č. 45



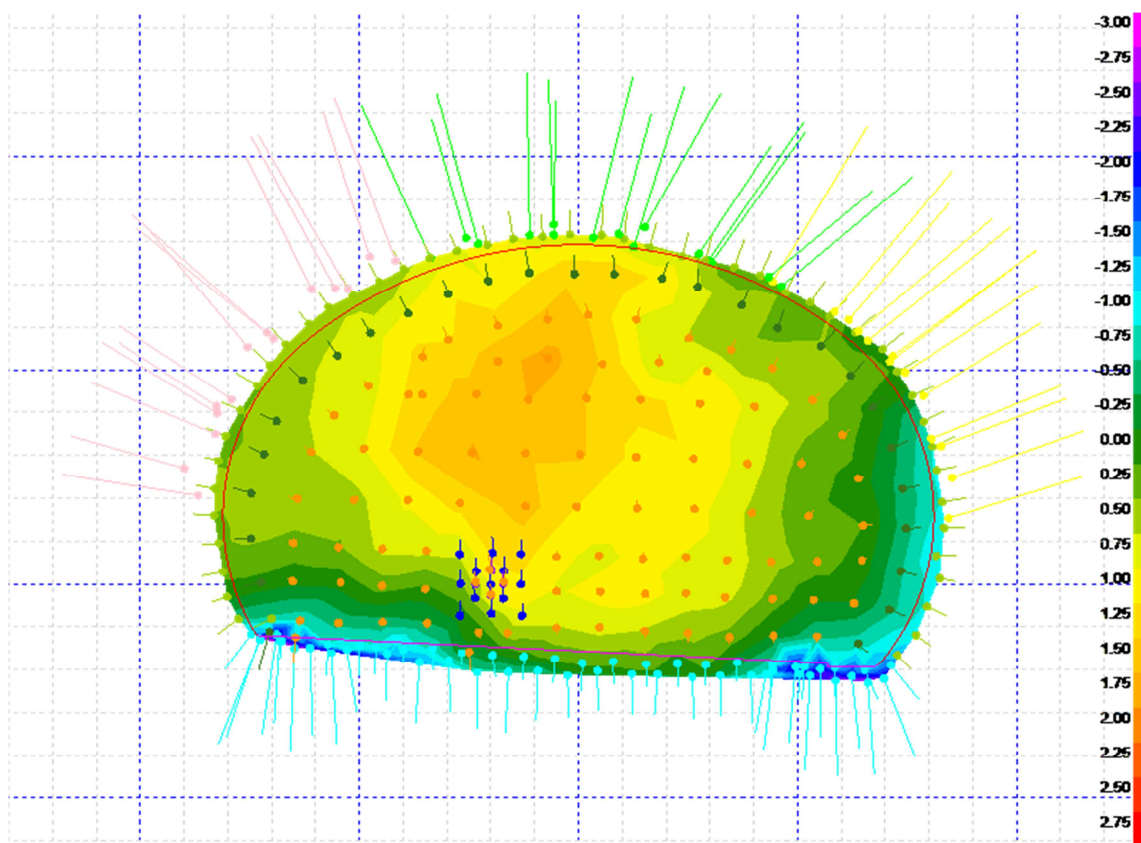
Tvar čelby ve staničení 10 070,50 – záběr č. 46



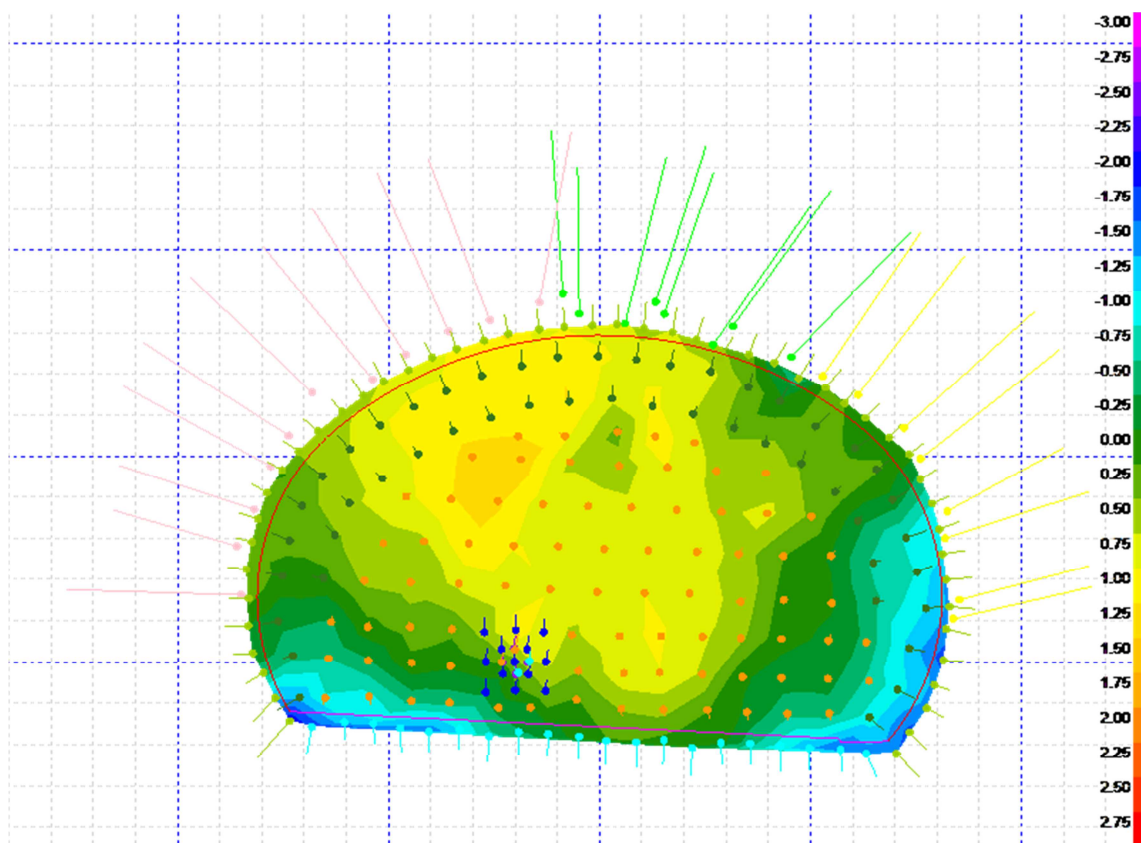
Tvar čelby ve staničení 10 075,00 – záběr č. 47



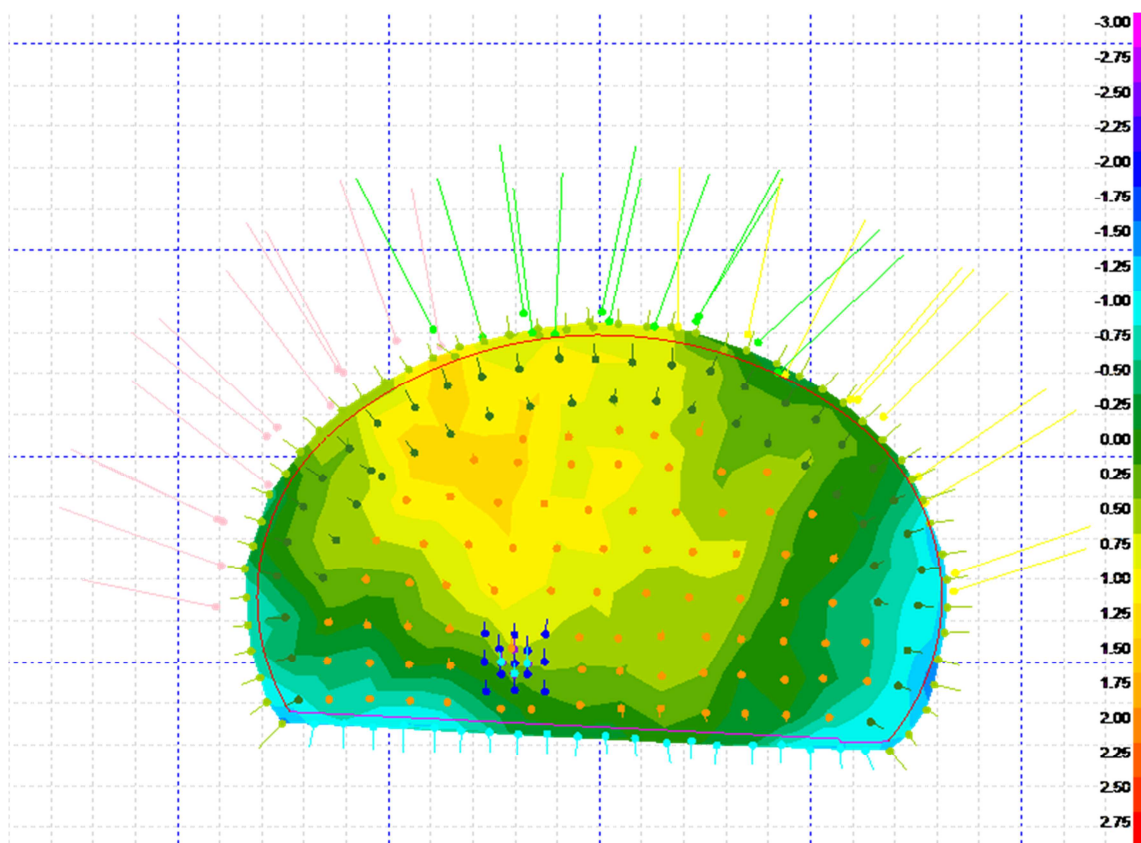
Tvar čelby ve staničení 10 080,00 – záběr č. 48



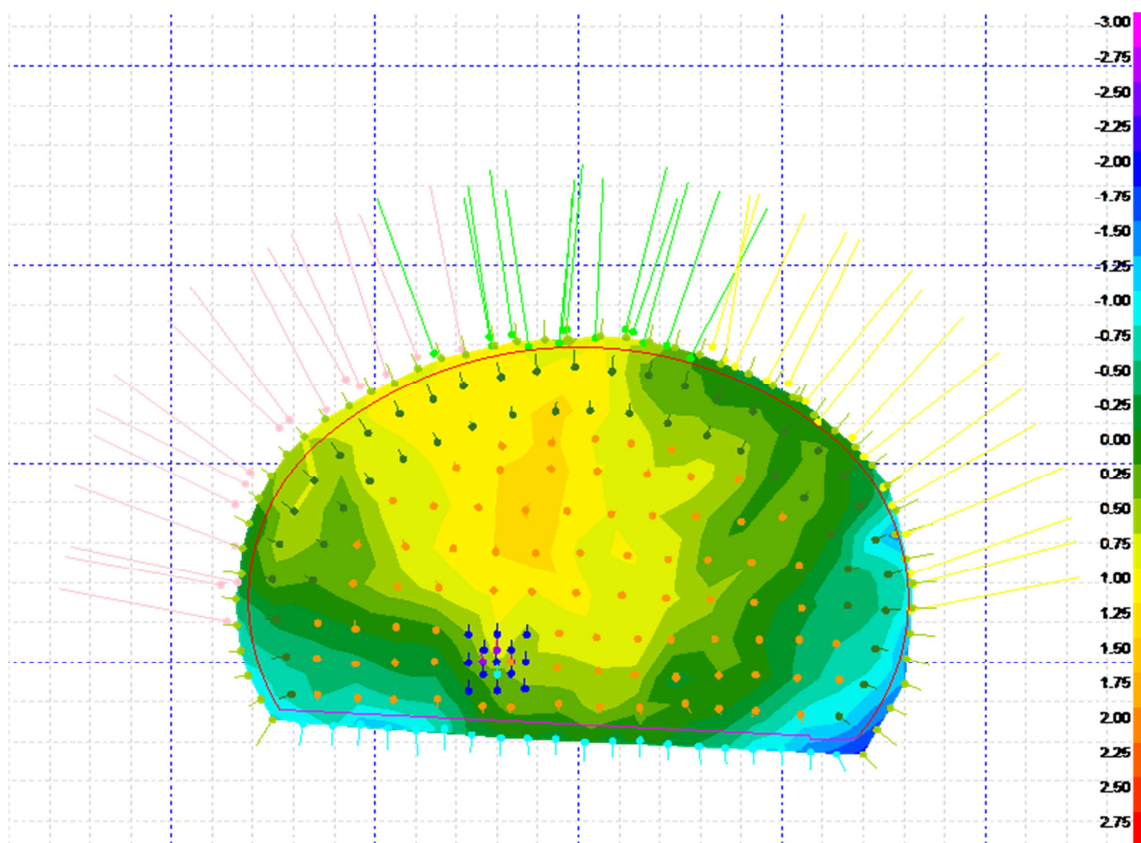
Tvar čelby ve staničení 10 085,00 – záběr č. 49



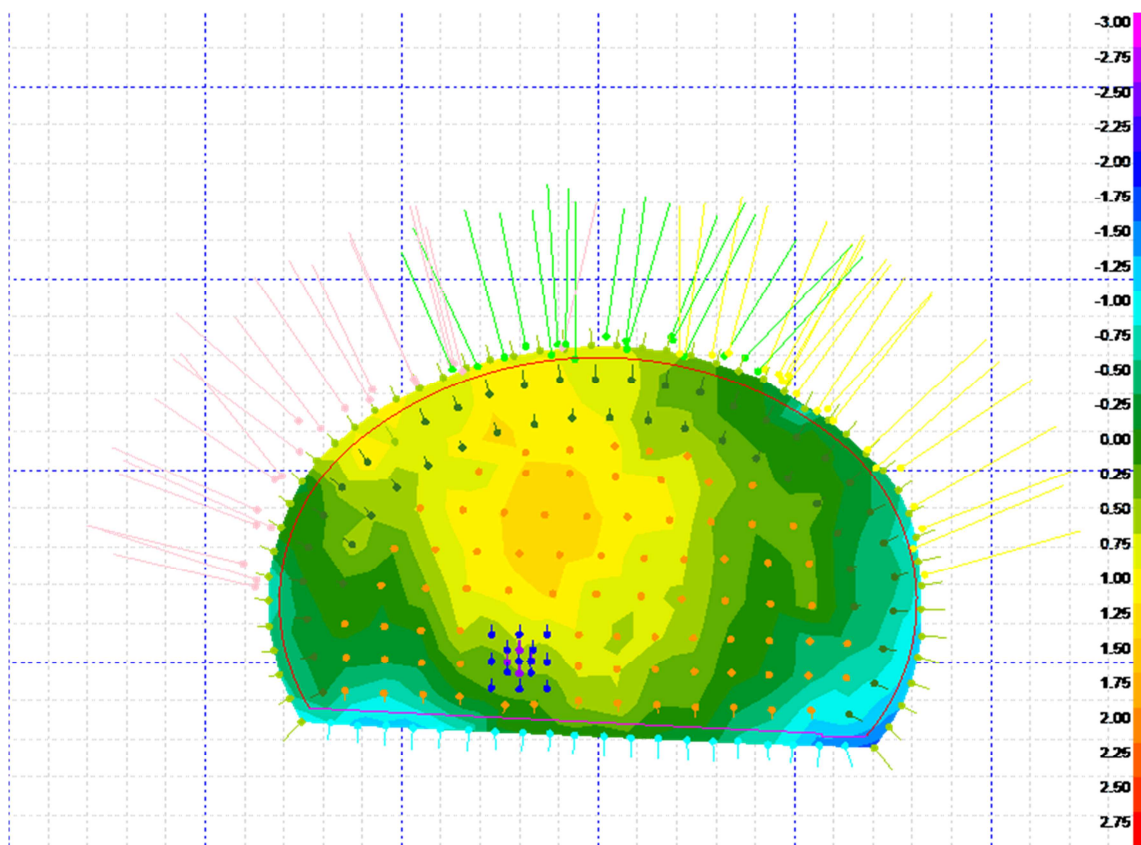
Tvar čelby ve staničení 10 090,00 – záběr č. 50



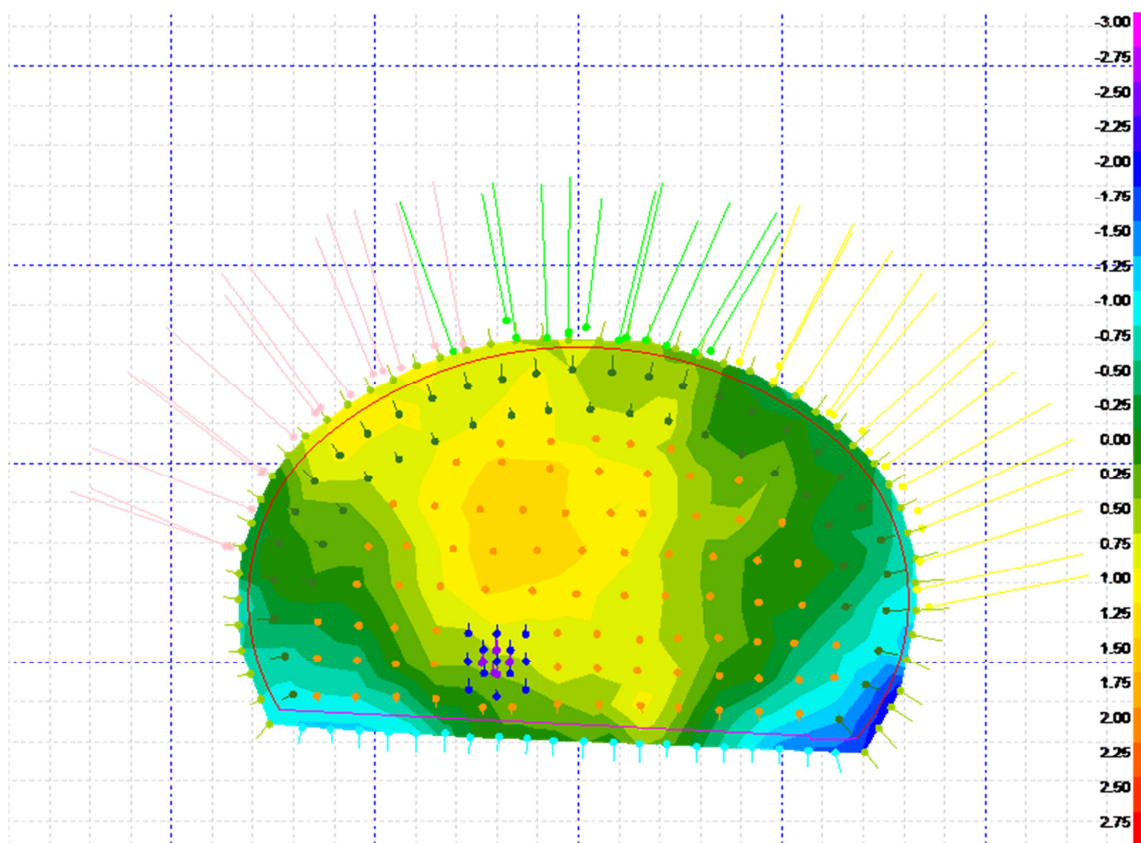
Tvar čelby ve staničení 10 095,00 – záběr č. 51



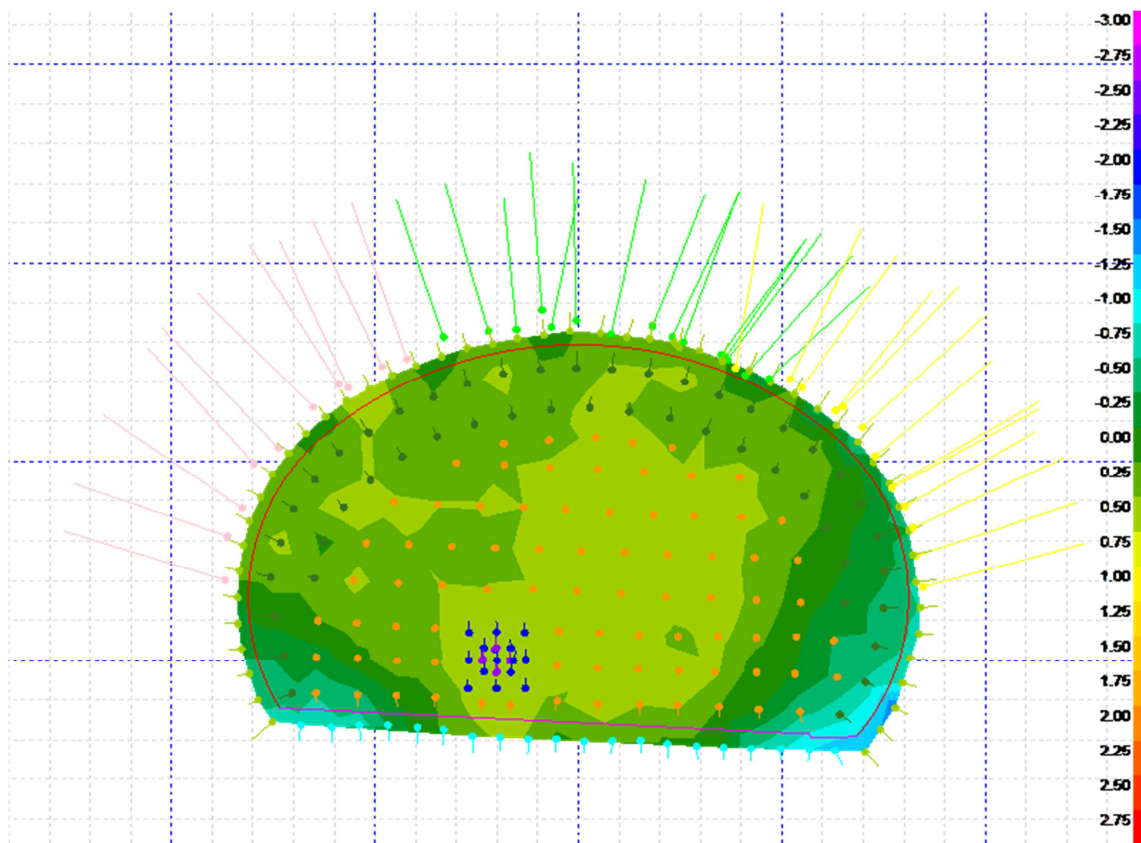
Tvar čelby ve staničení 10 100,00 – záběr č. 52



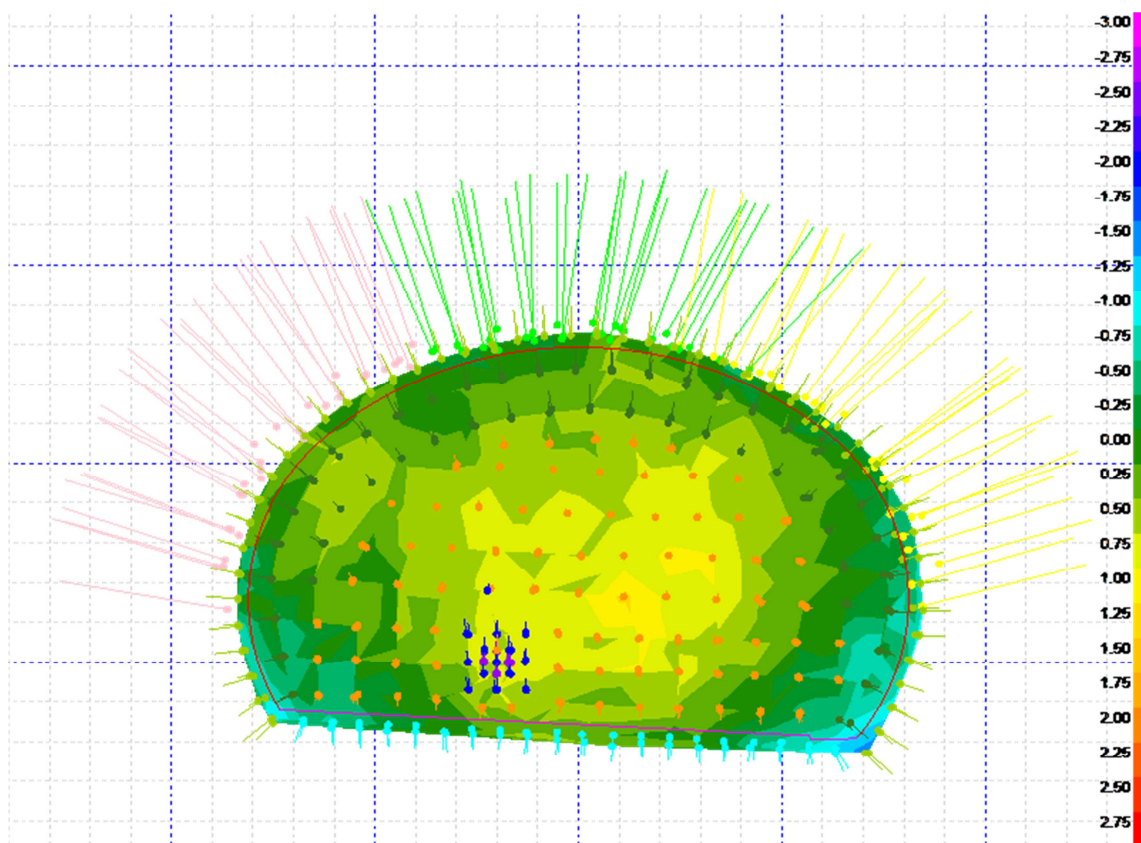
Tvar čelby ve staničení 10 105,00 – záběr č. 53



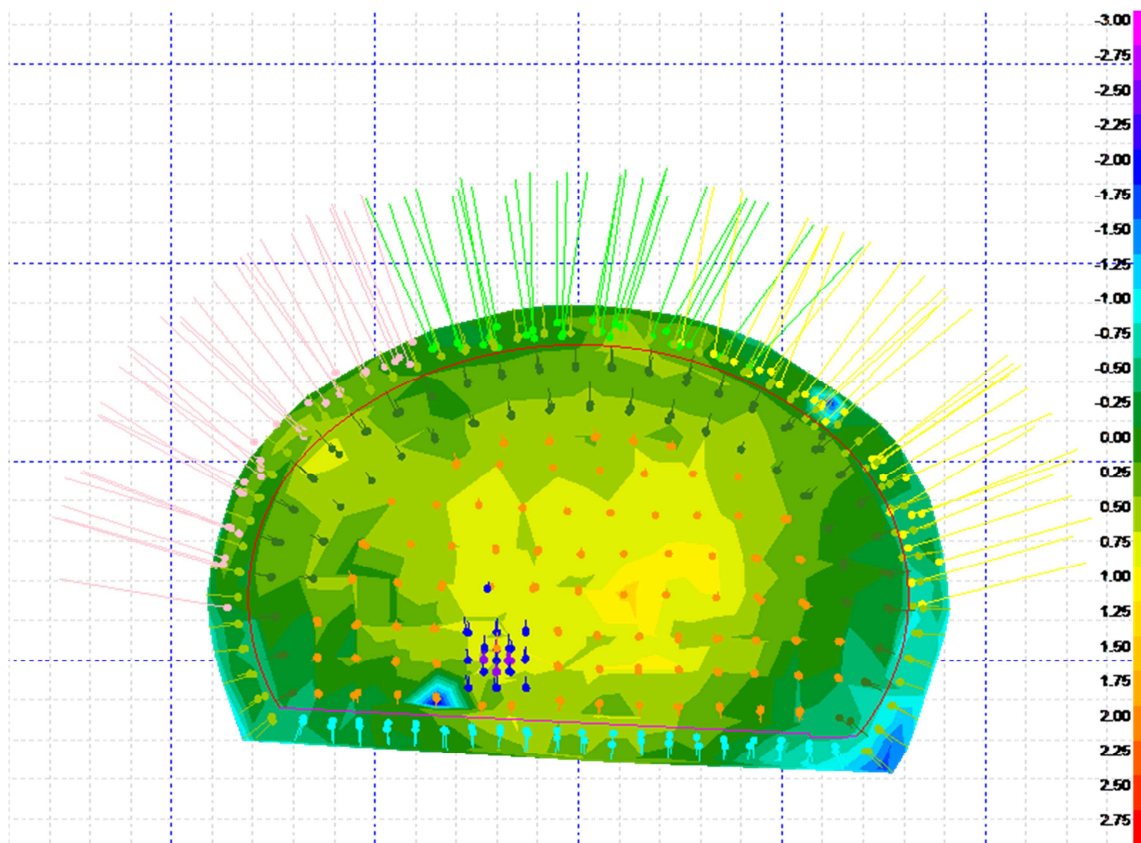
Tvar čelby ve staničení 10 110,00 – záběr č. 54



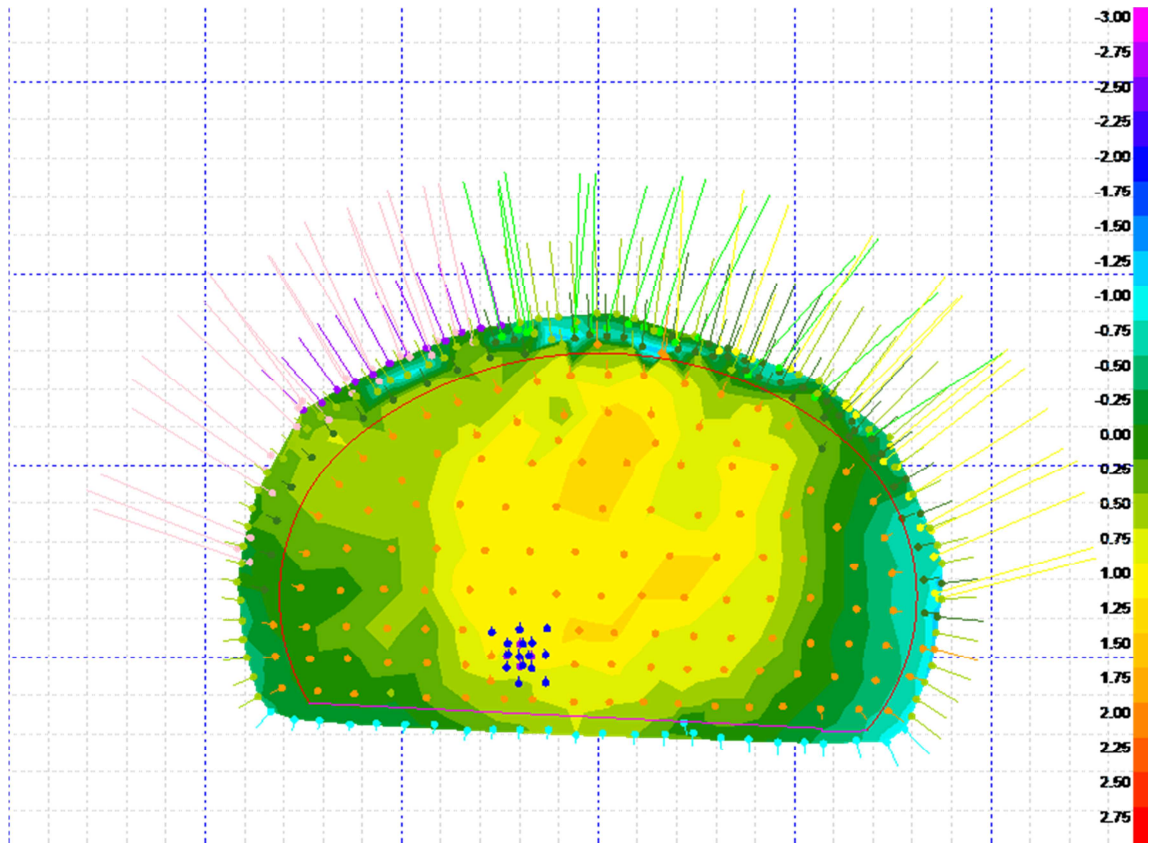
Tvar čelby ve staničení 10 115,00 – záběr č. 55



Tvar čelby ve staničení 10 120,25 – záběr č. 56



Tvar čelby ve staničení 10 125,50 – záběr č. 57

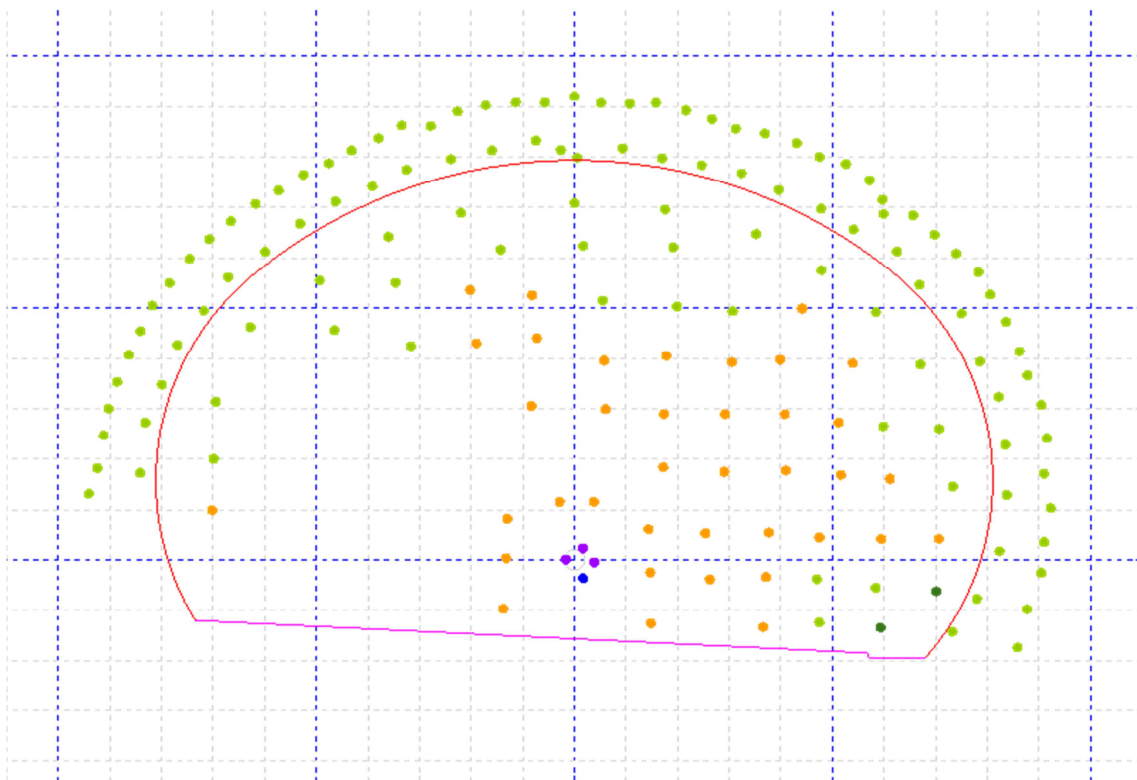


Tvar čelby ve staničení 10 130,50 – záběr č. 58

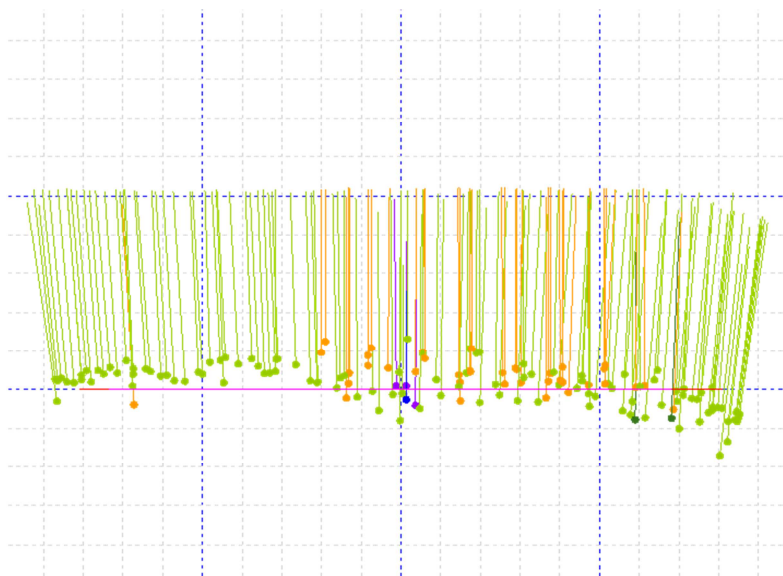
Příloha č. 5:

Geometrie vrtů tunelu Moane

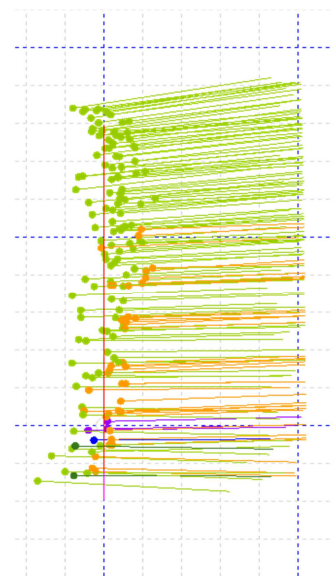
Geometrie vrtů – záběr č. 6



Čelní pohled – dna vrtů

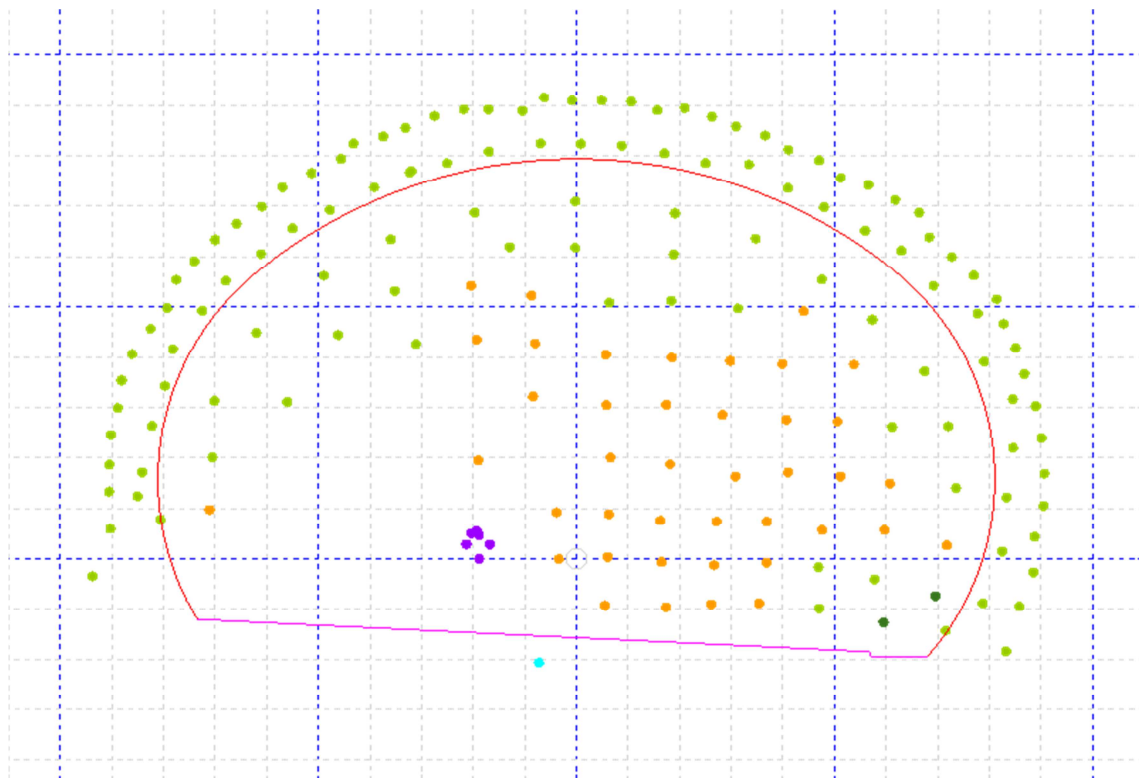


Pohled shora

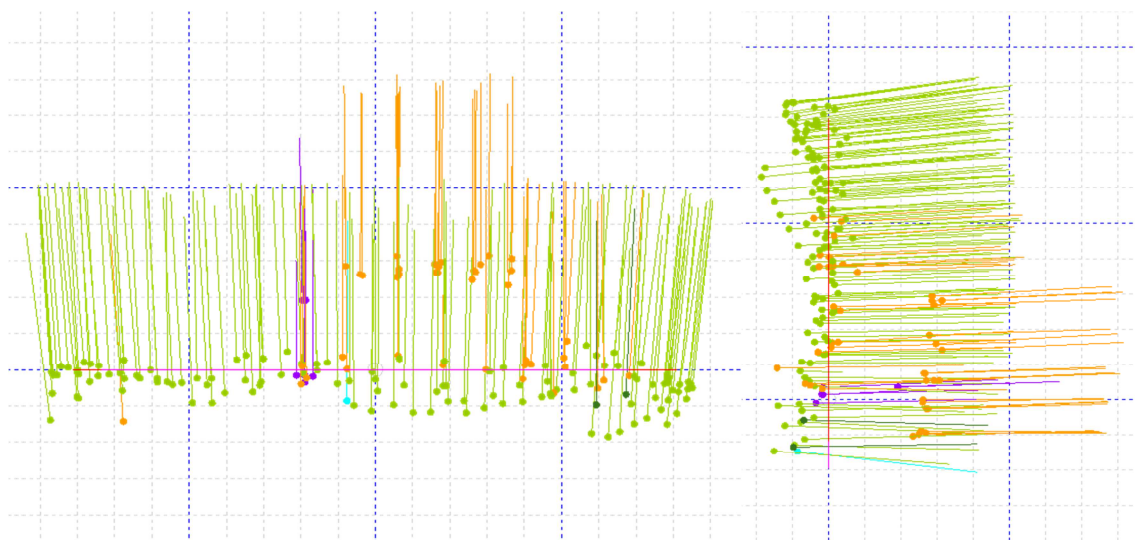


Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 7



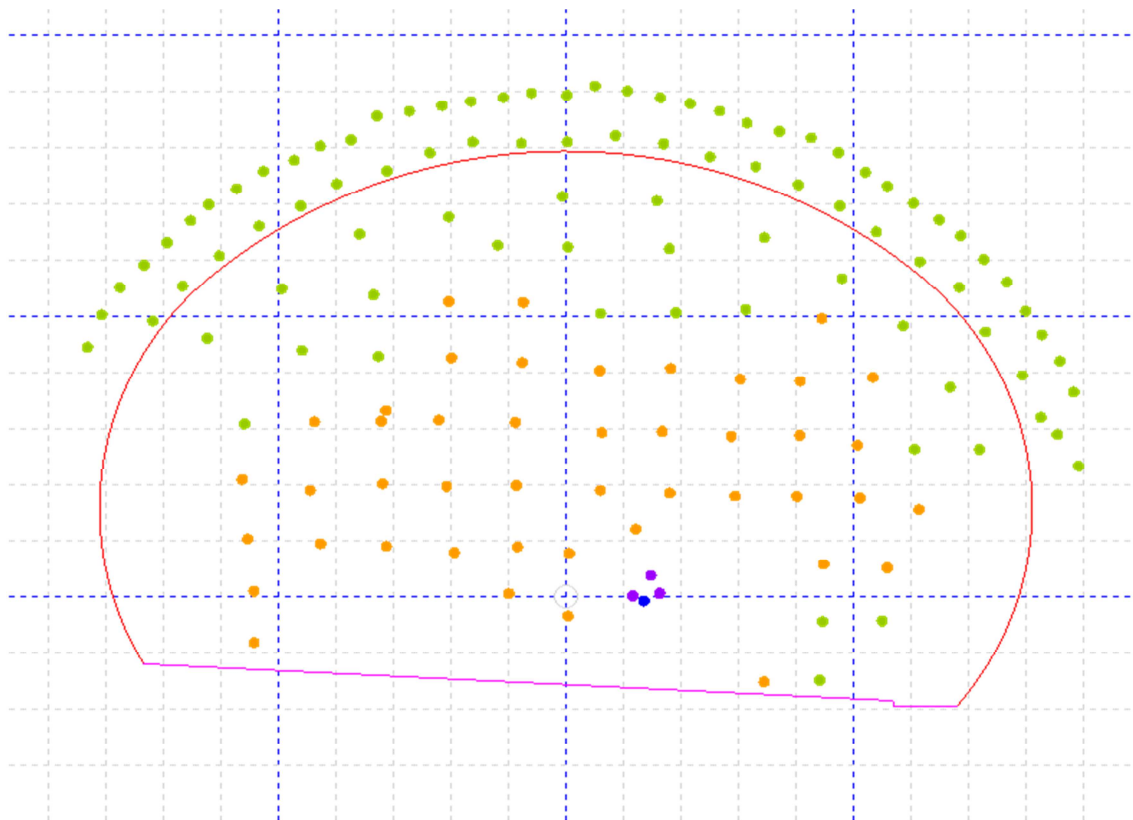
Čelní pohled – dna vrtů



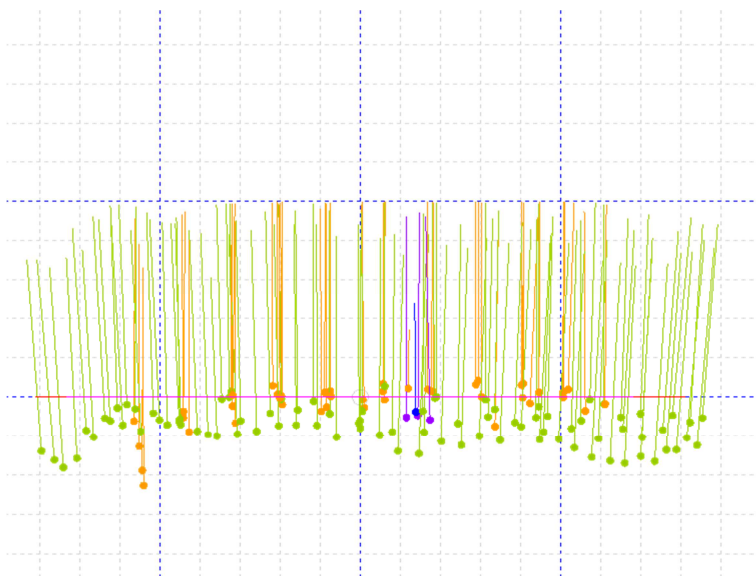
Pohled shora

Pohled z boku

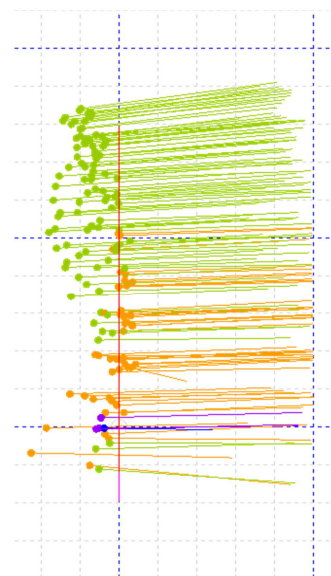
Geometrie vrtů – záběr č. 8



Čelní pohled – dna vrtů

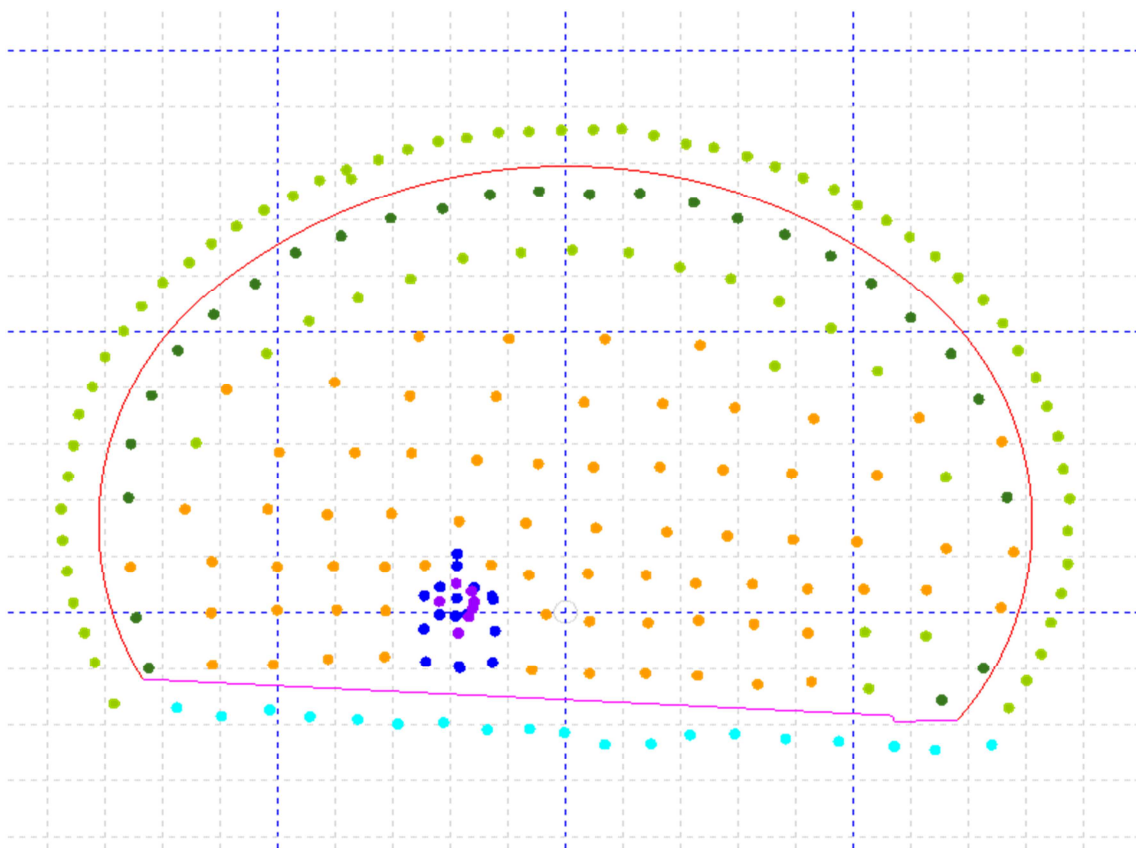


Pohled shora

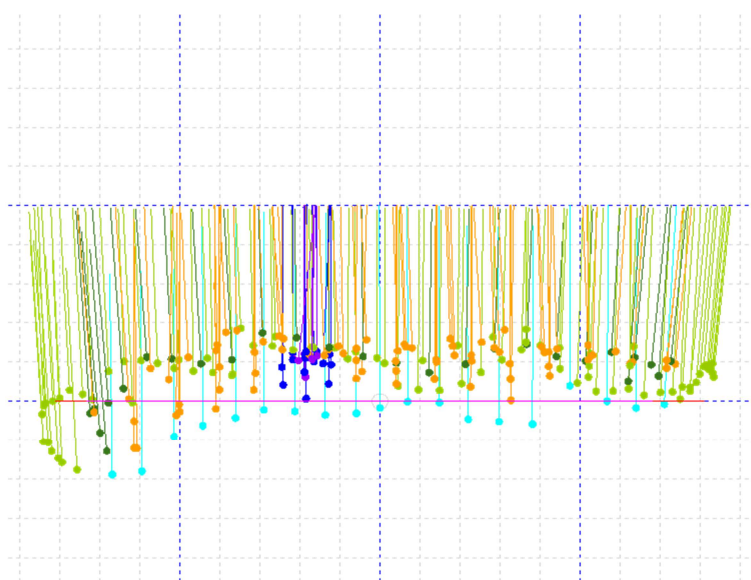


Pohled z boku

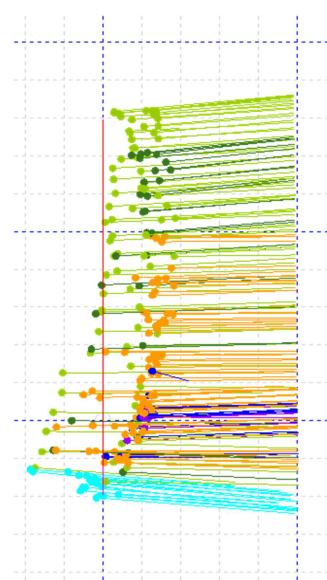
Geometrie vrtů – záběr č. 9



Čelní pohled – dna vrtů

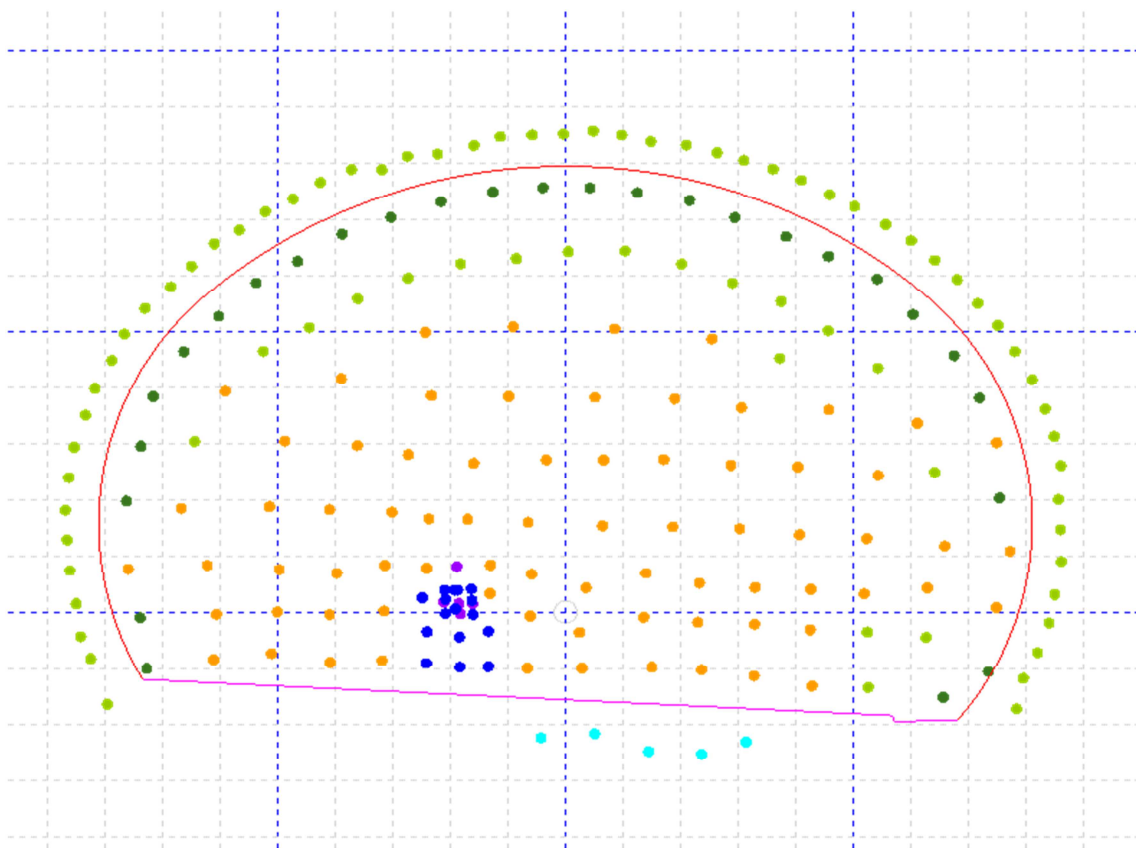


Pohled shora

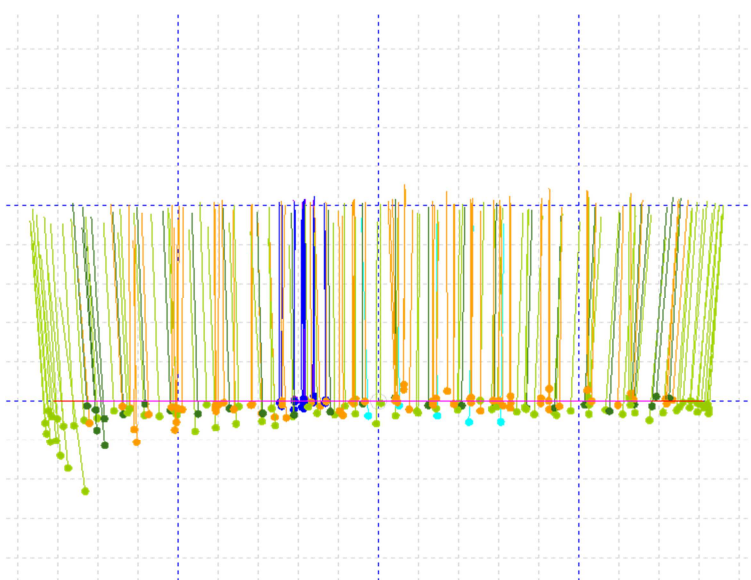


Pohled z boku

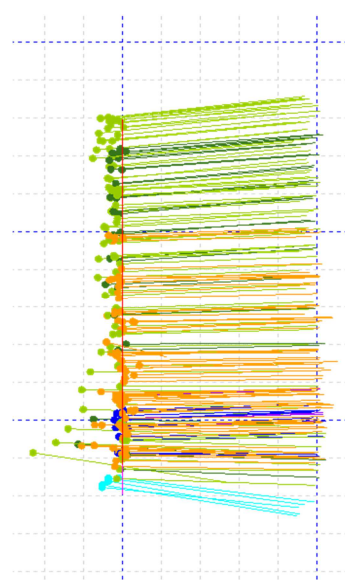
Geometrie vrtů – záběr č. 10



Čelní pohled – dna vrtů

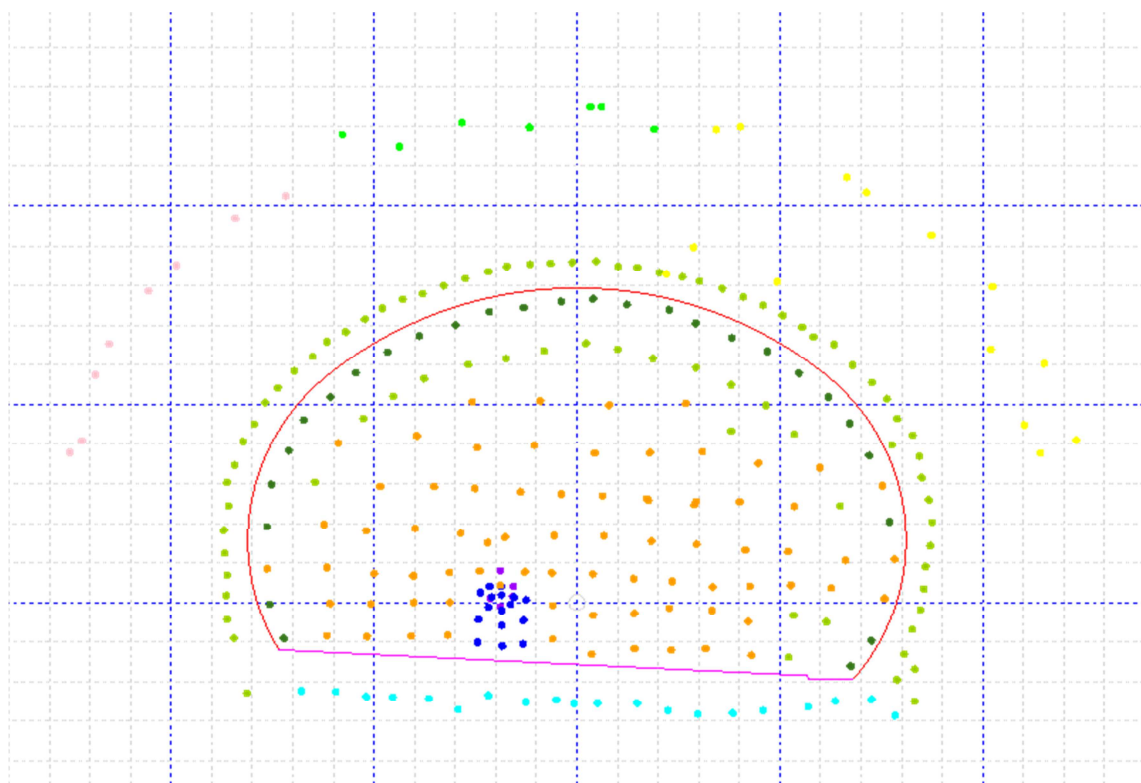


Pohled shora

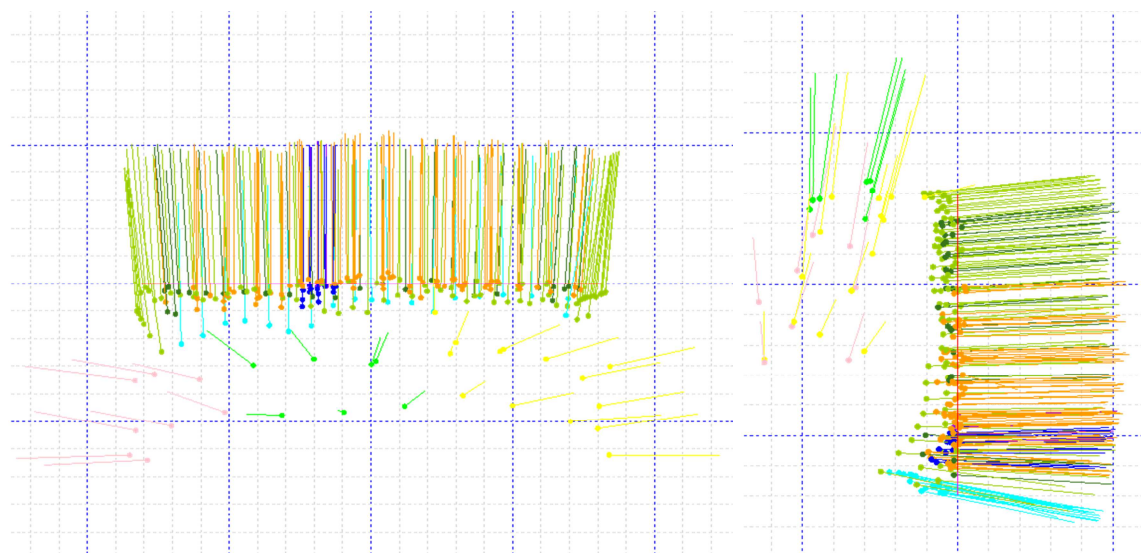


Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 11



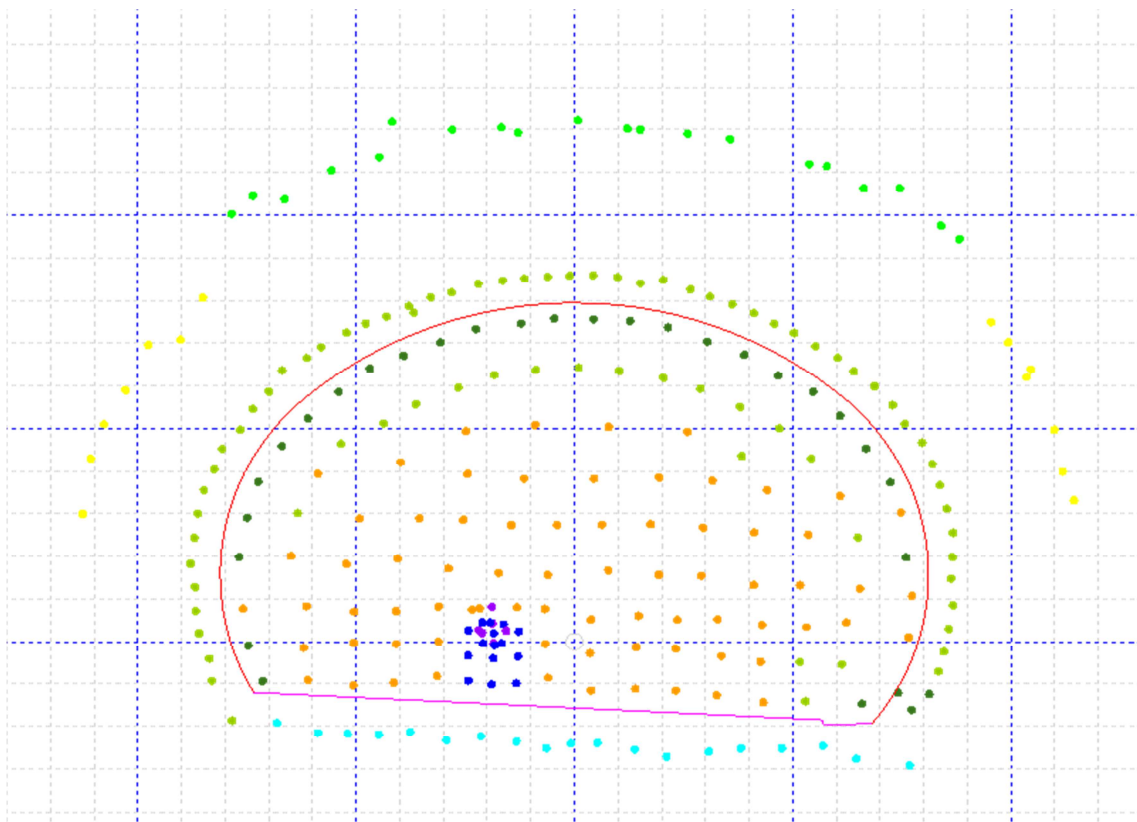
Čelní pohled – dna vrtů



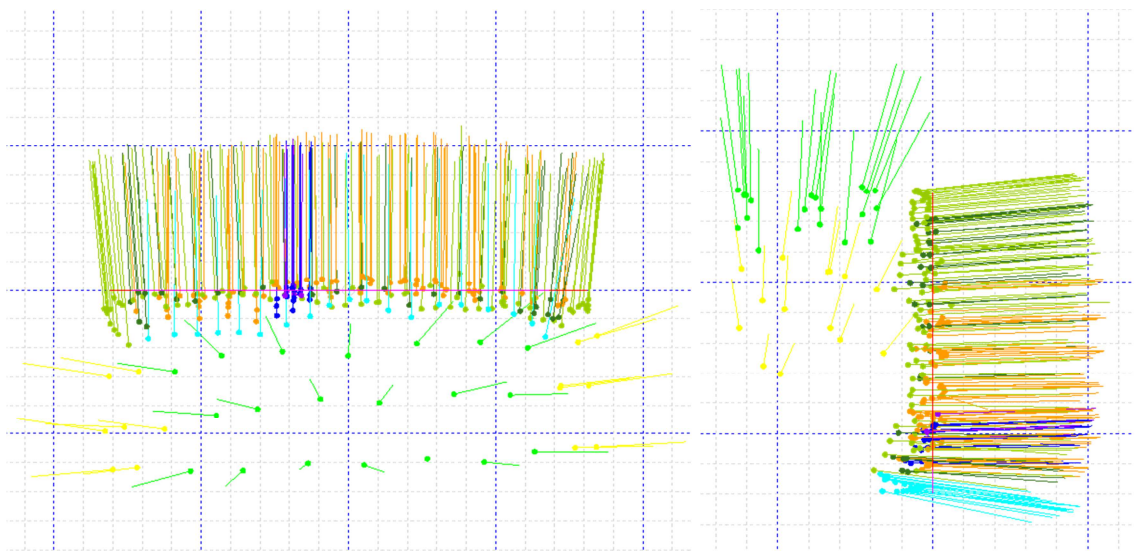
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 12



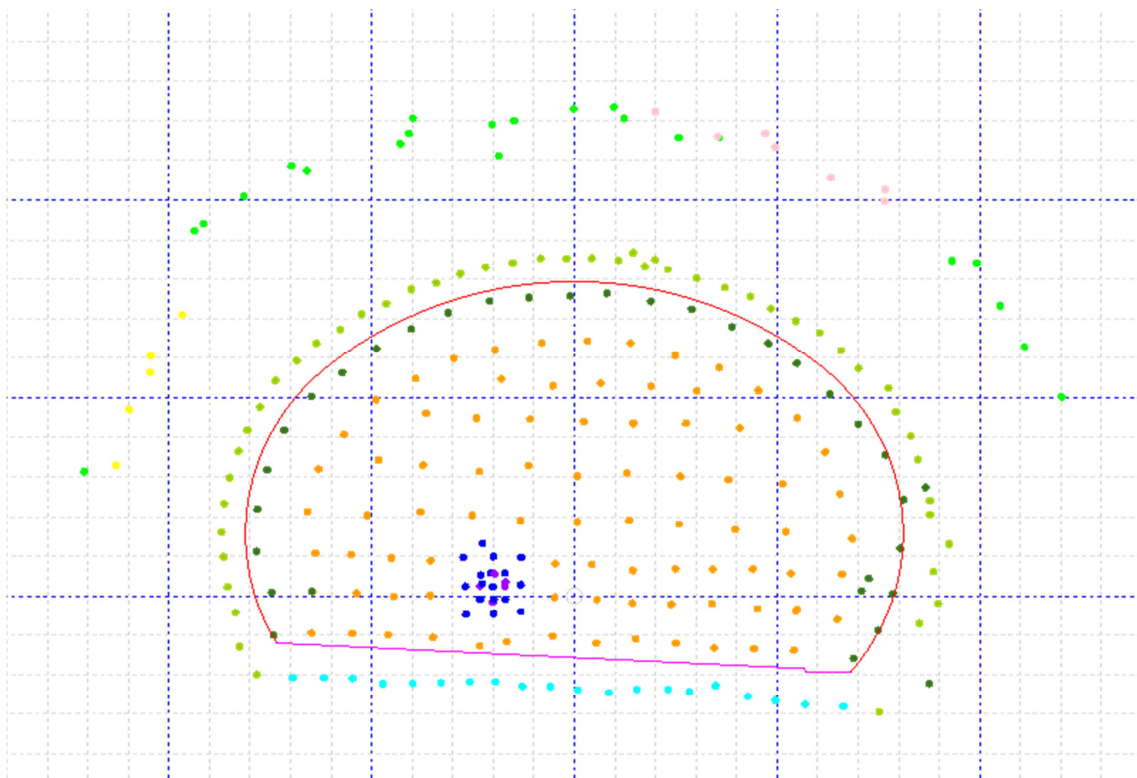
Čelní pohled – dna vrtů



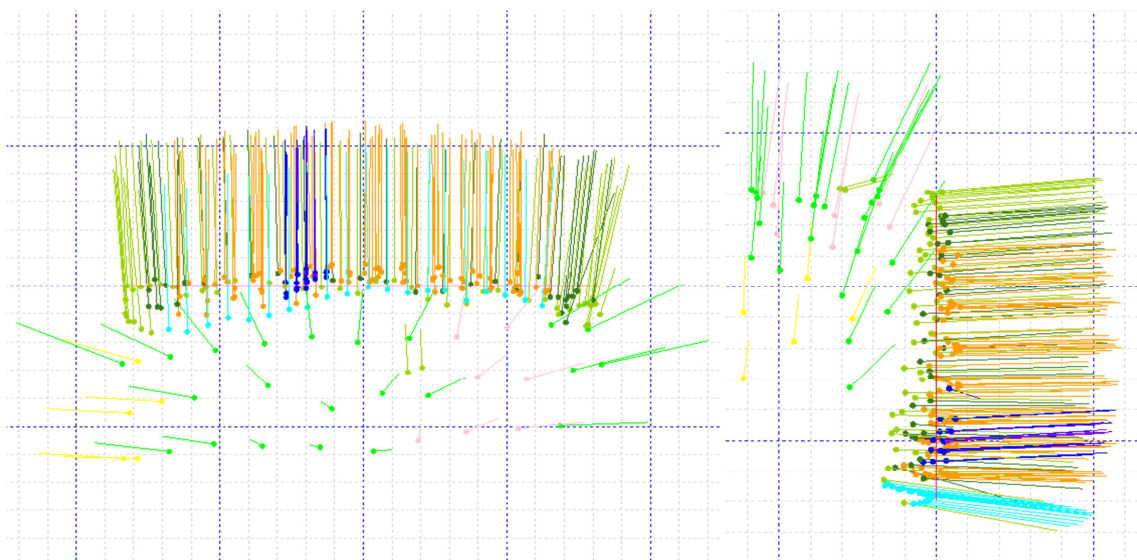
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 13



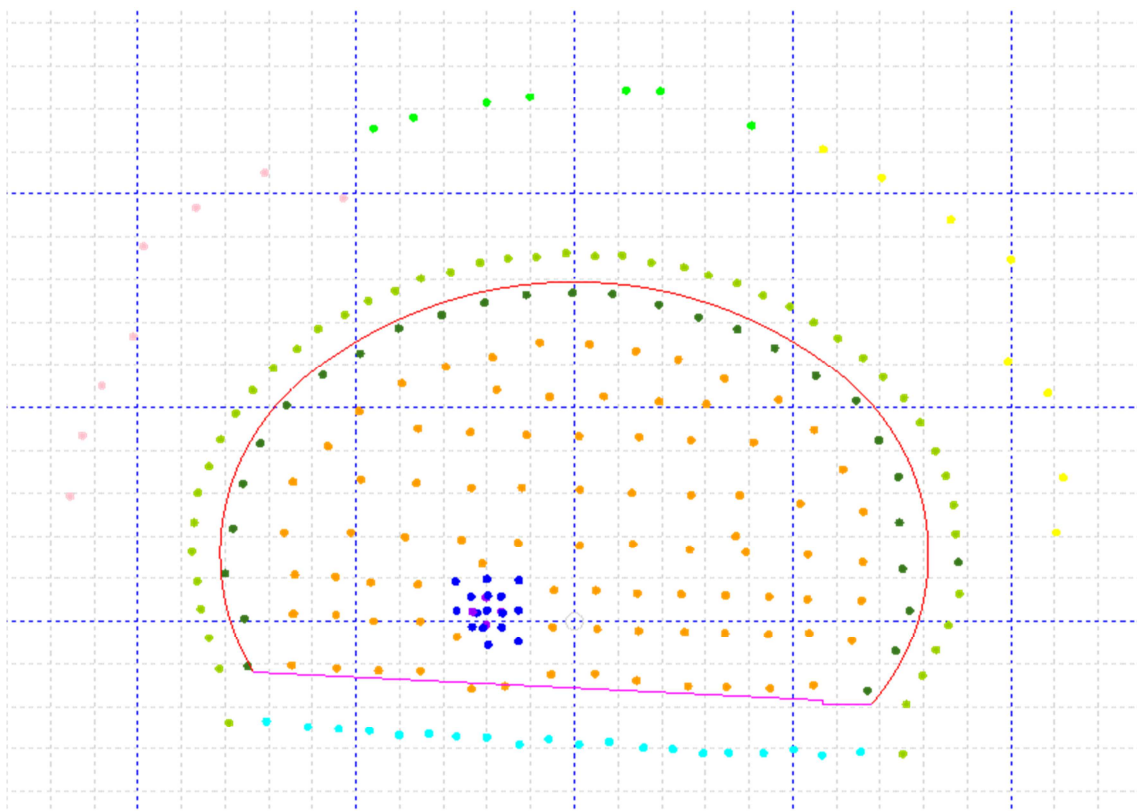
Čelní pohled – dna vrtů



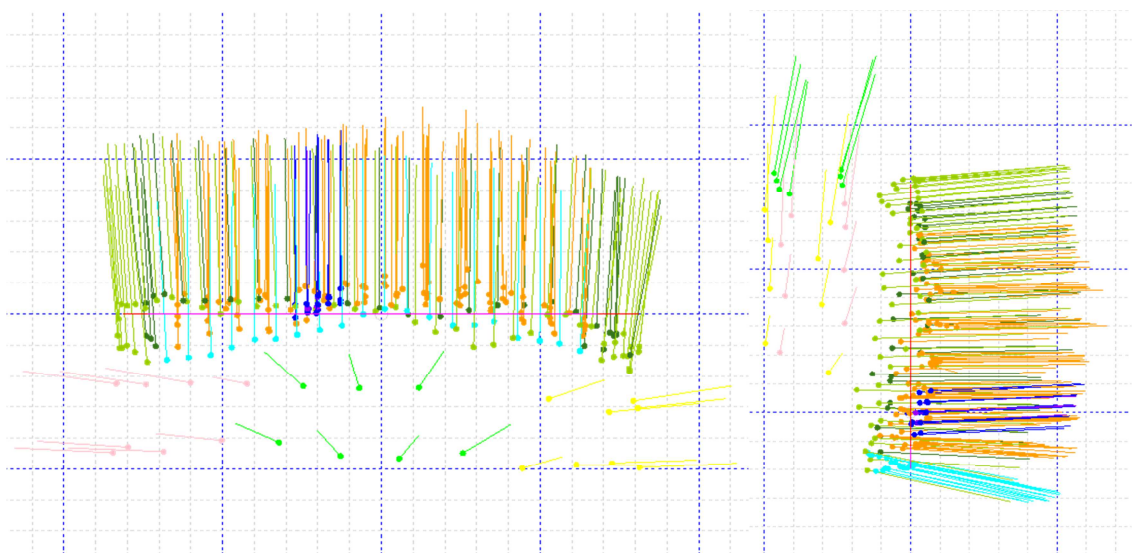
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 14



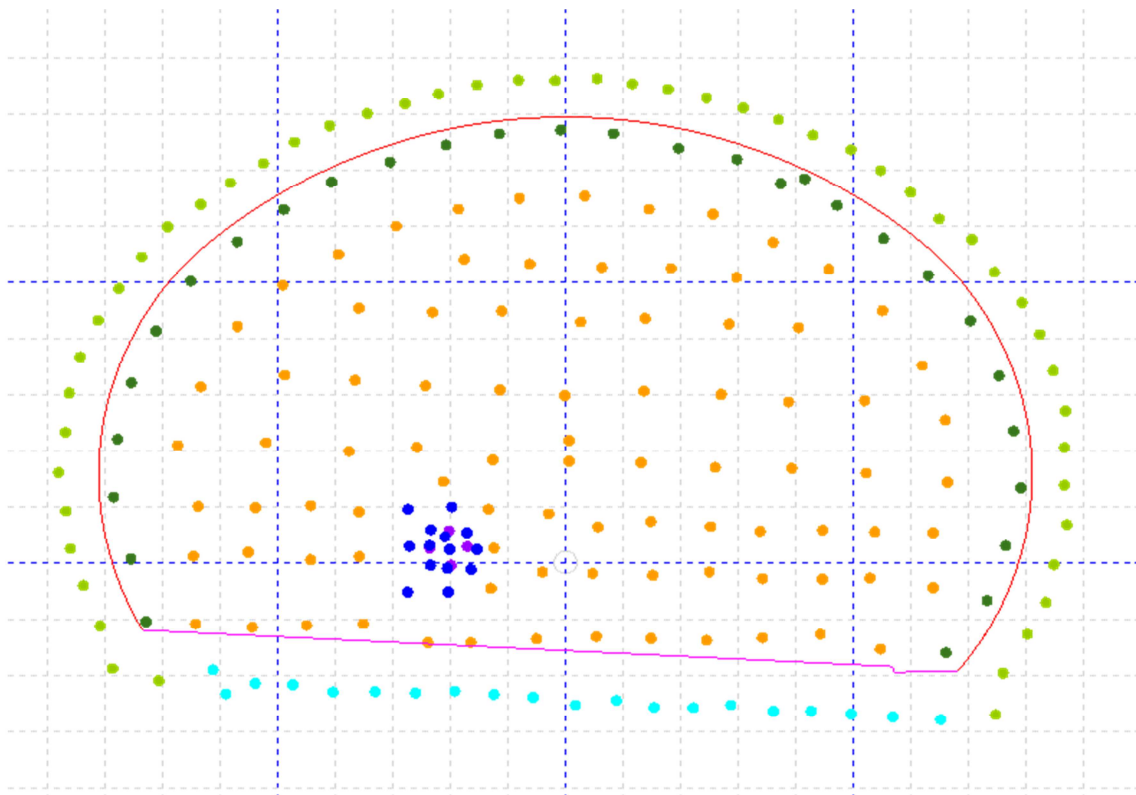
Čelní pohled – dna vrtů



Pohled shora

Pohled z boku

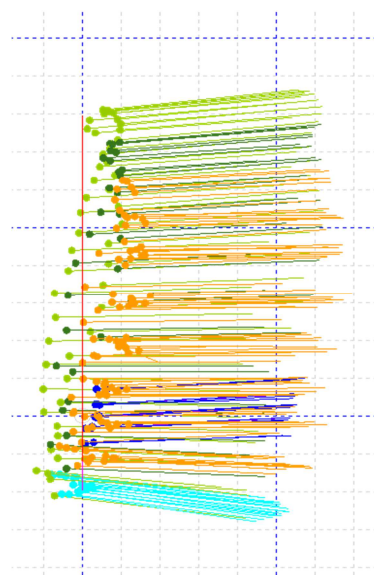
Geometrie vrtů – záběr č. 15



Čelní pohled – dna vrtů

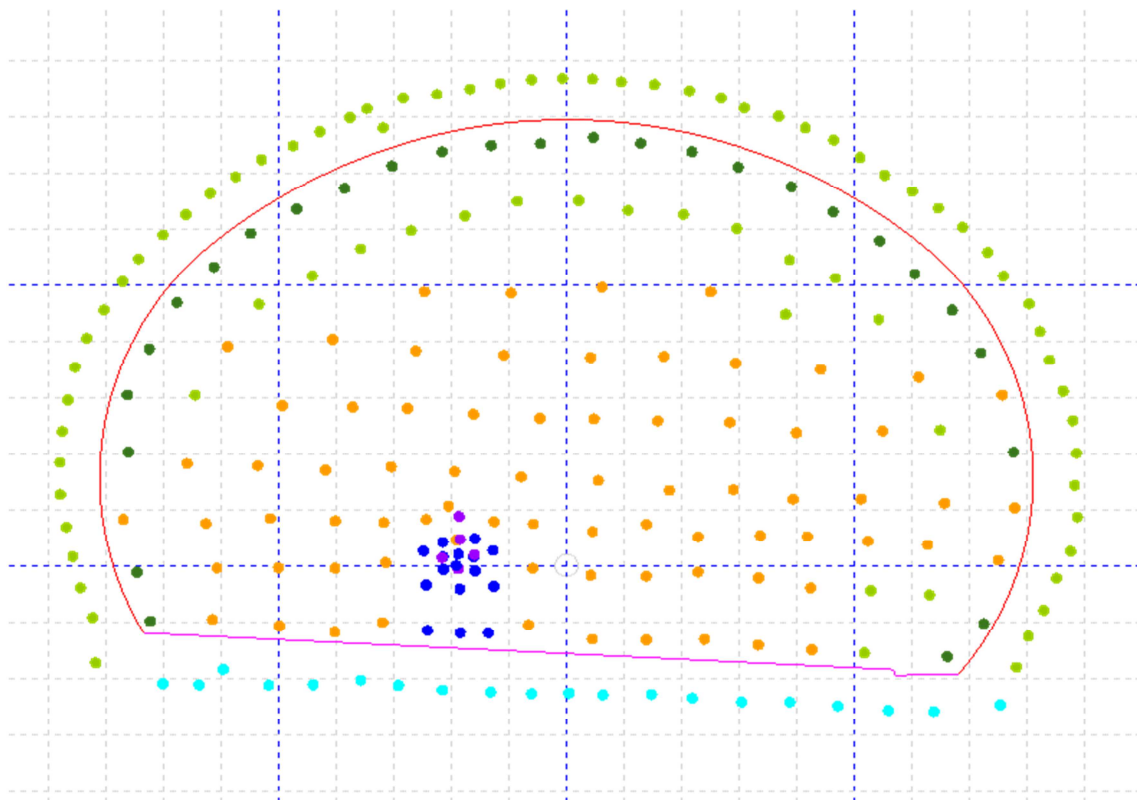


Pohled shora

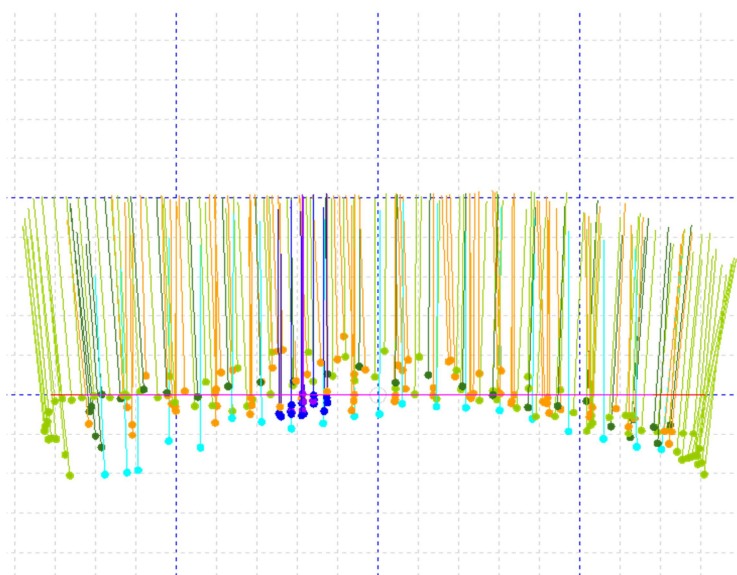


Pohled z boku

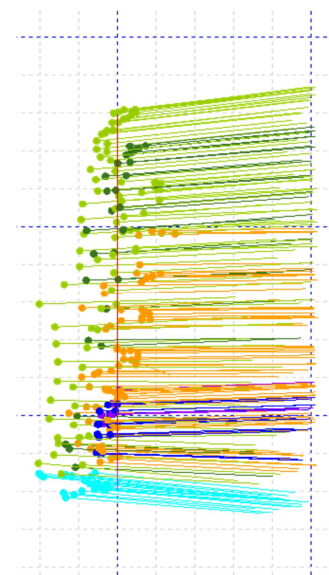
Geometrie vrtů – záběr č. 16



Čelní pohled – dna vrtů

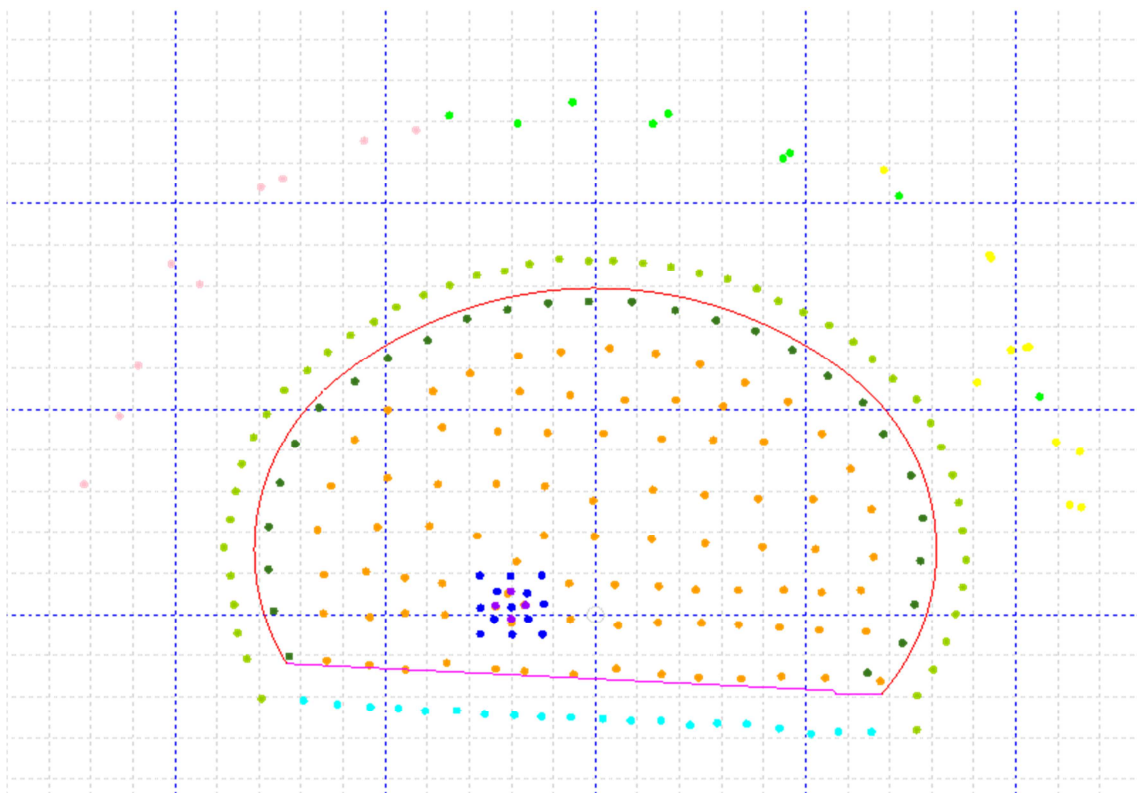


Pohled shora



Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 17



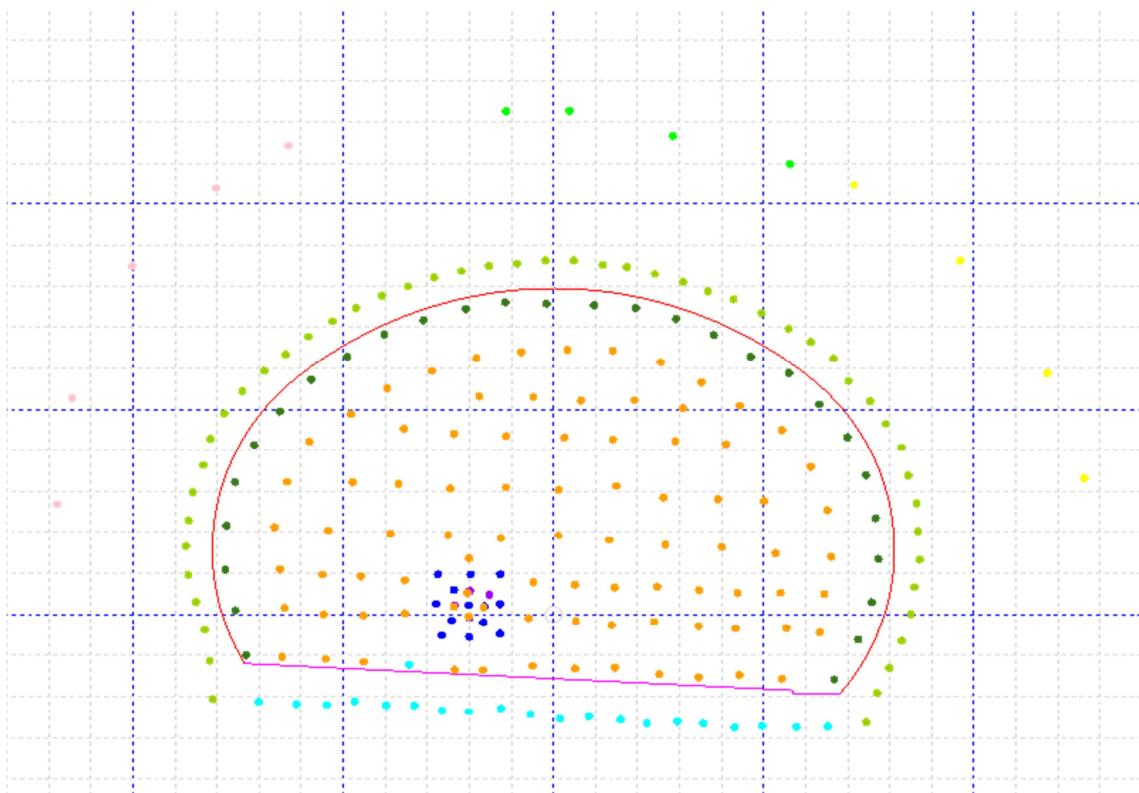
Čelní pohled – dna vrtů



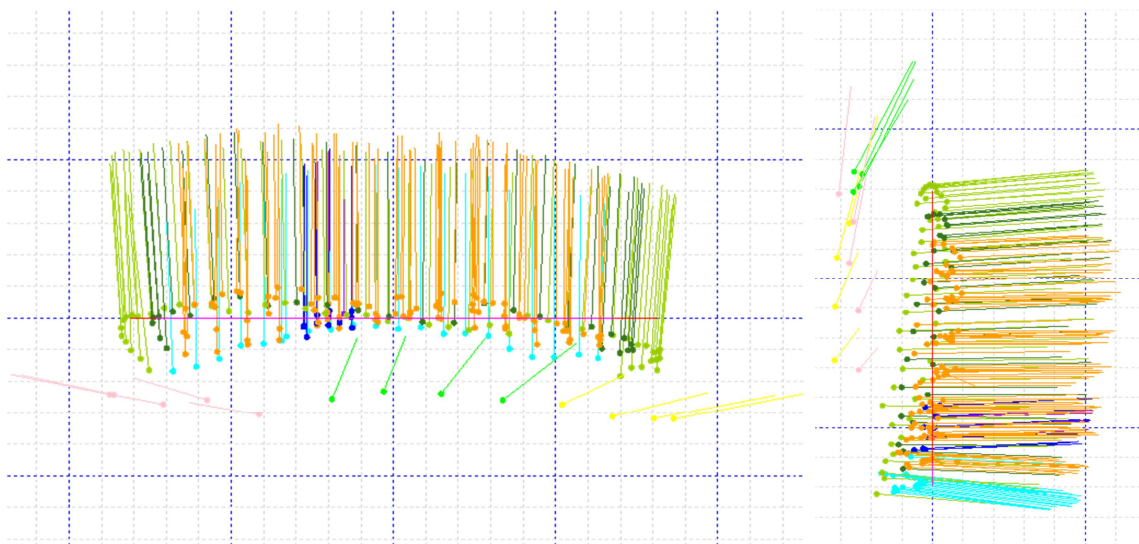
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 18



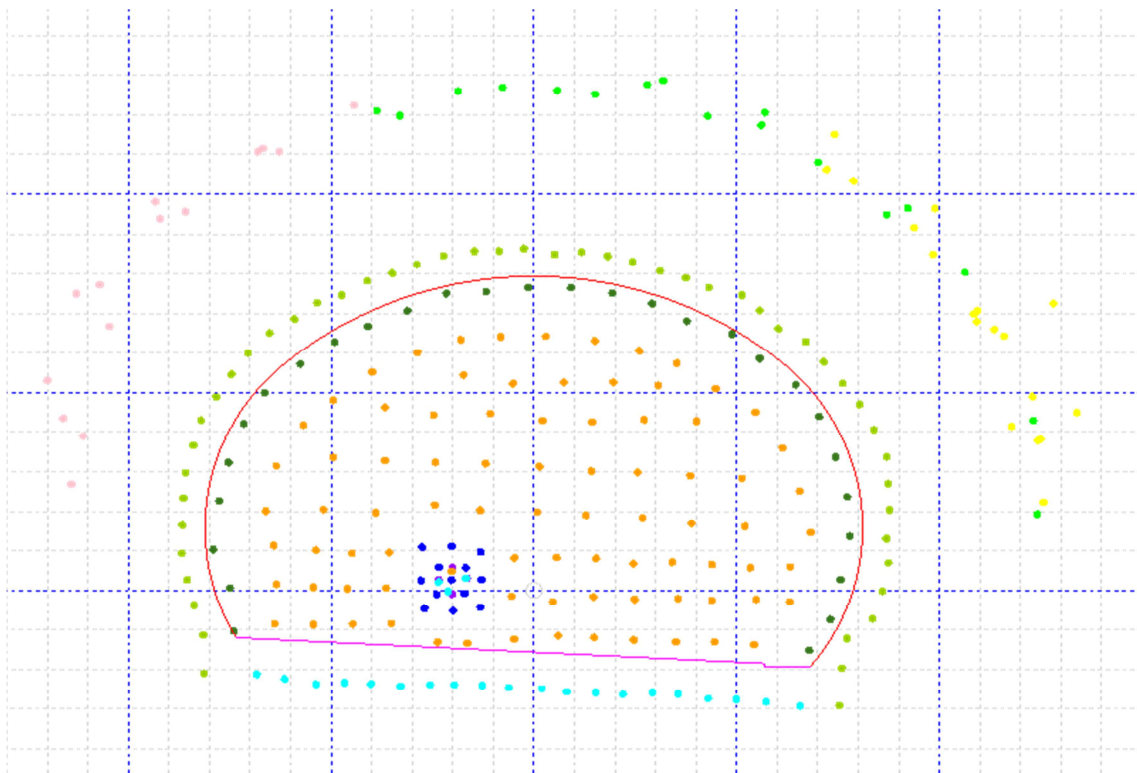
Čelní pohled – dna vrtů



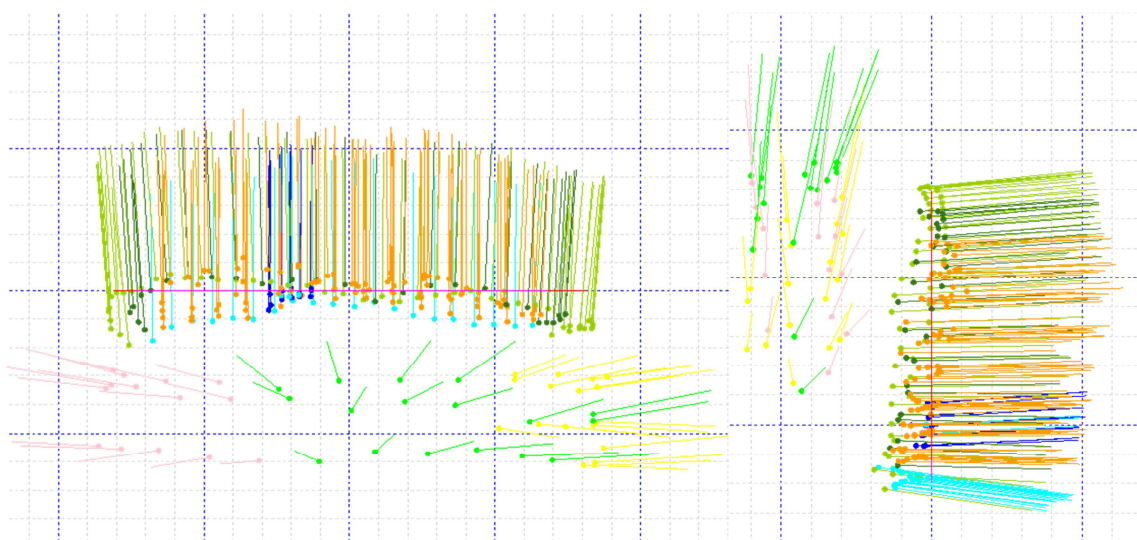
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 19



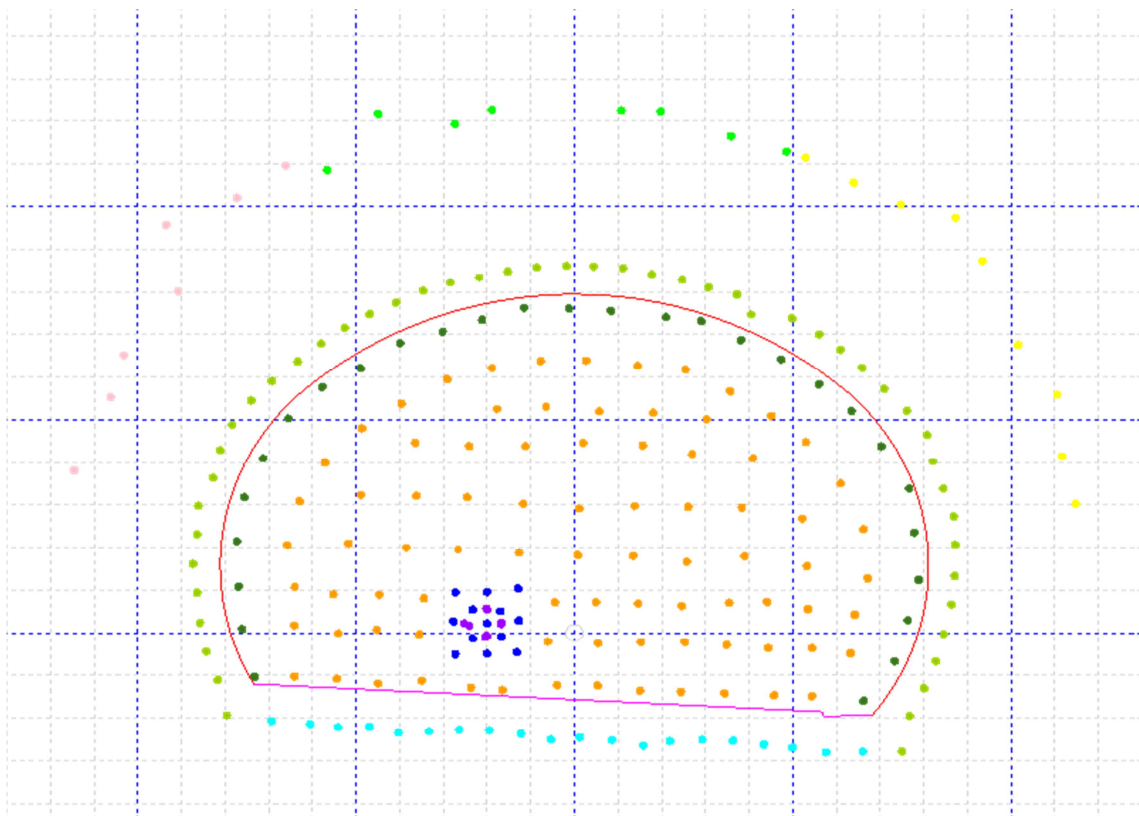
Čelní pohled – dna vrtů



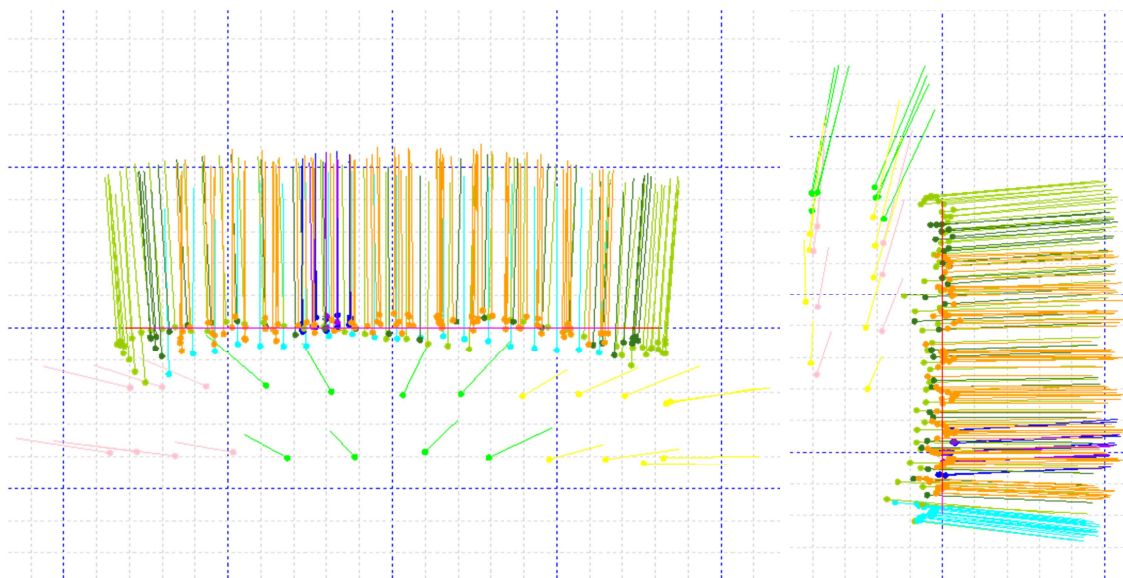
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 20



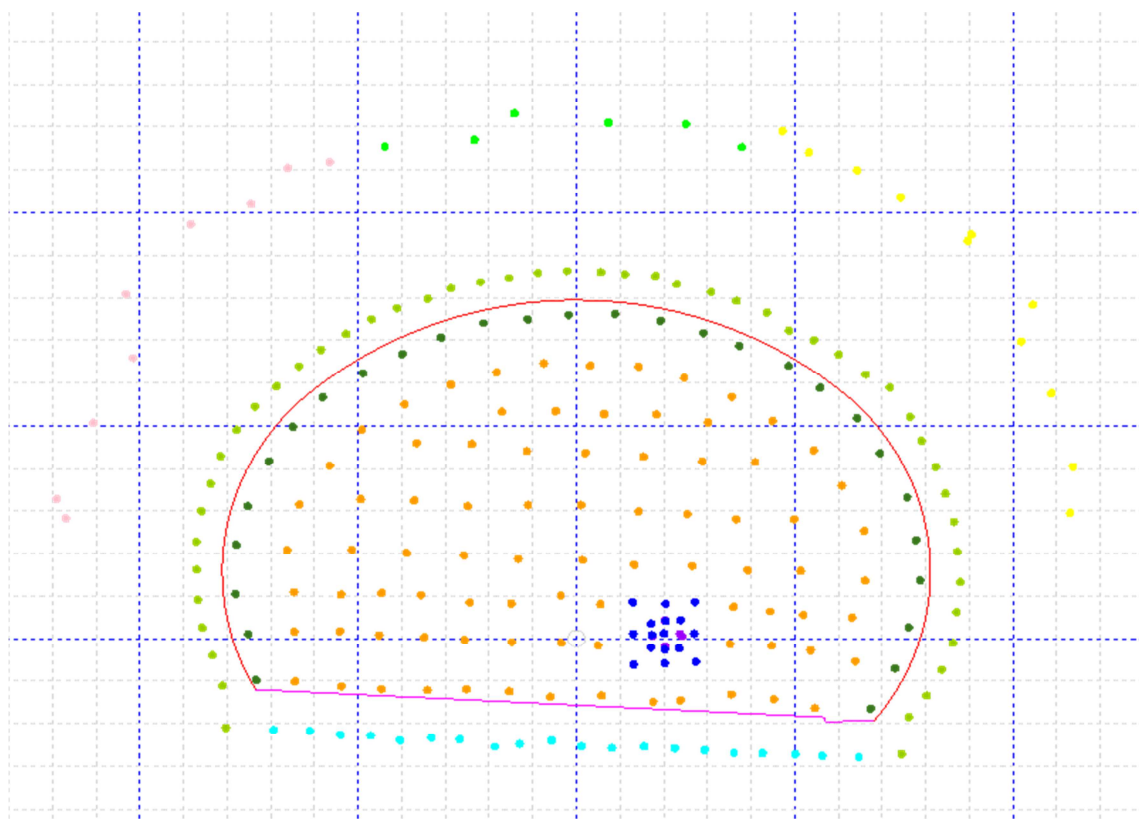
Čelní pohled – dna vrtů



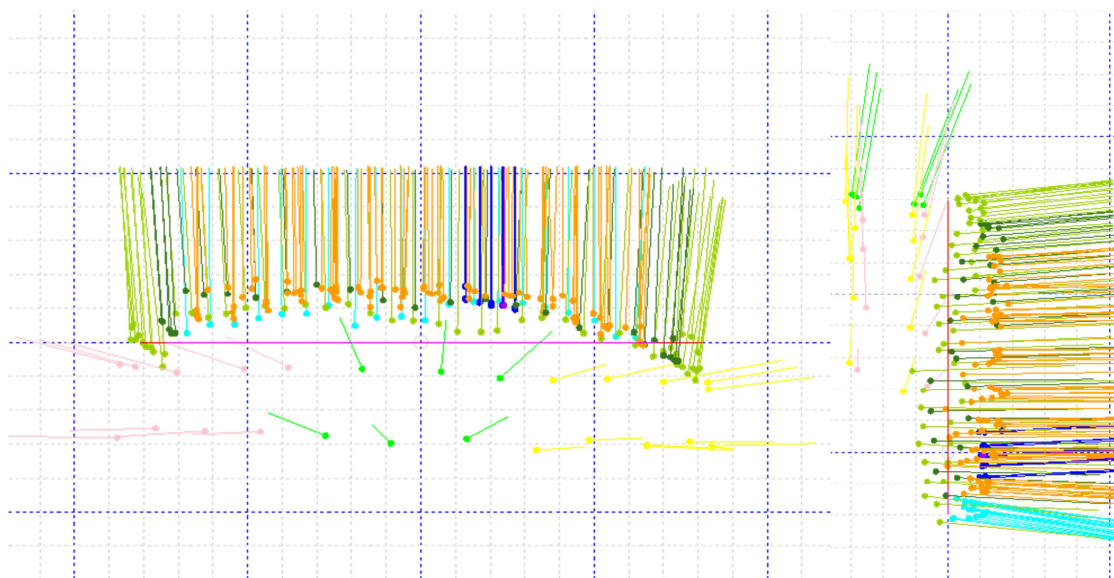
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 21



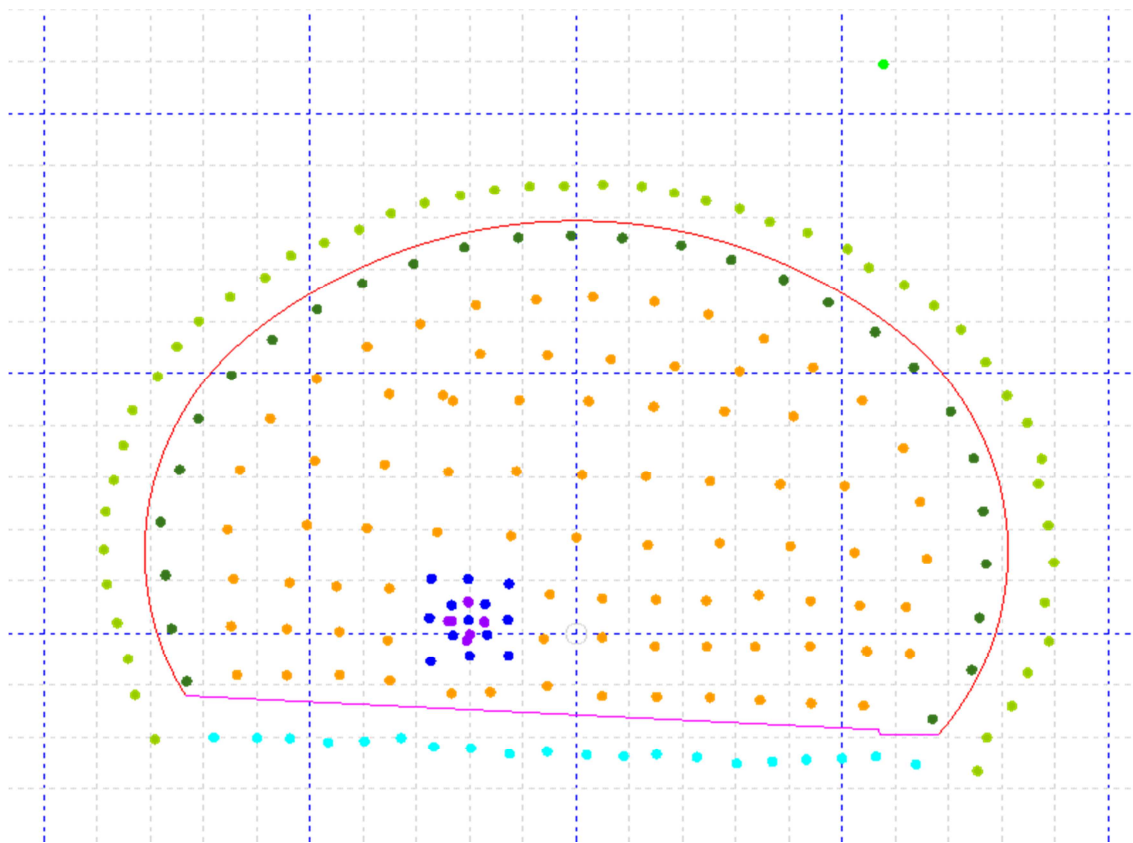
Čelní pohled – dna vrtů



Pohled shora

Pohled z boku

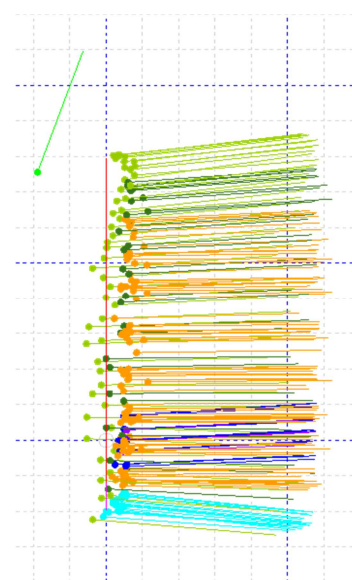
Geometrie vrtů – záběr č. 22



Čelní pohled – dna vrtů

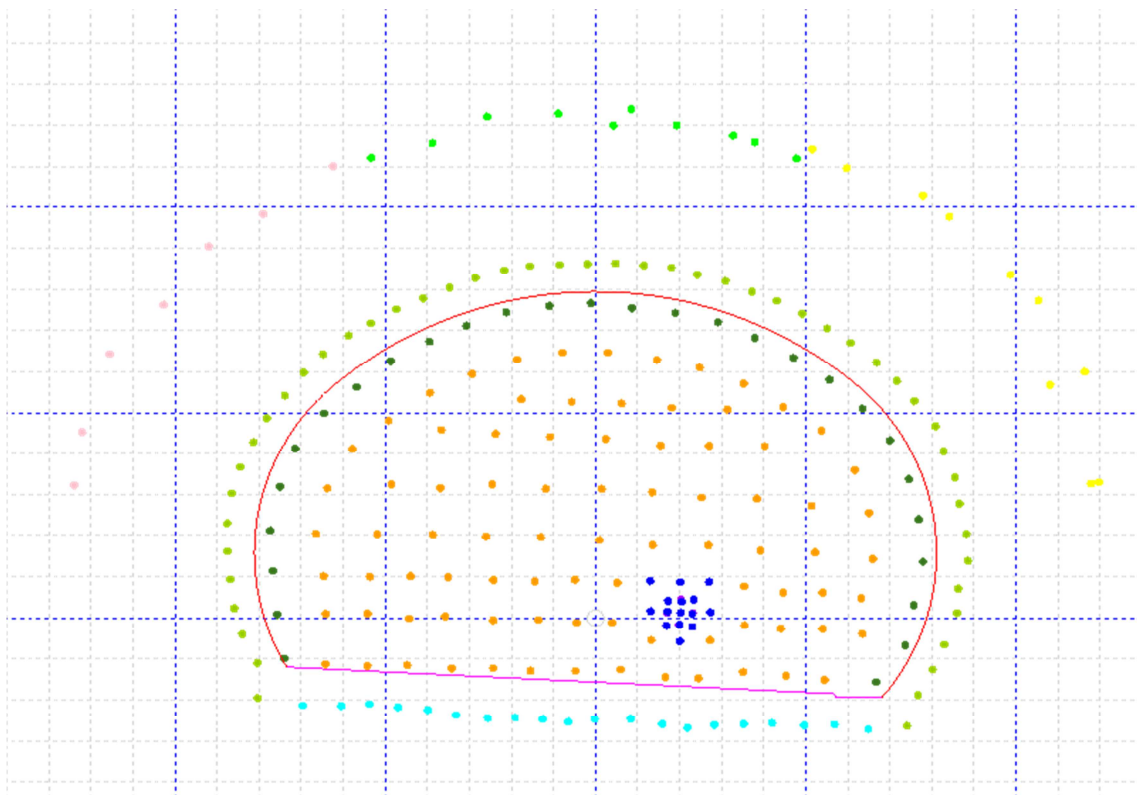


Pohled shora

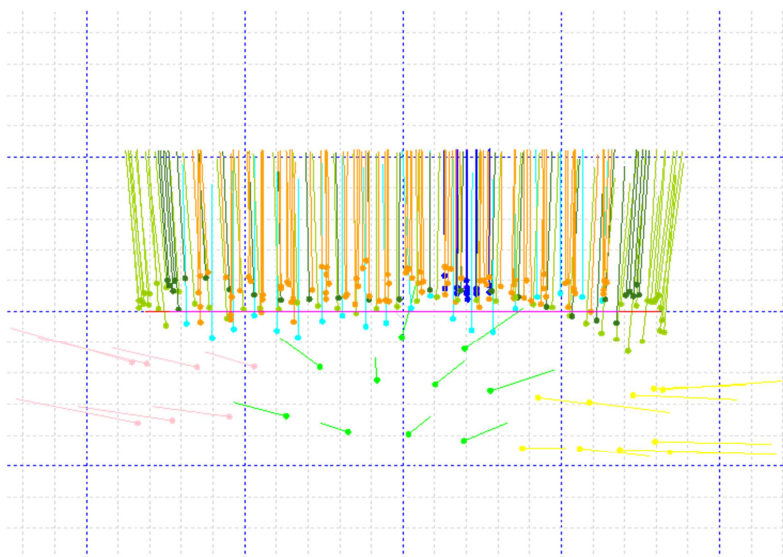


Pohled z boku

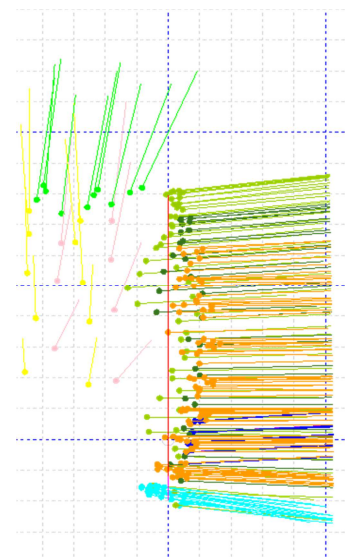
Geometrie vrtů – záběr č. 23



Čelní pohled – dna vrtů

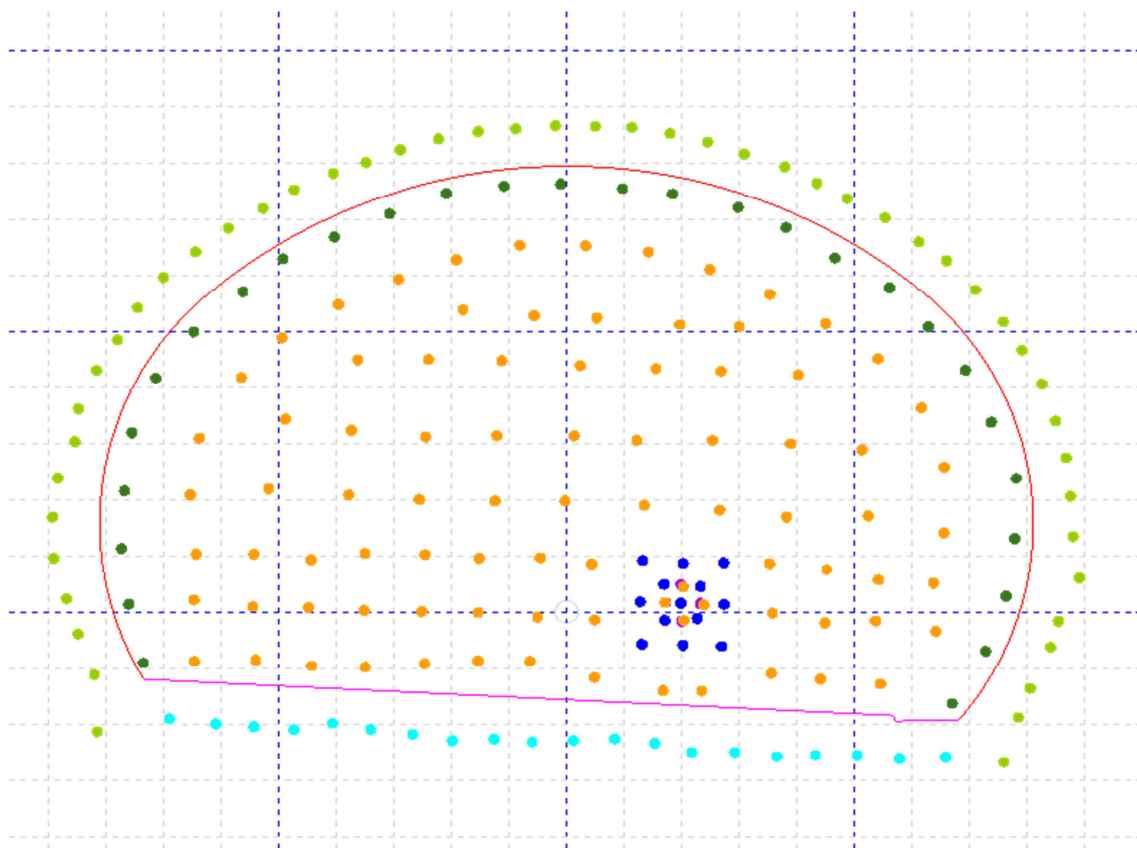


Pohled shora



Pohled z boku

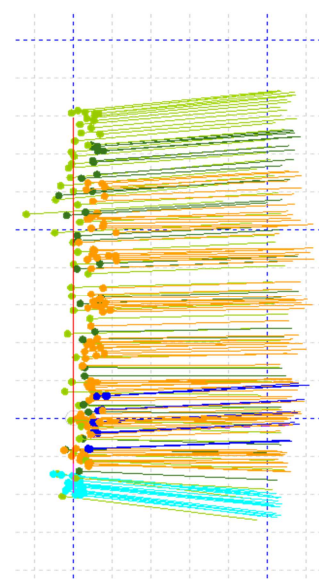
Geometrie vrtů – záběr č. 24



Čelní pohled – dna vrtů

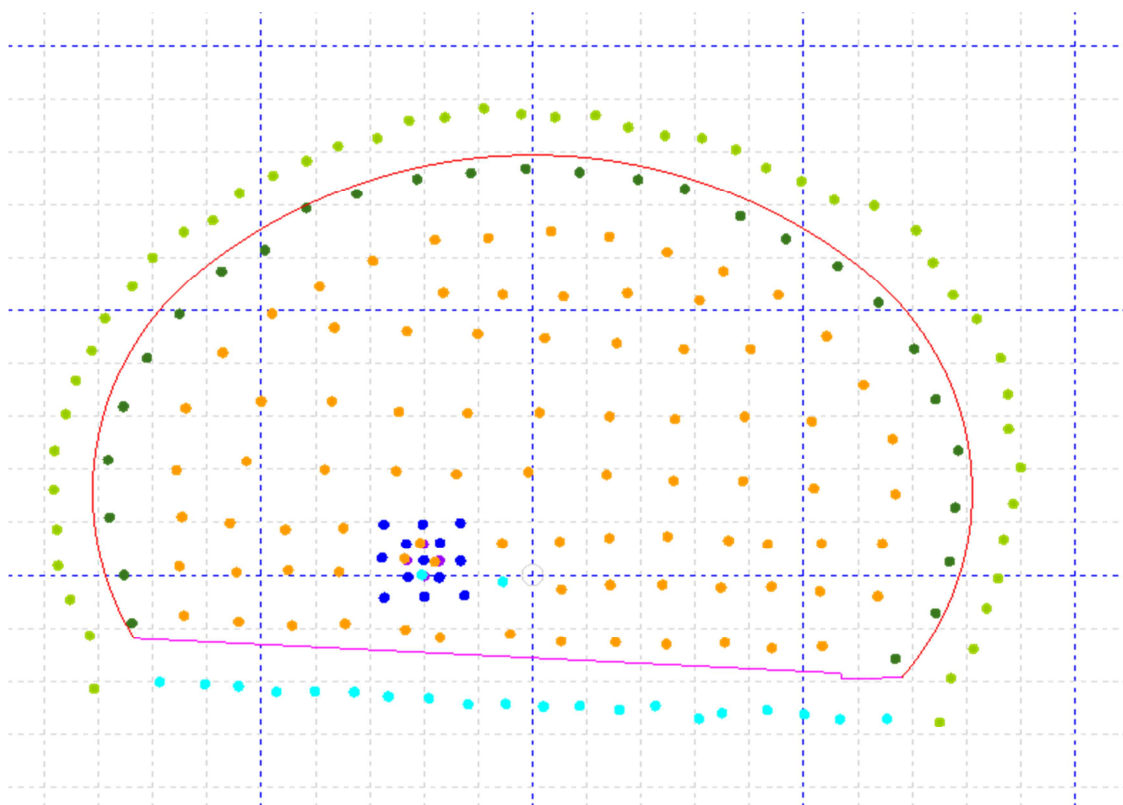


Pohled shora

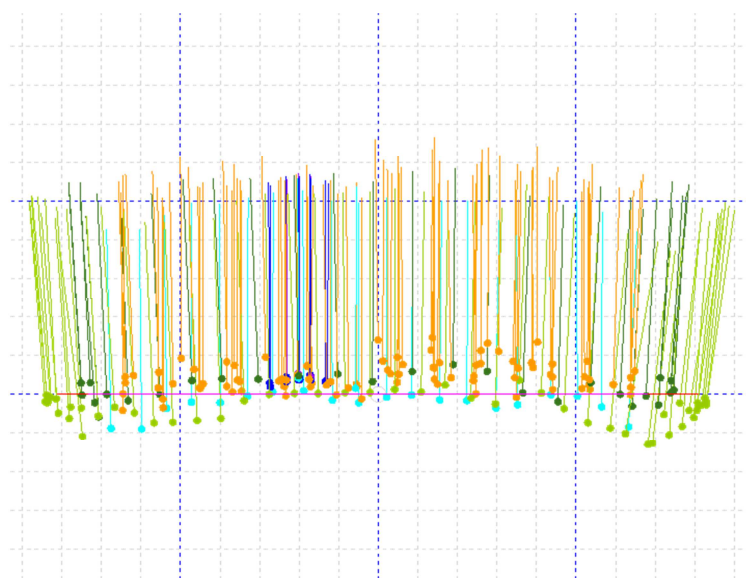


Pohled z boku

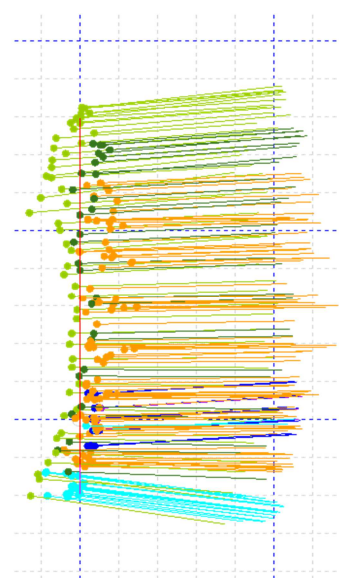
Geometrie vrtů – záběr č. 25



Čelní pohled – dna vrtů

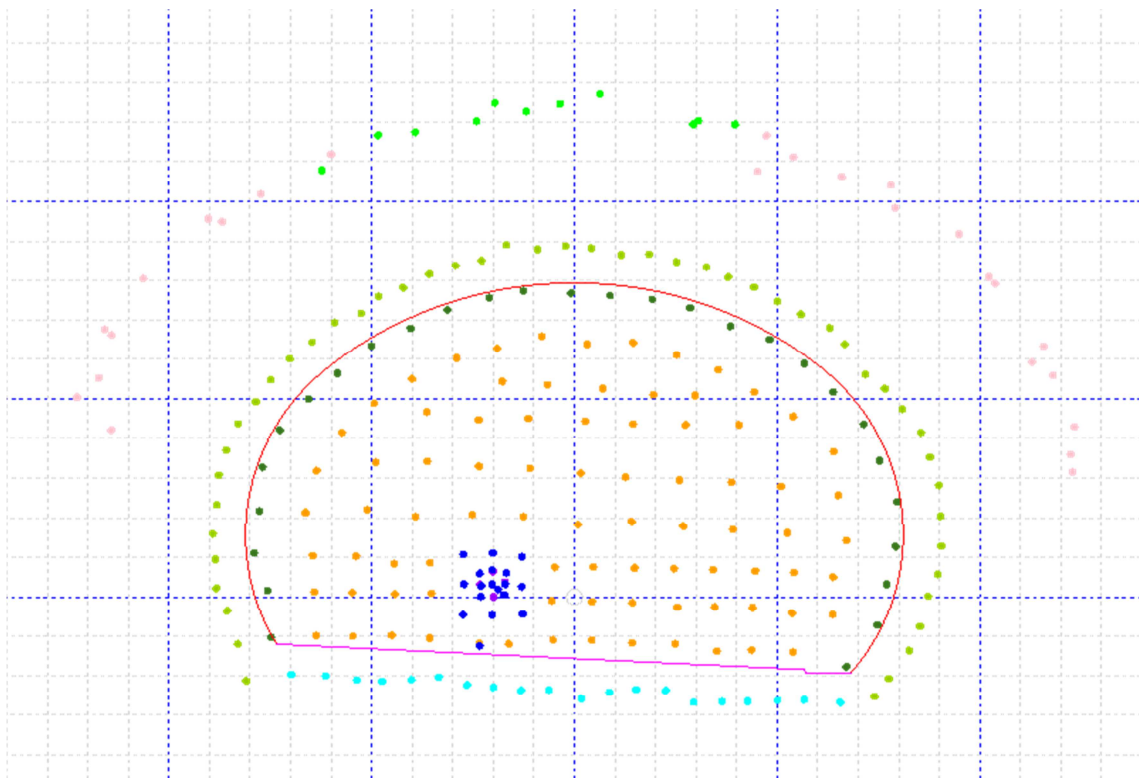


Pohled shora

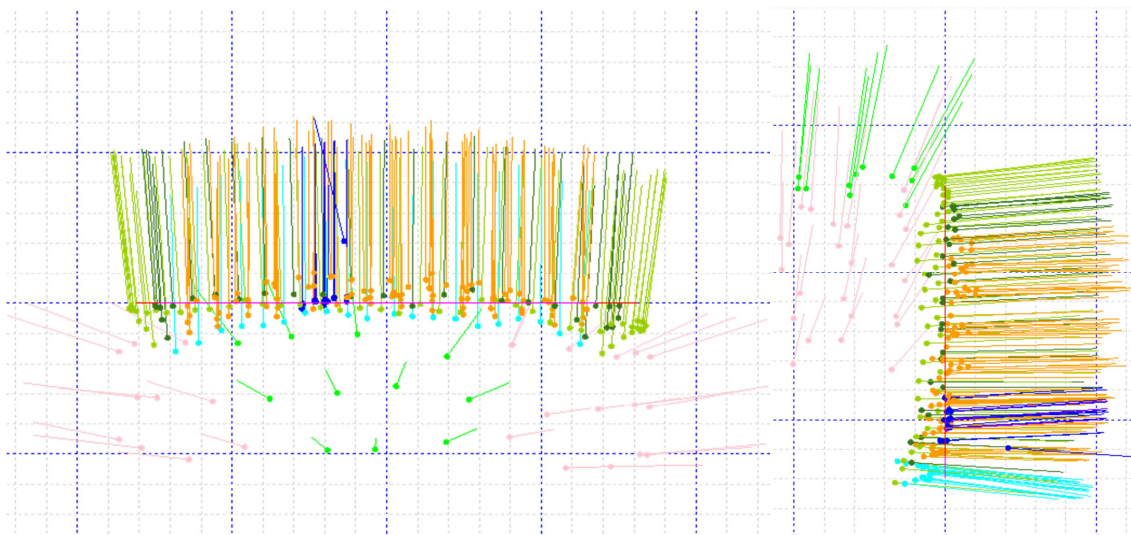


Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 26



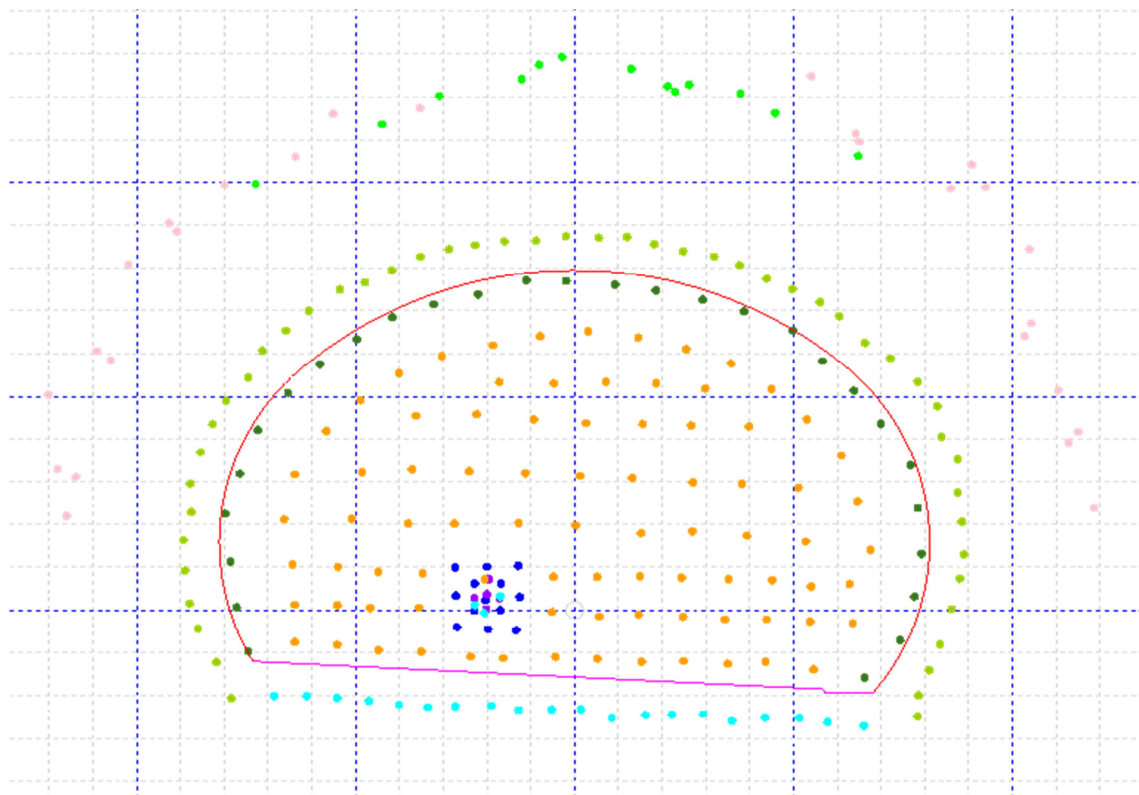
Čelní pohled – dna vrtů



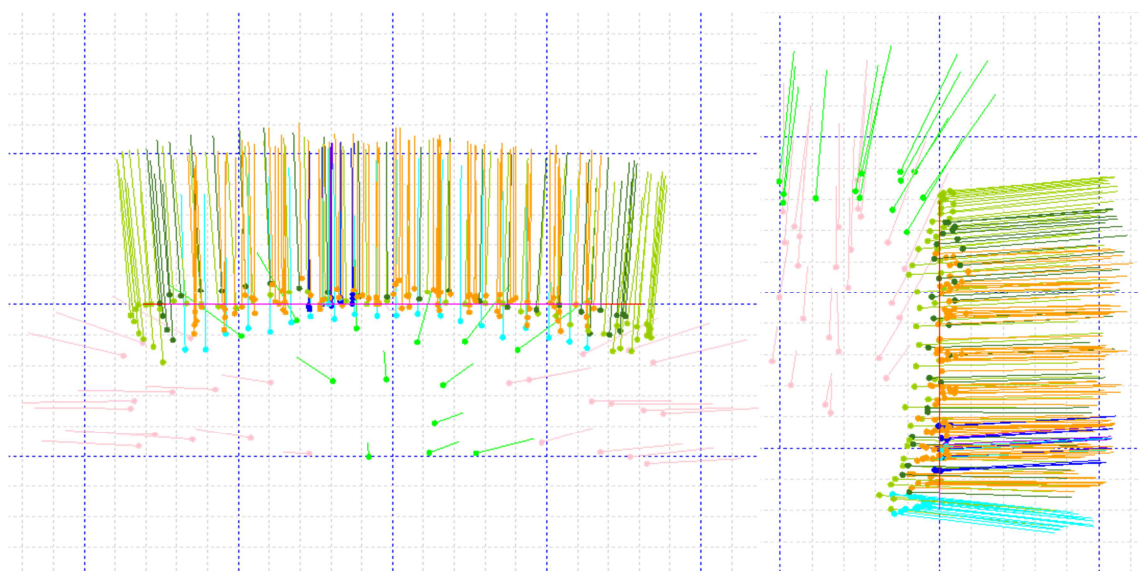
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 27



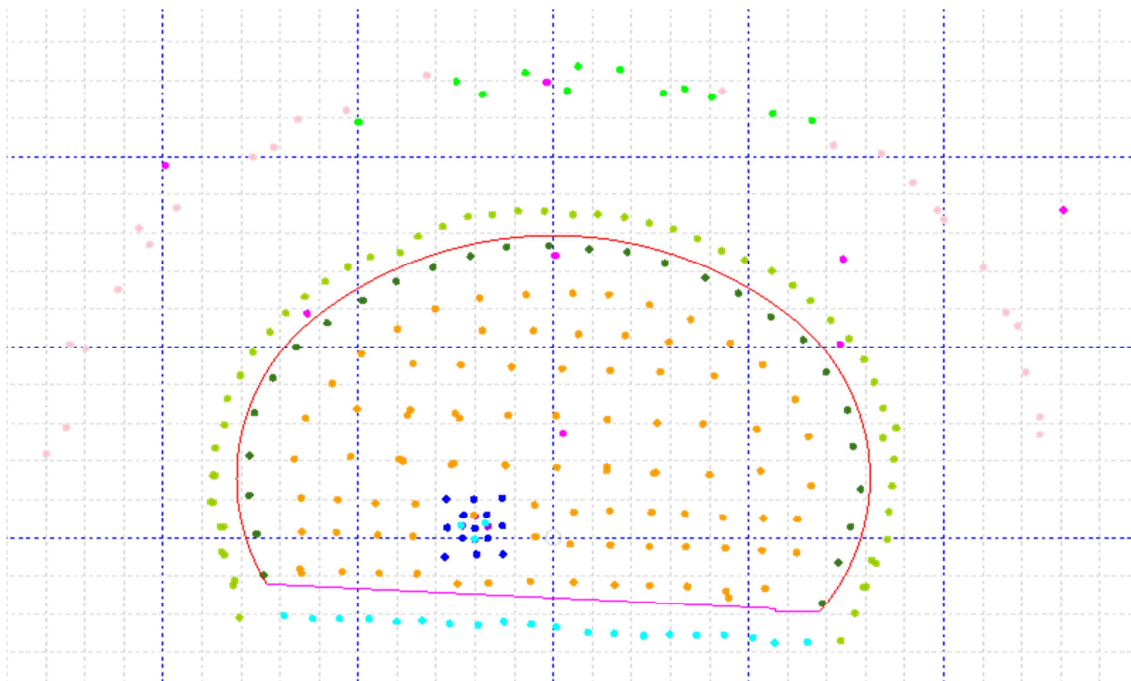
Čelní pohled – dna vrtů



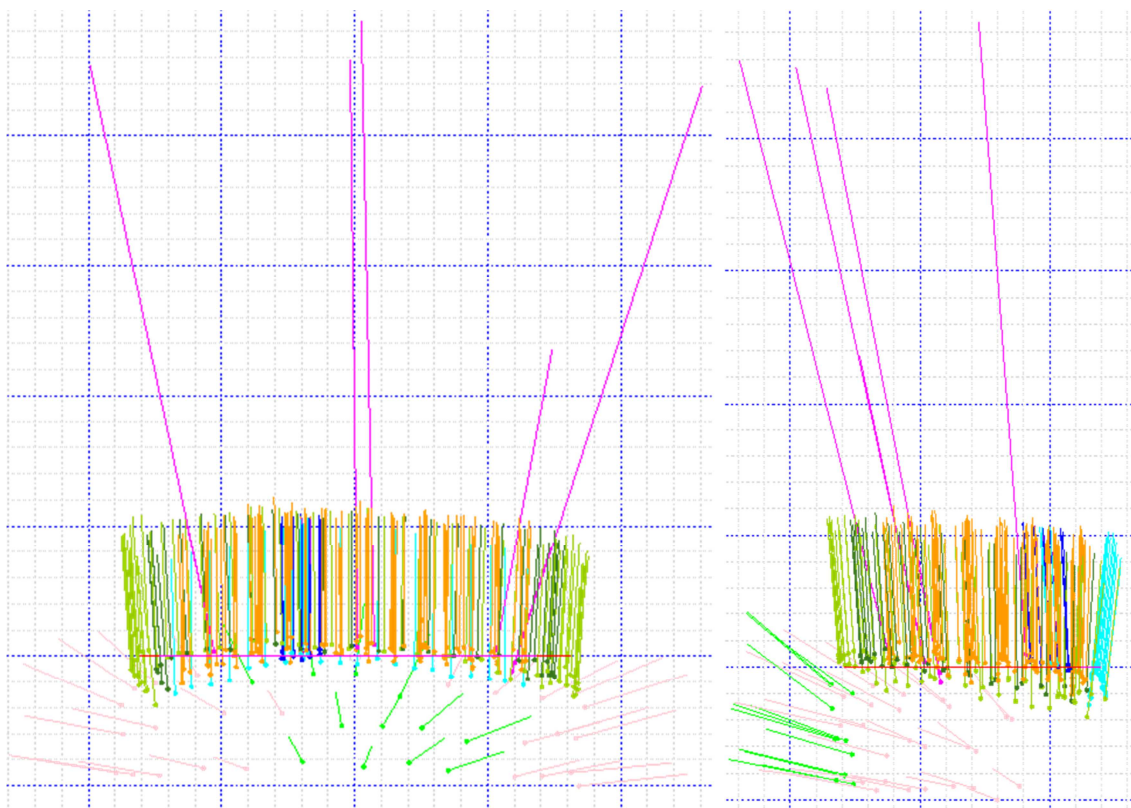
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 28



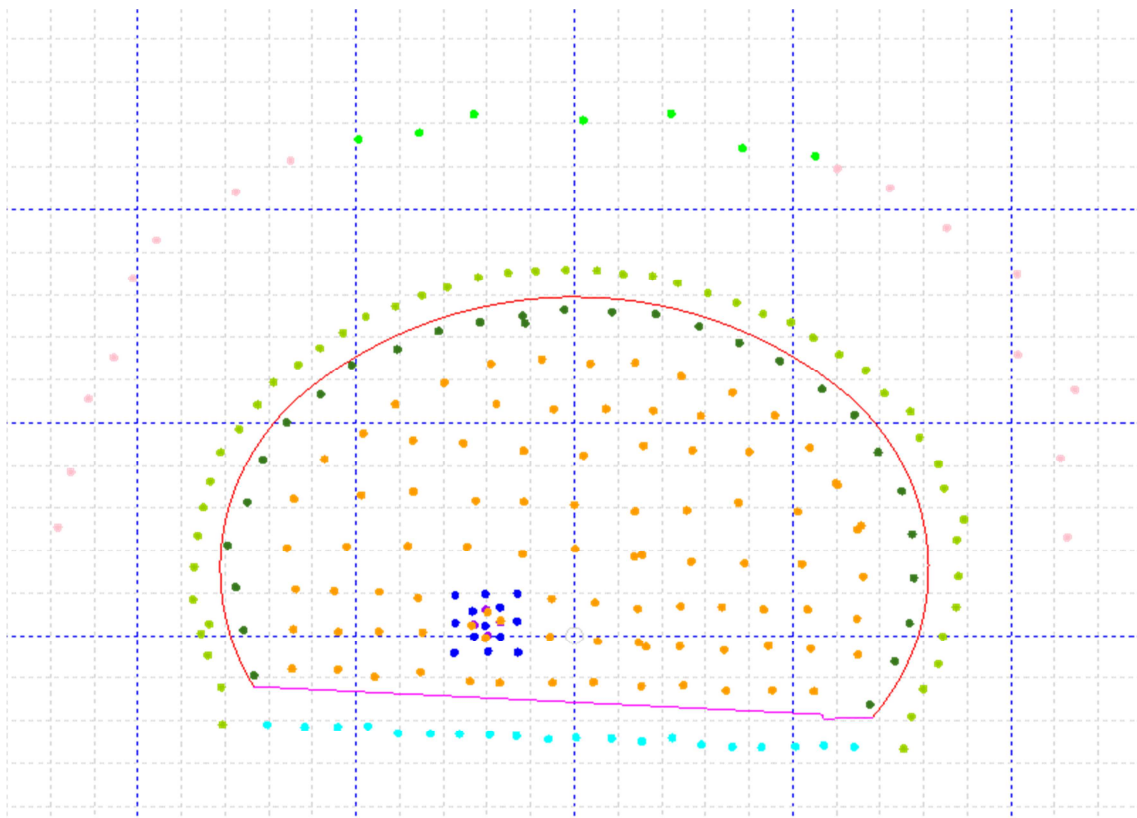
Čelní pohled – dna vrtů



Pohled shora

Pohled z boku

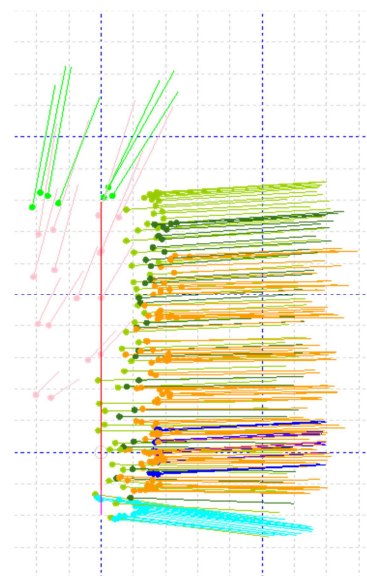
Geometrie vrtů – záběr č. 29



Čelní pohled – dna vrtů

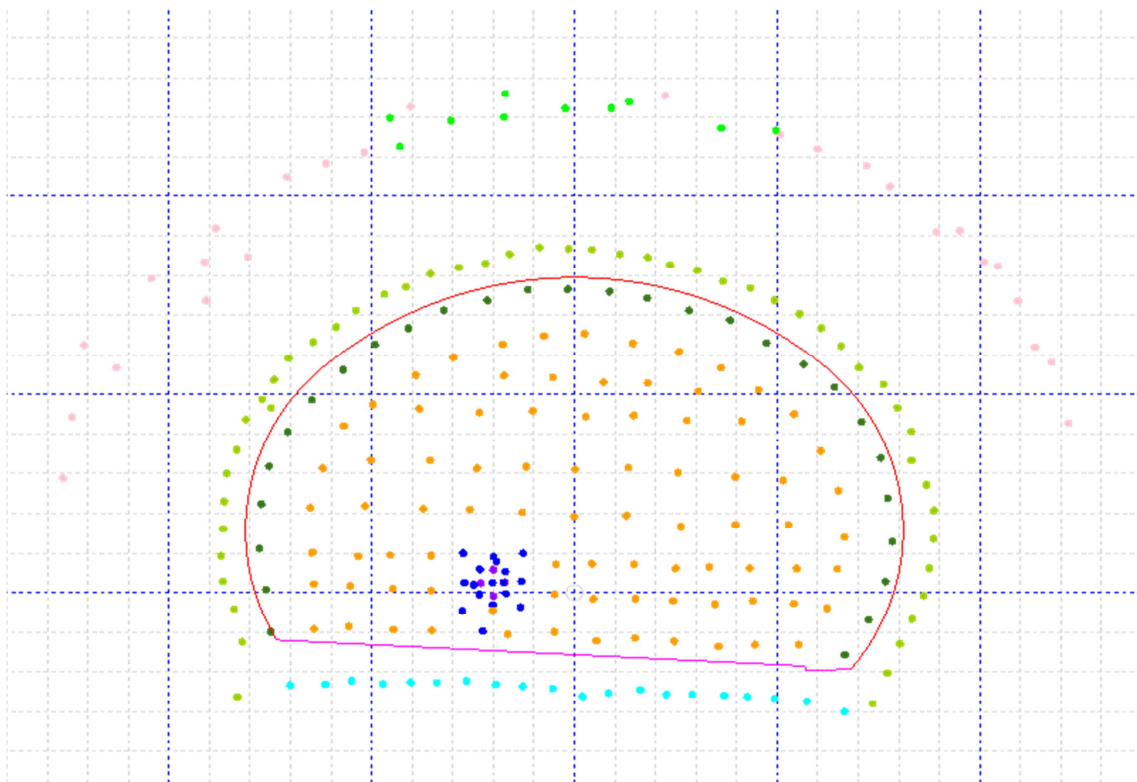


Pohled shora

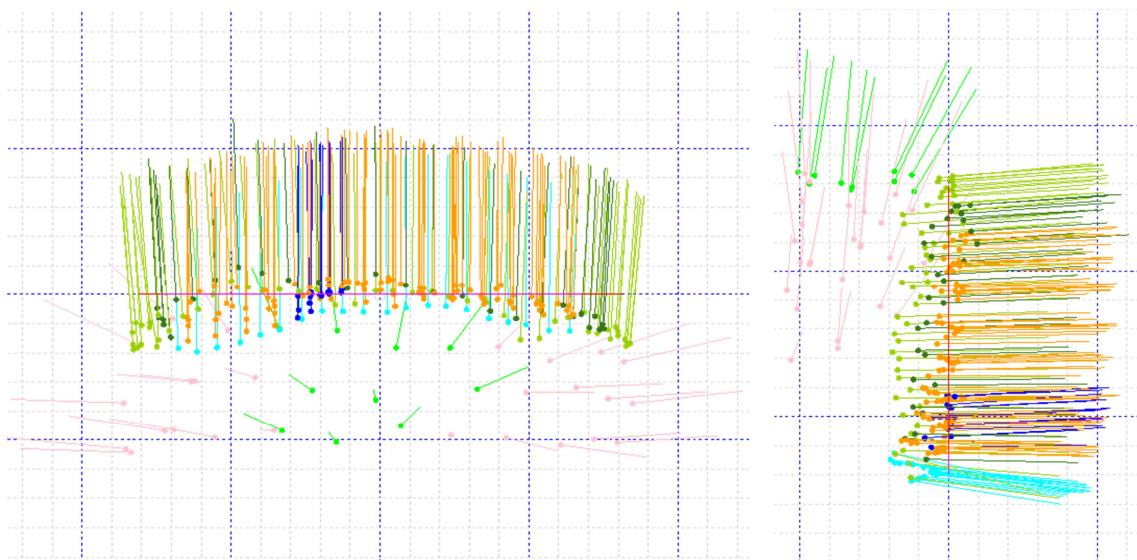


Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 30



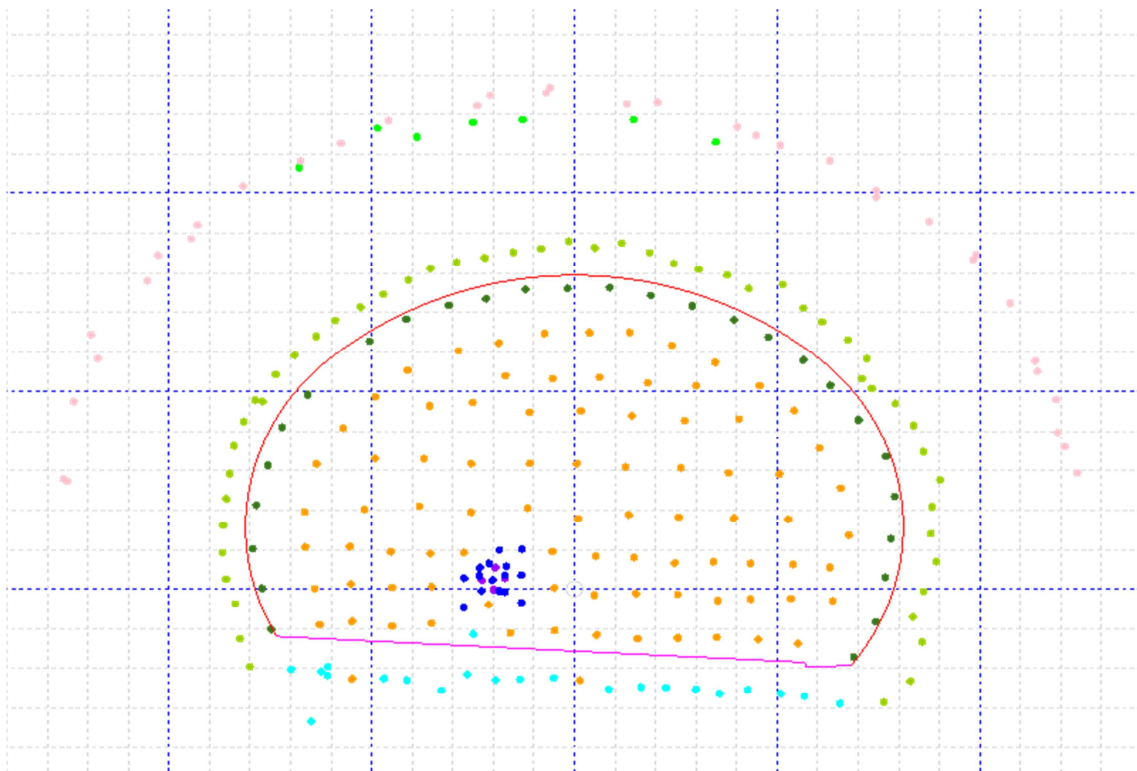
Čelní pohled – dna vrtů



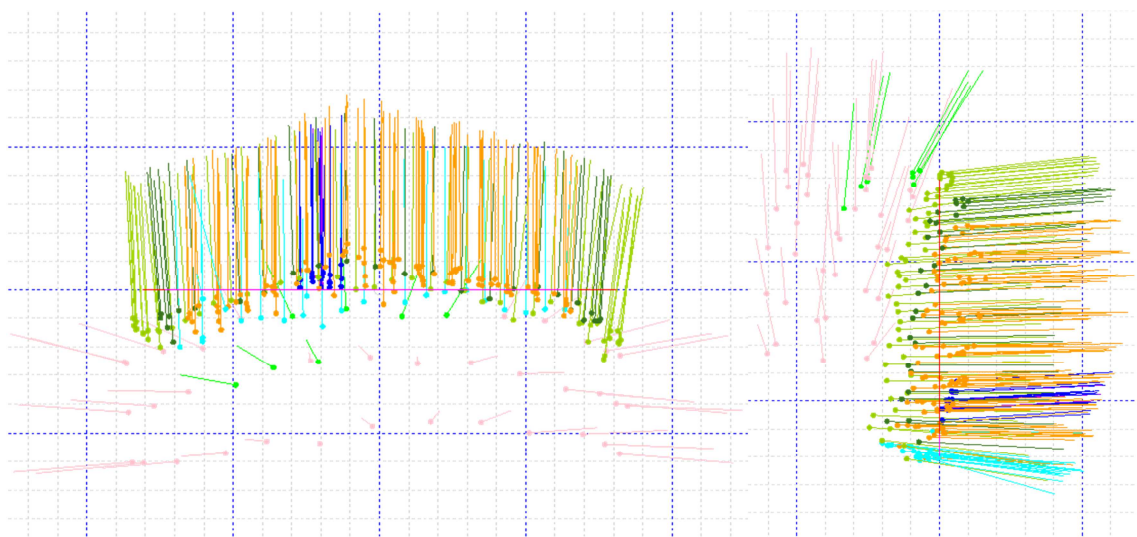
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 31



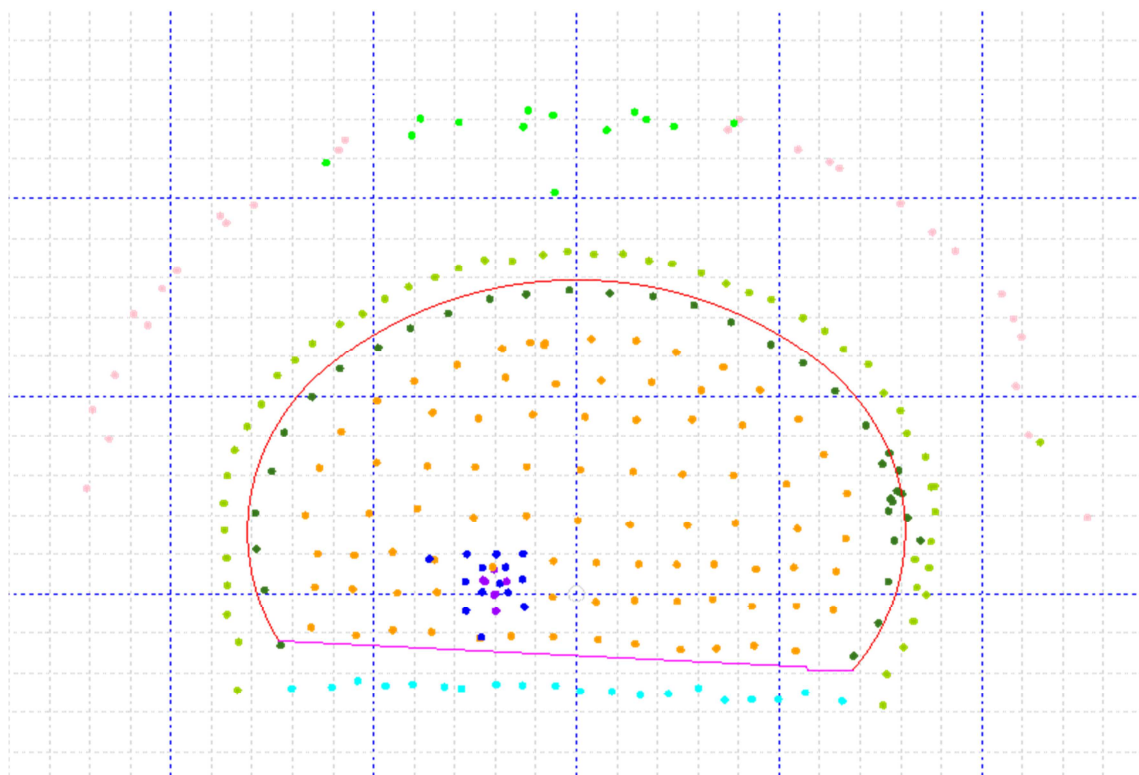
Čelní pohled – dna vrtů



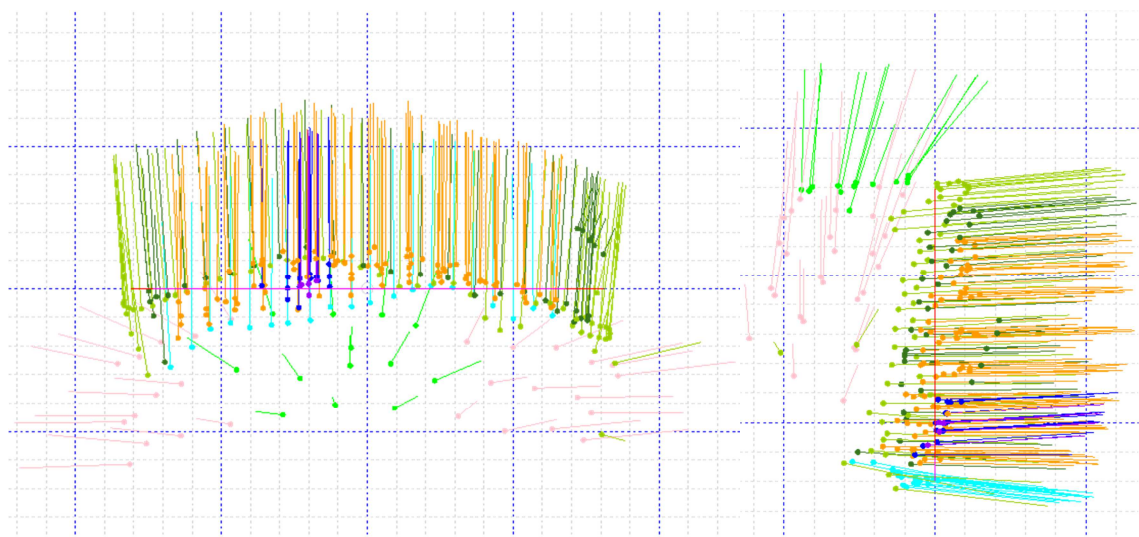
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 32



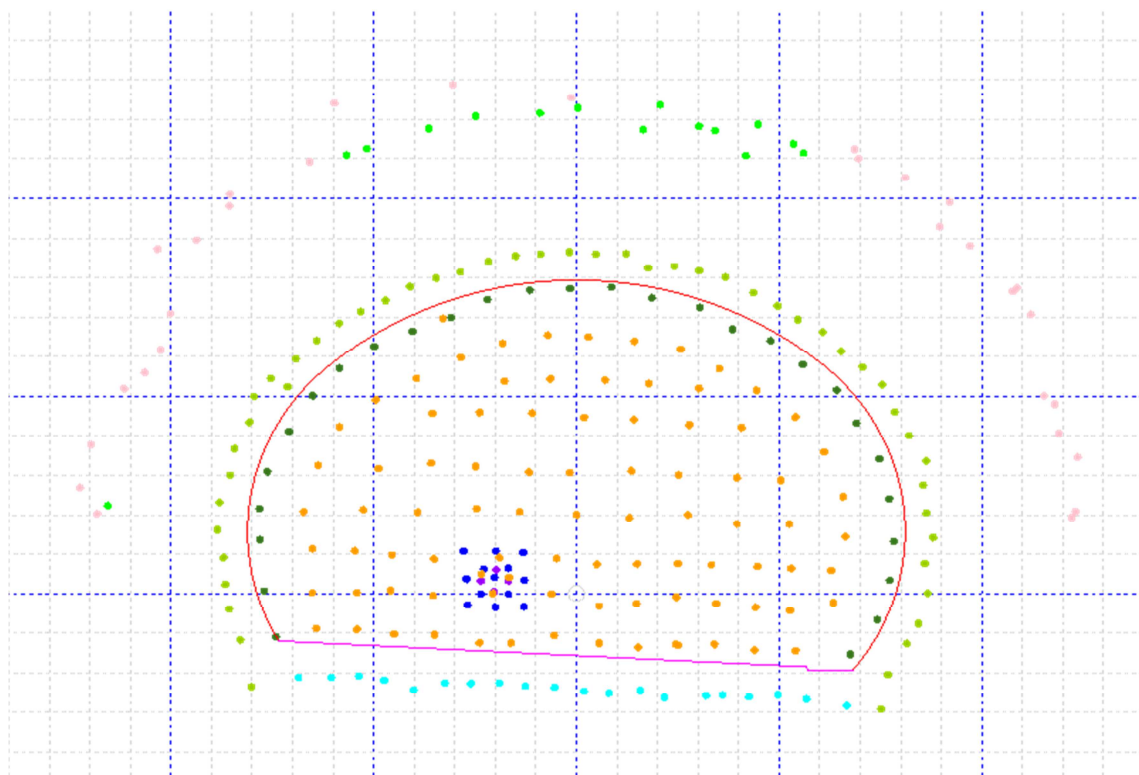
Čelní pohled – dna vrtů



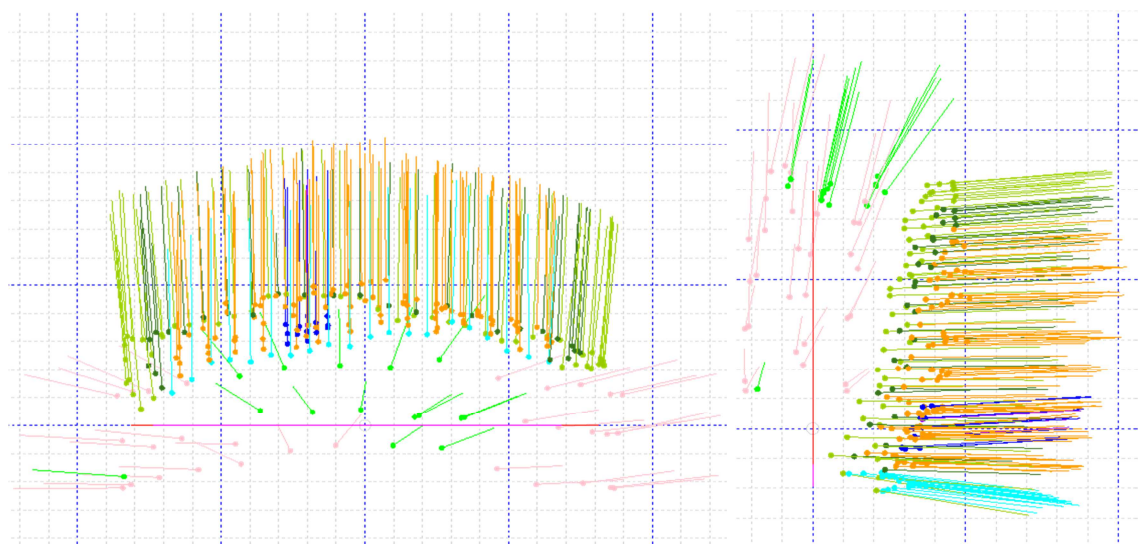
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 33



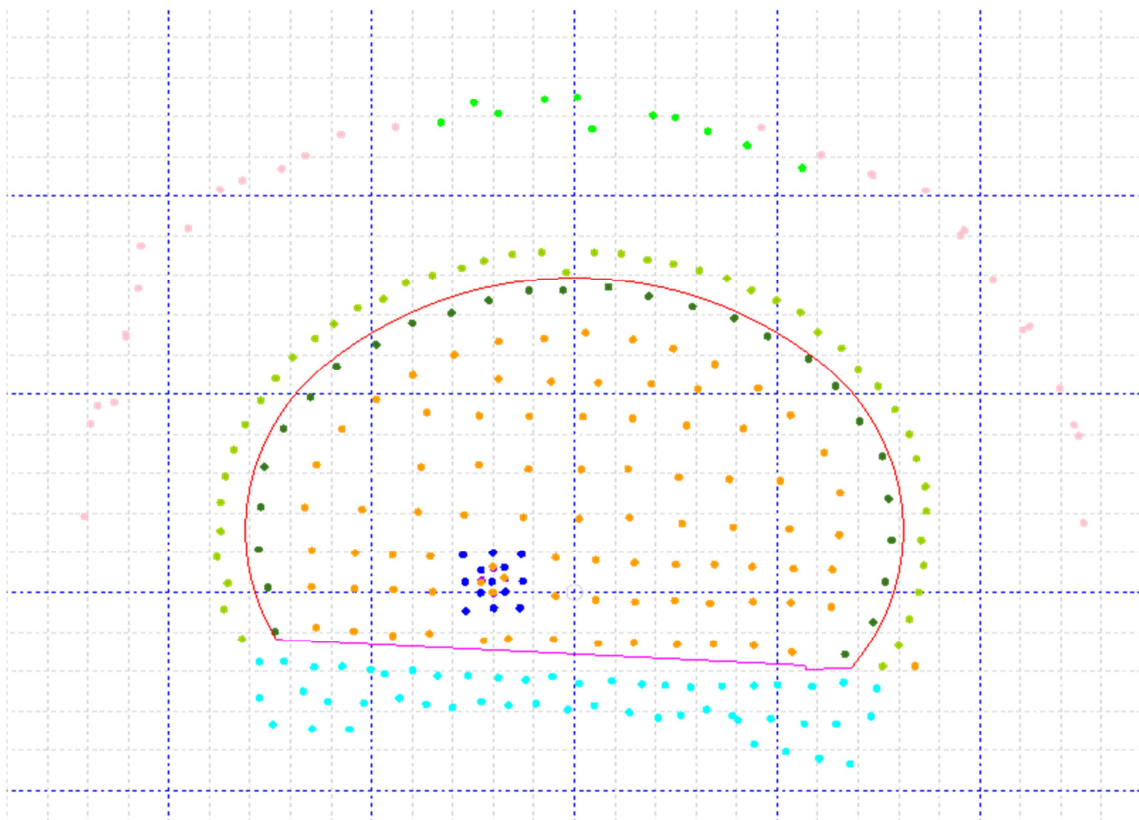
Čelní pohled – dna vrtů



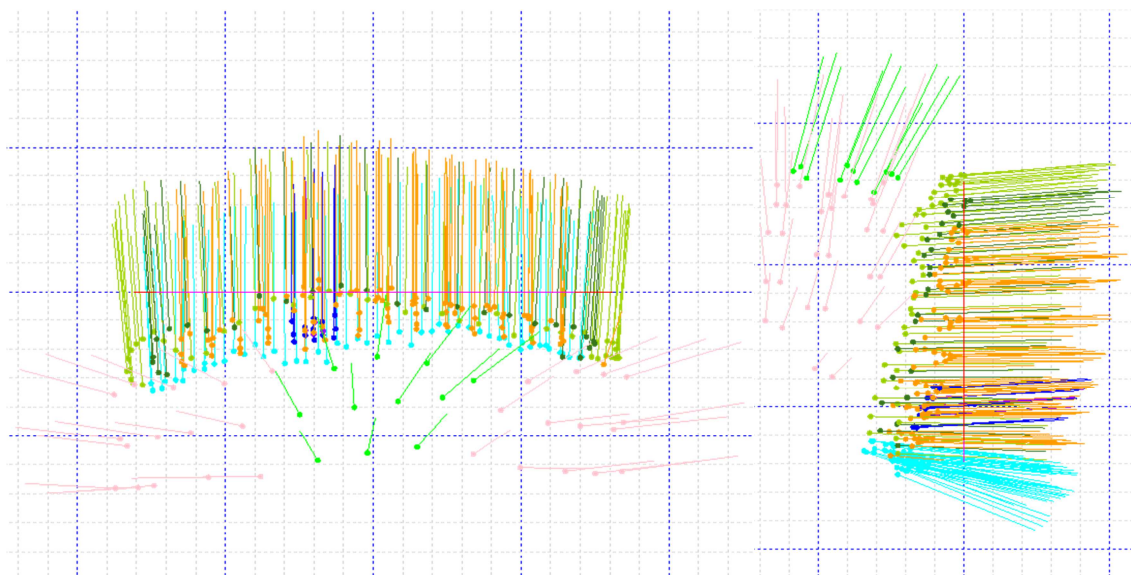
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 34



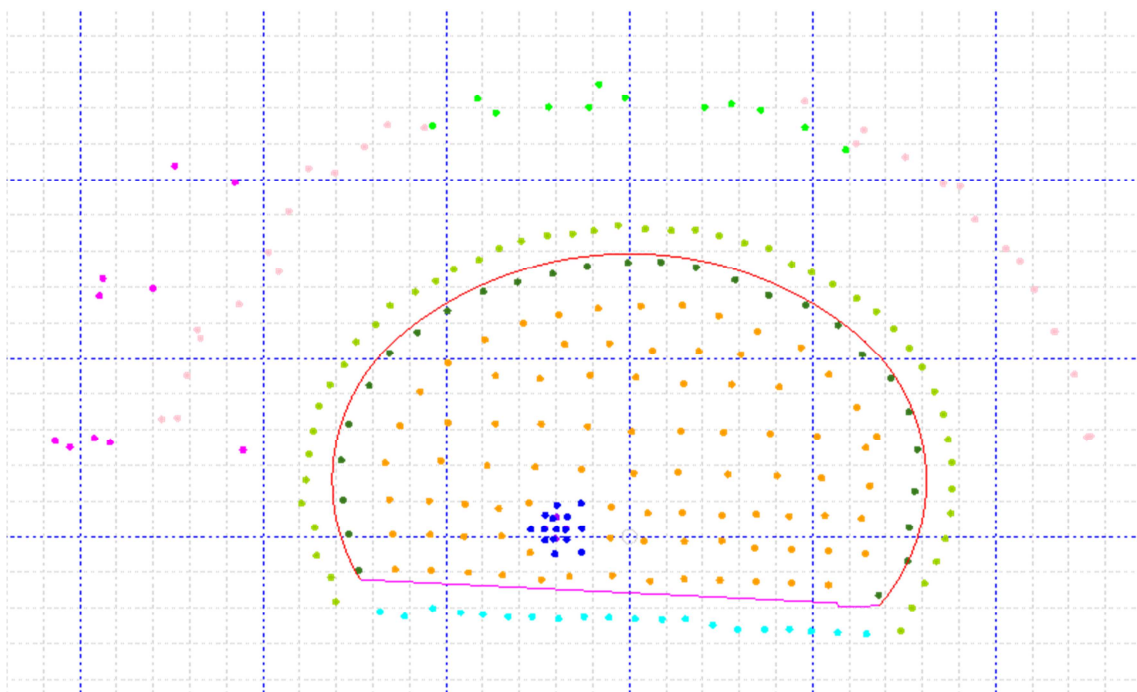
Čelní pohled – dna vrtů



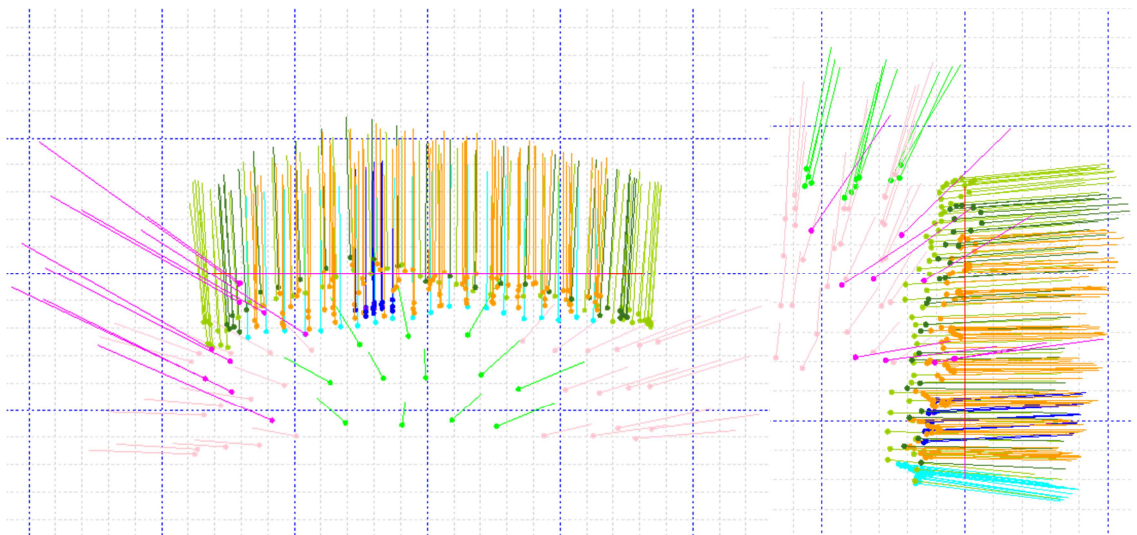
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 35



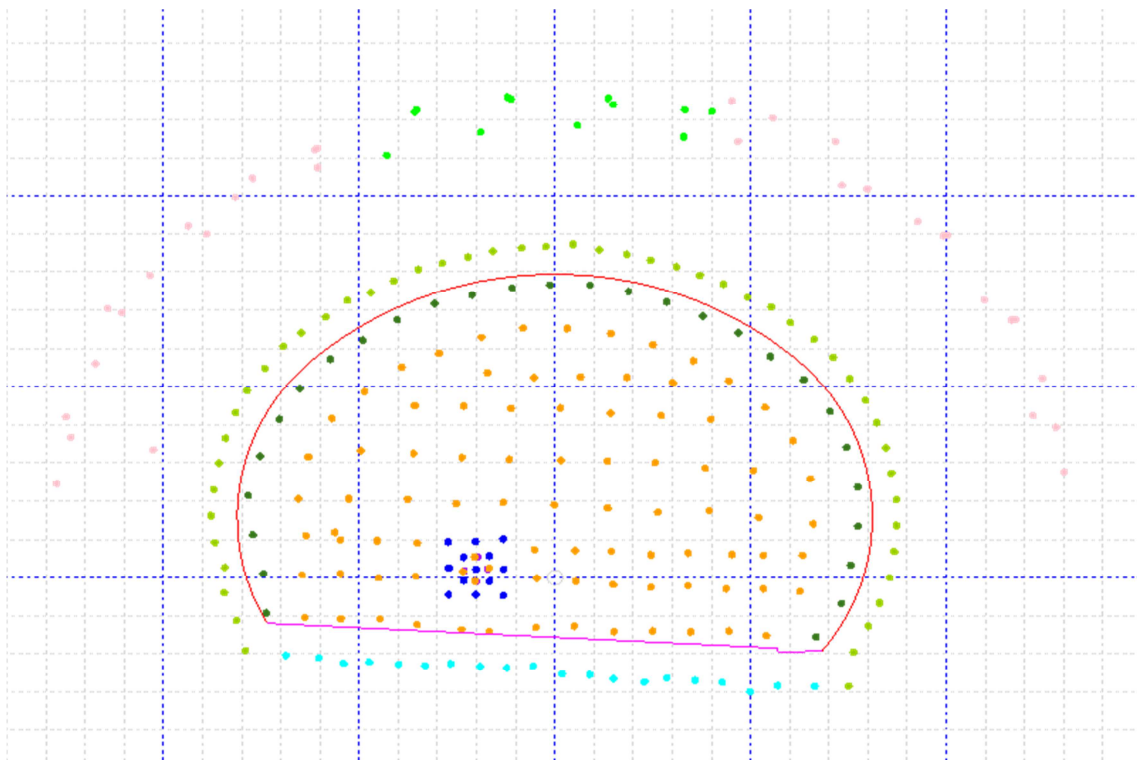
Čelní pohled – dna vrtů



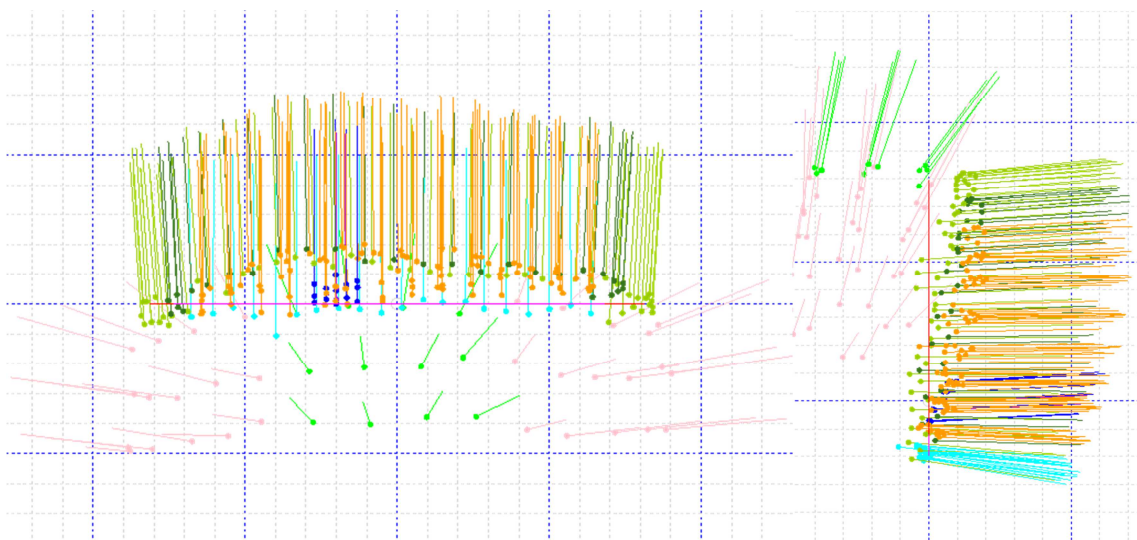
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 36



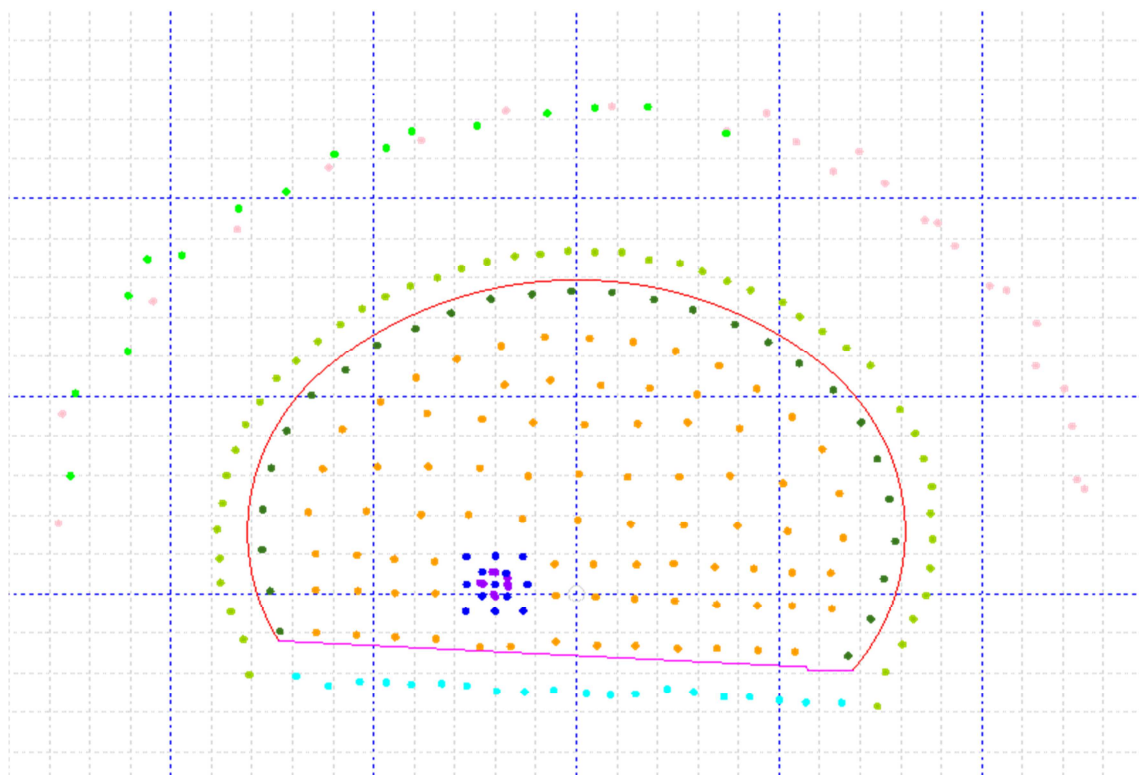
Čelní pohled – dna vrtů



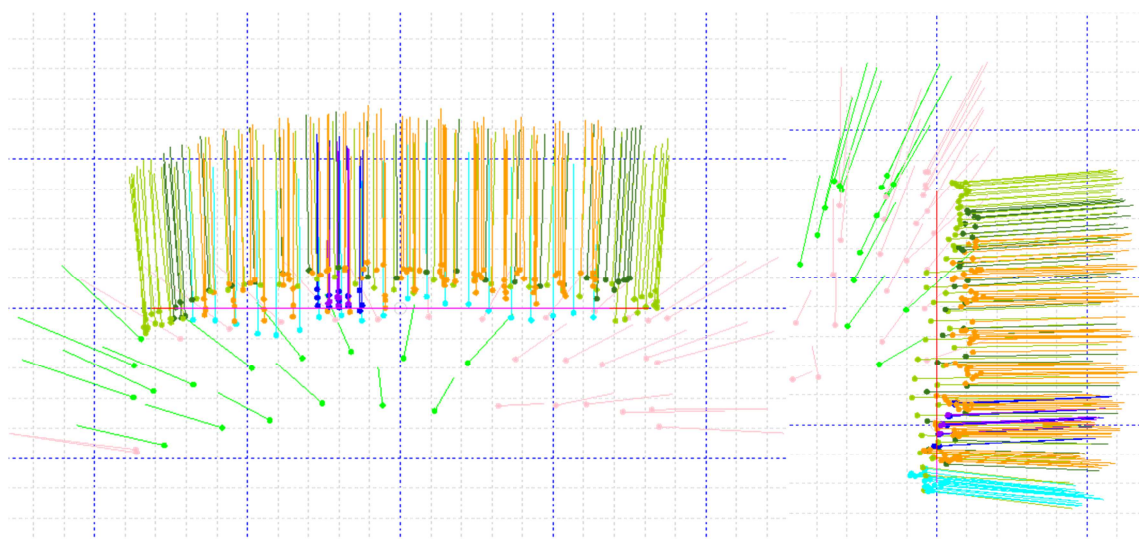
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 37



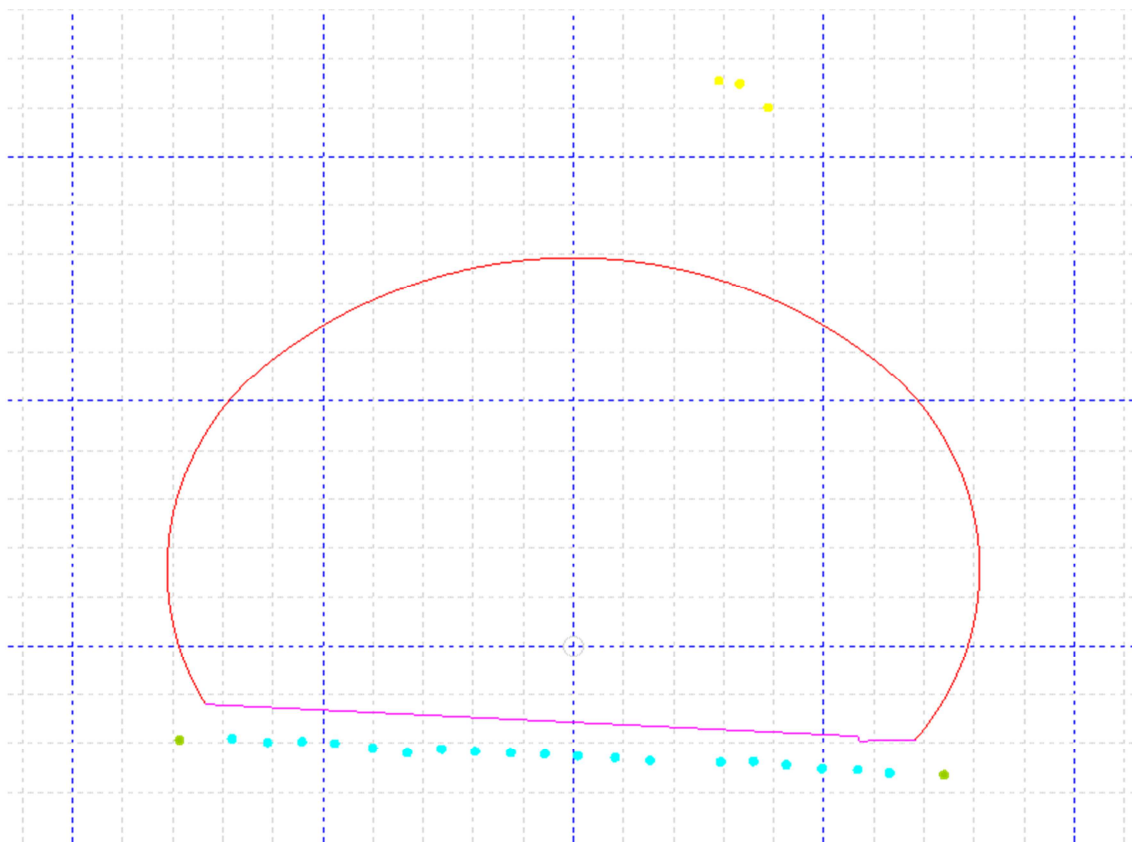
Čelní pohled – dna vrtů



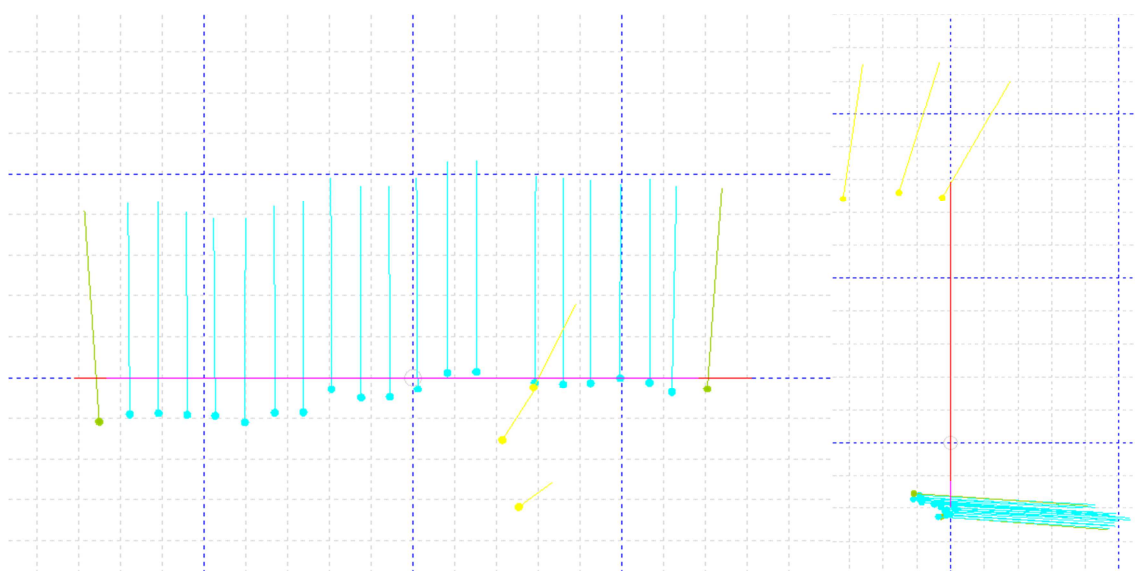
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 38 – nekompletní data



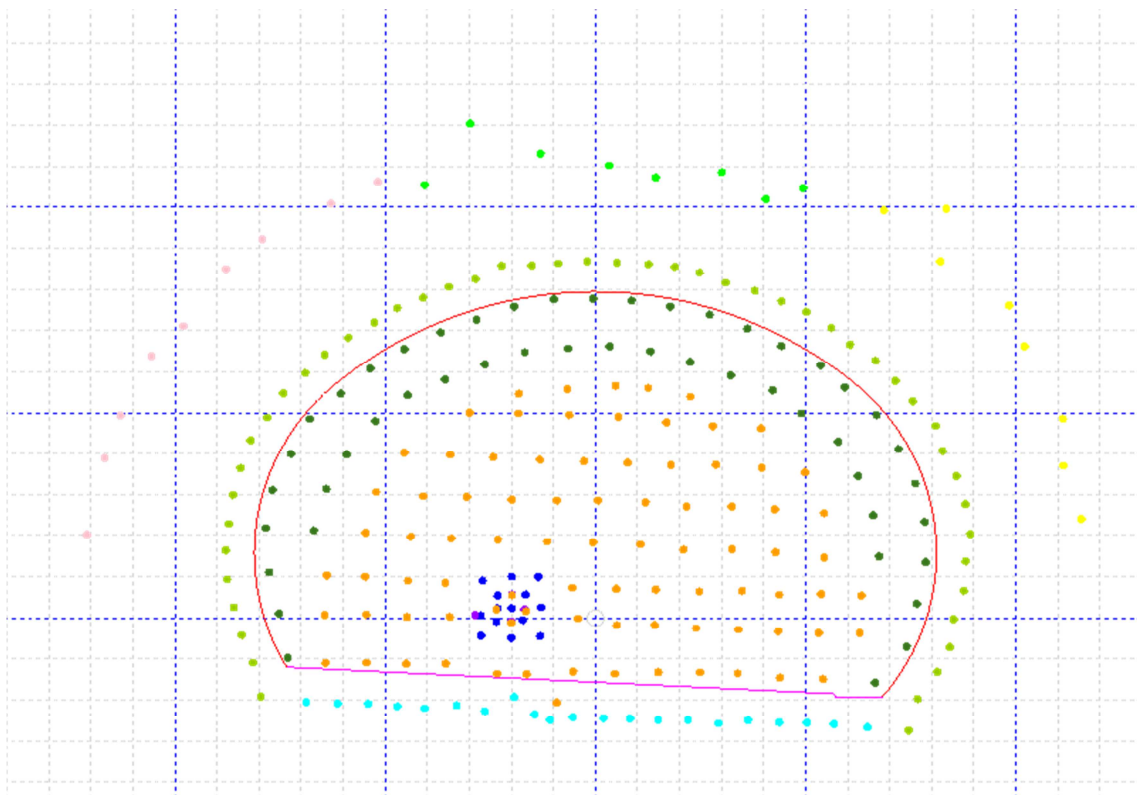
Čelní pohled – dna vrtů



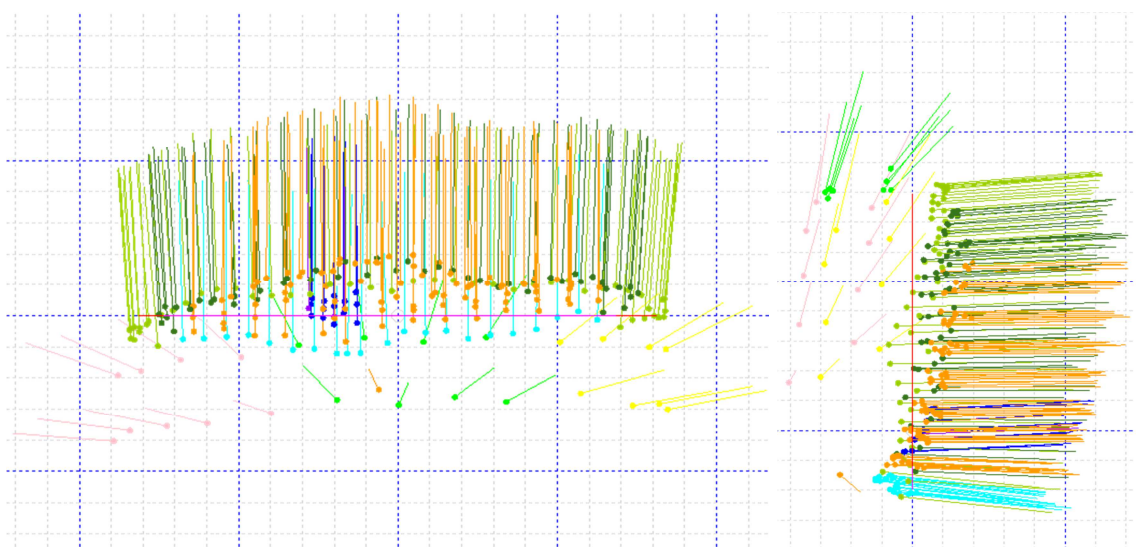
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 39



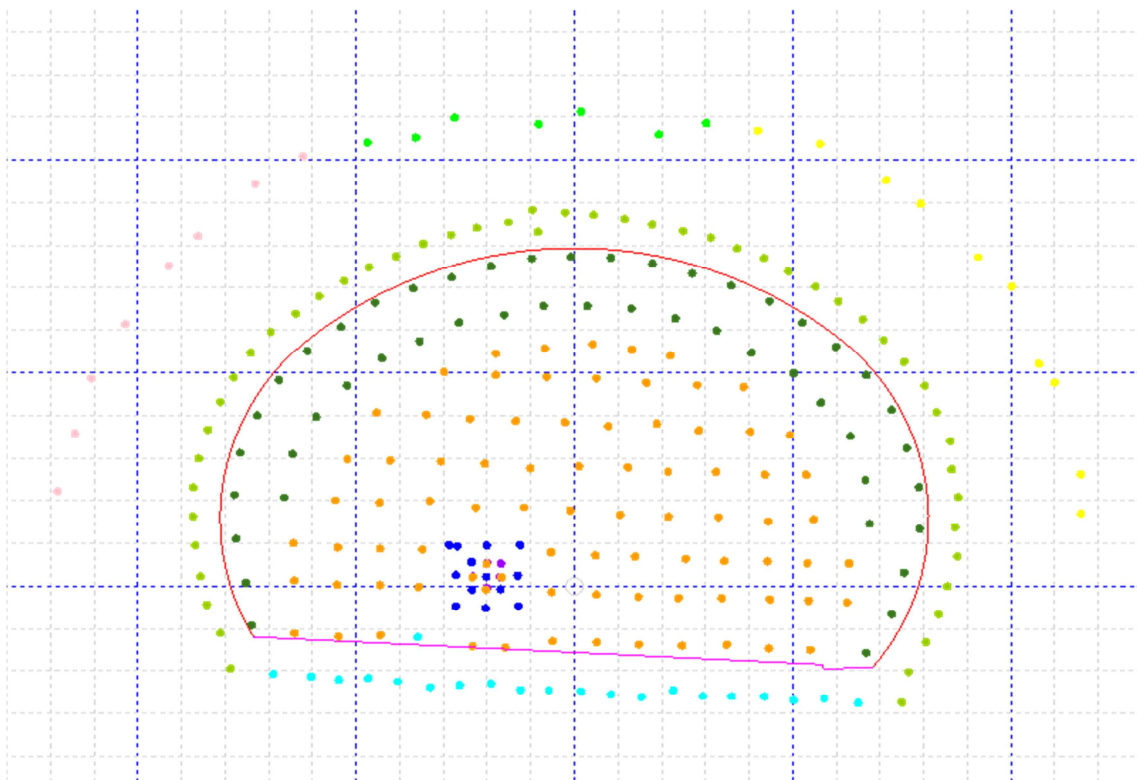
Čelní pohled – dna vrtů



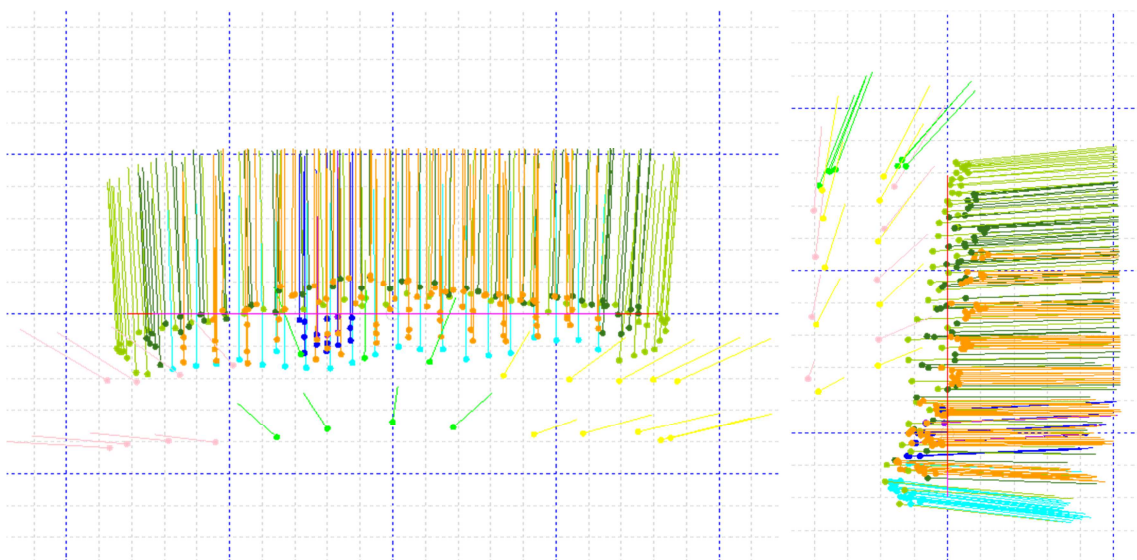
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 40



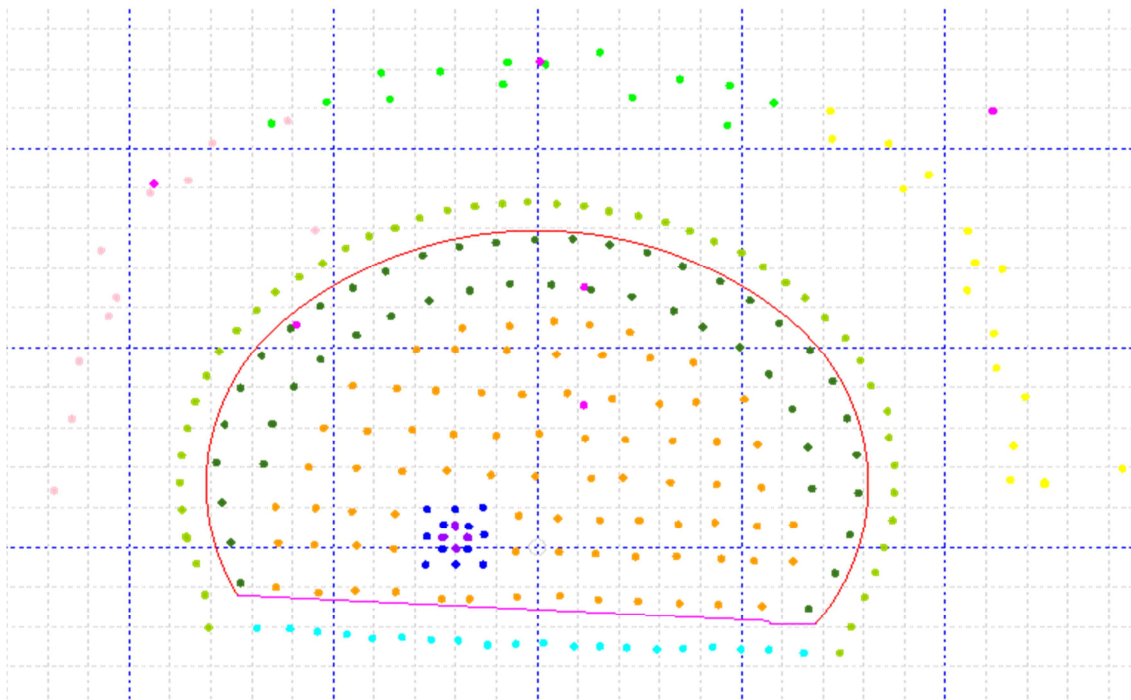
Čelní pohled – dna vrtů



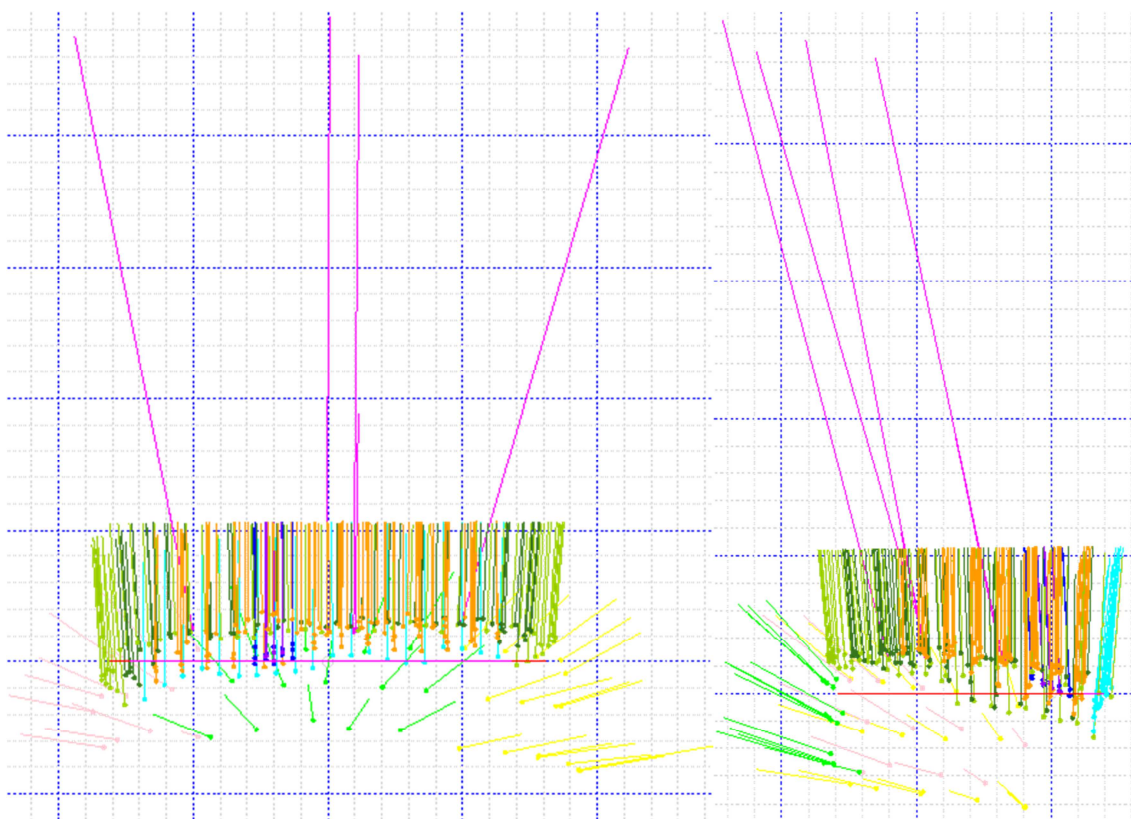
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 41



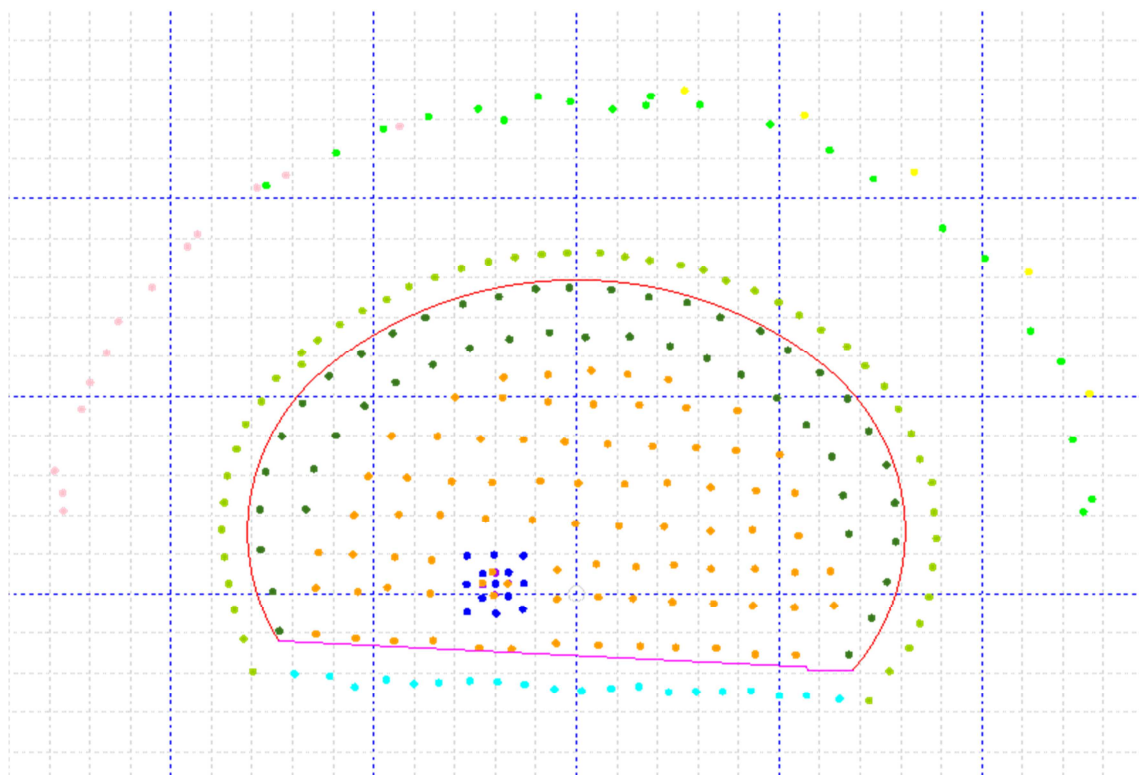
Čelní pohled – dna vrtů



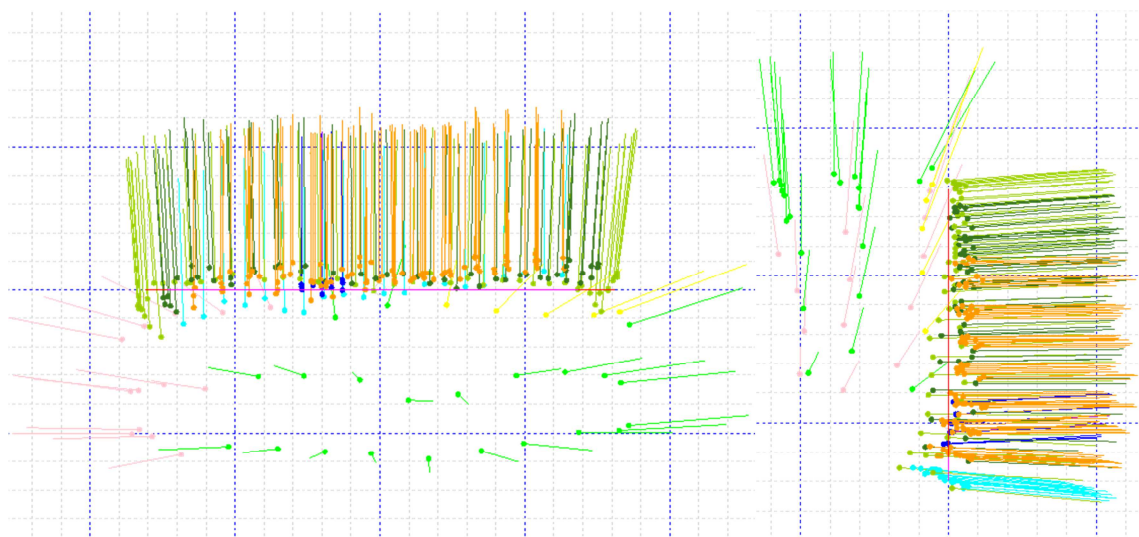
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 42



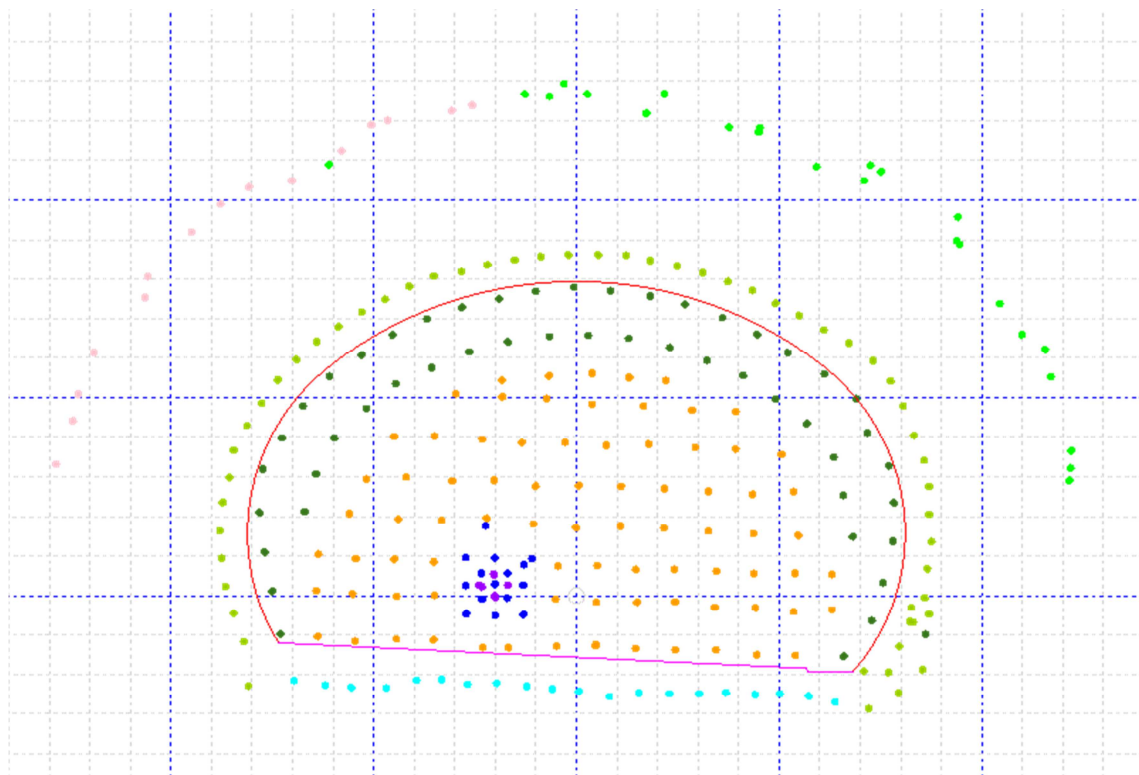
Čelní pohled – dna vrtů



Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 43



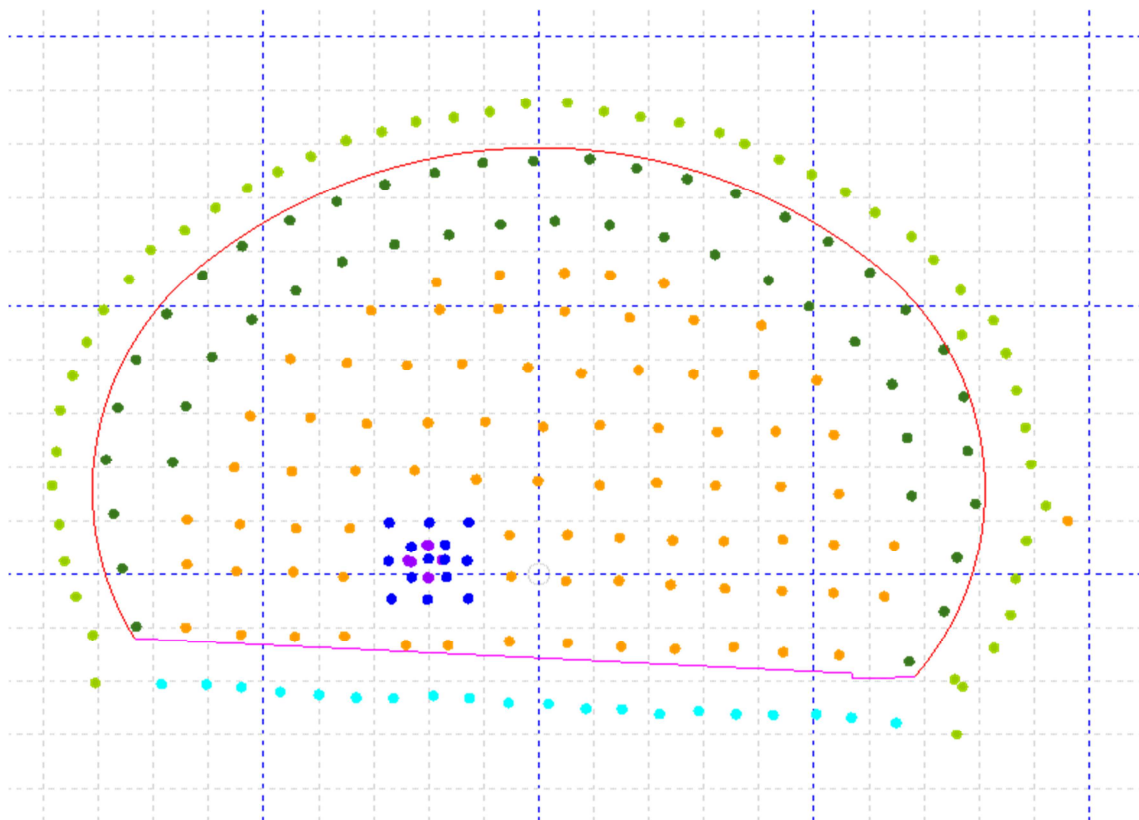
Čelní pohled – dna vrtů



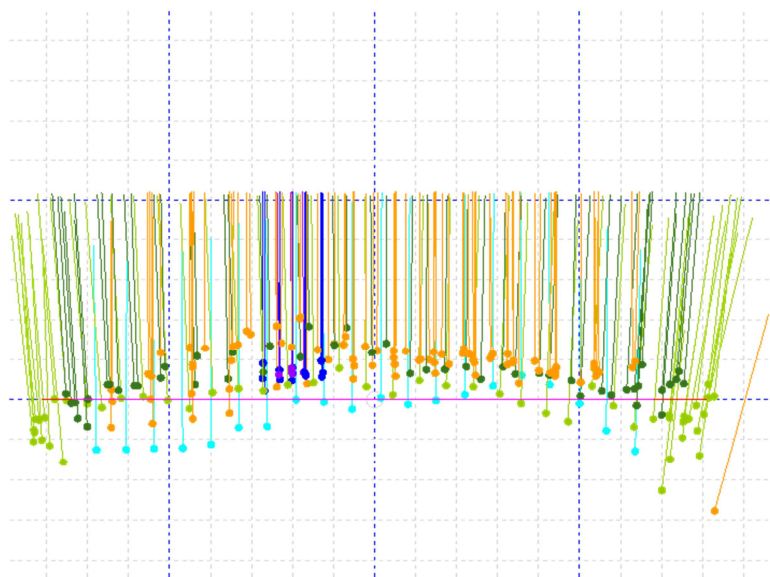
Pohled shora

Pohled z boku

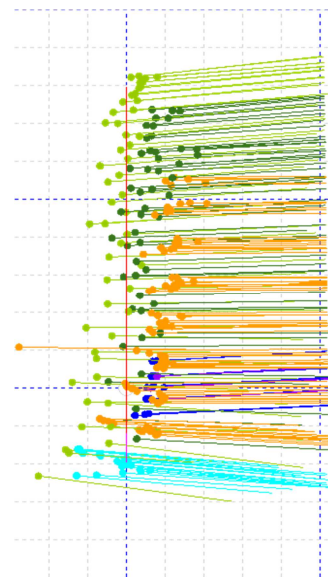
Geometrie vrtů – záběr č. 44



Čelní pohled – dna vrtů

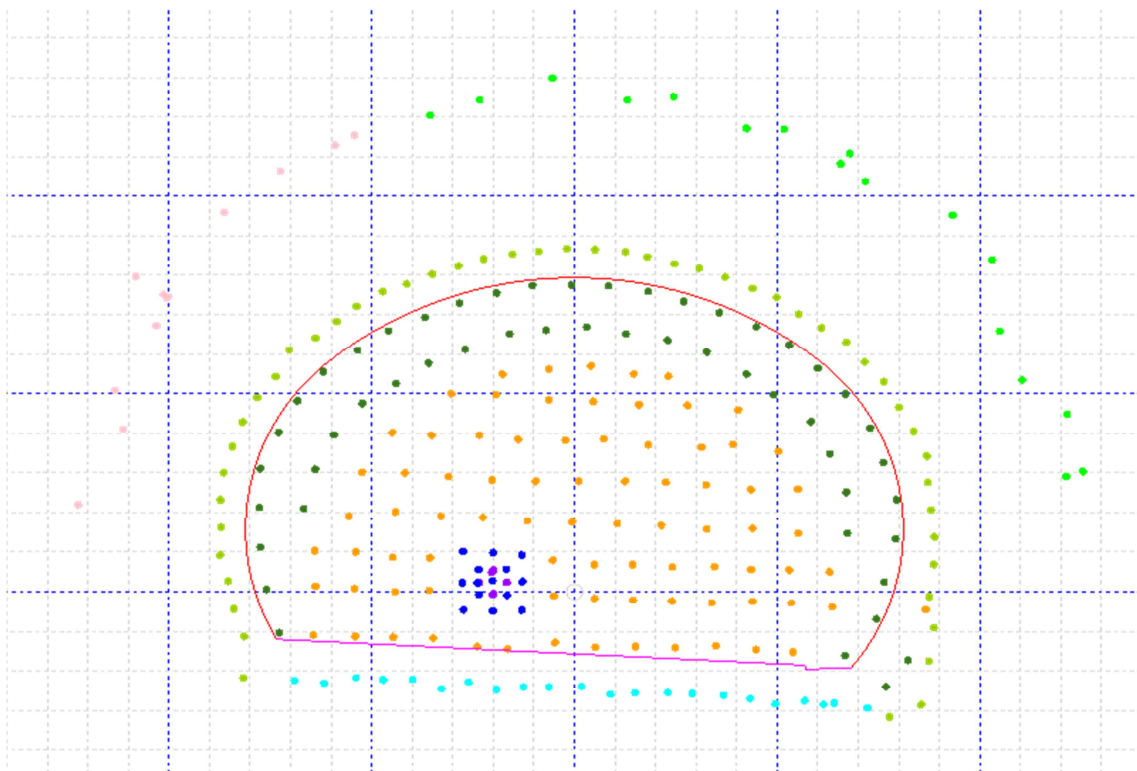


Pohled shora

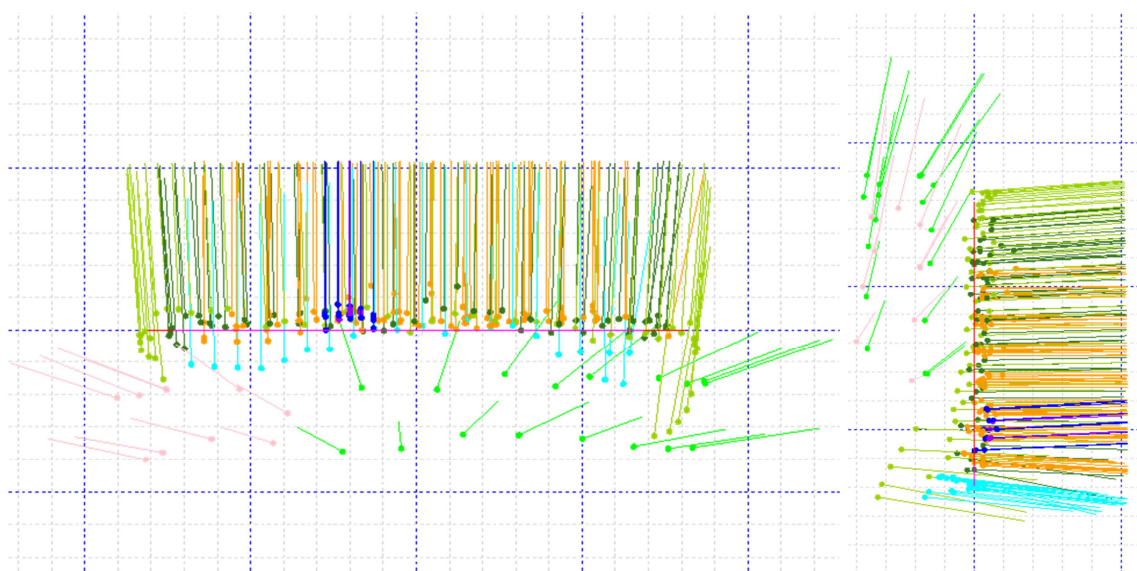


Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 45



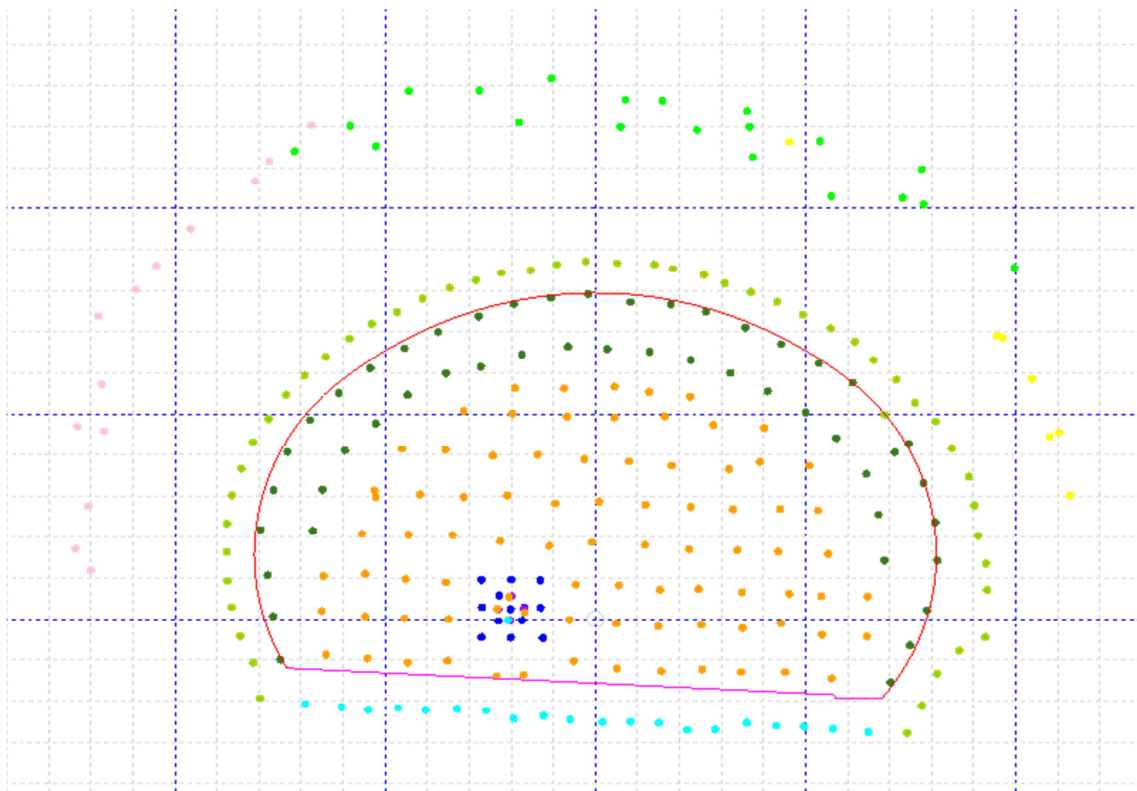
Čelní pohled – dna vrtů



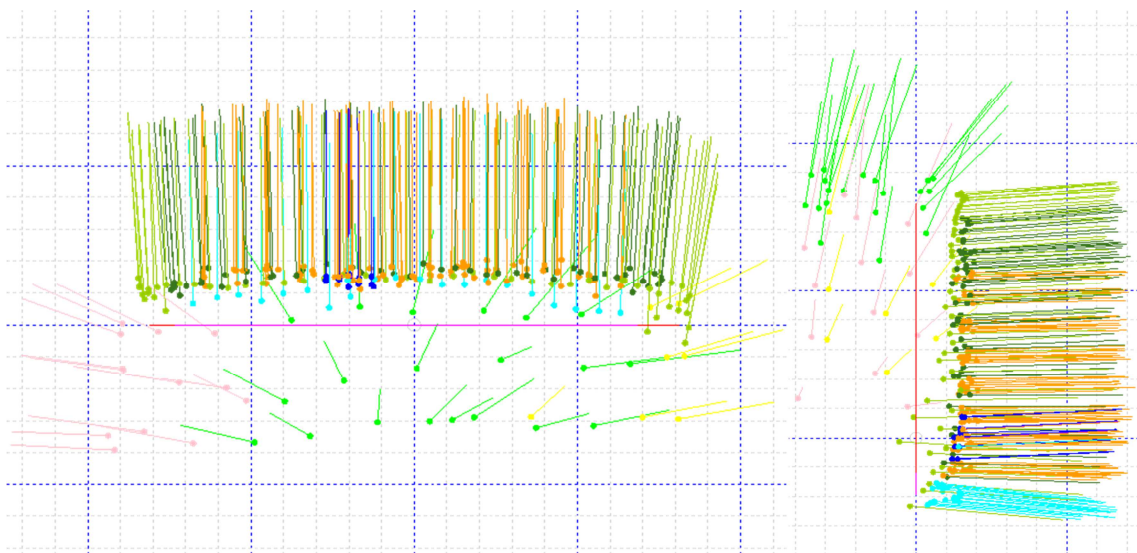
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 46



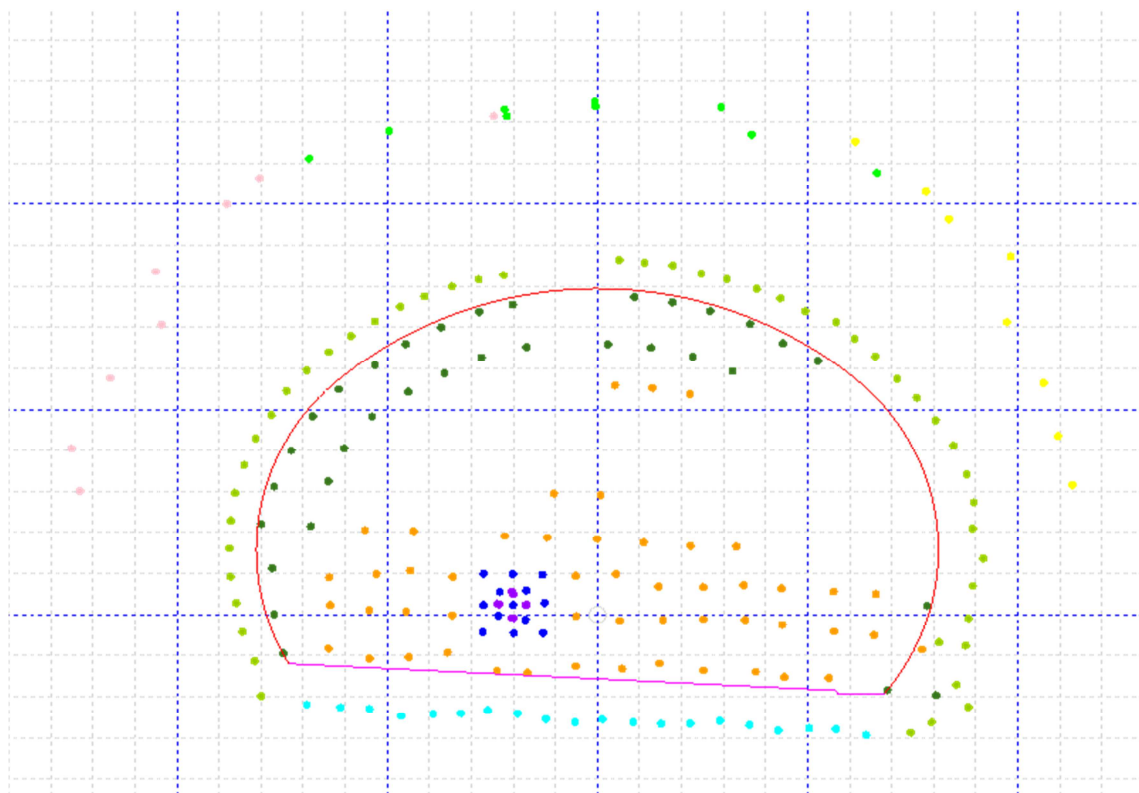
Čelní pohled – dna vrtů



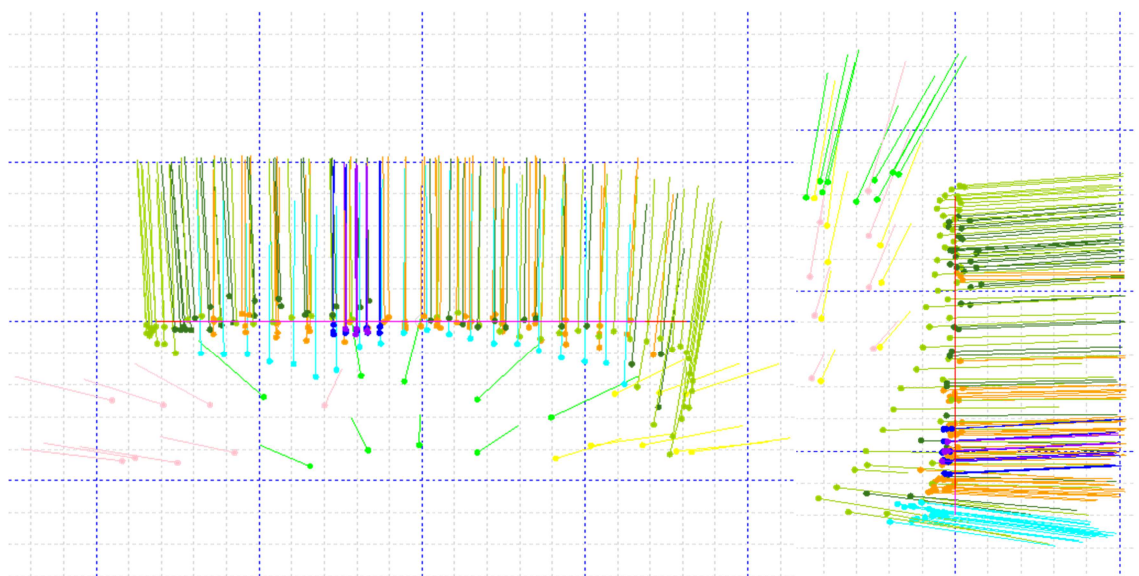
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 47



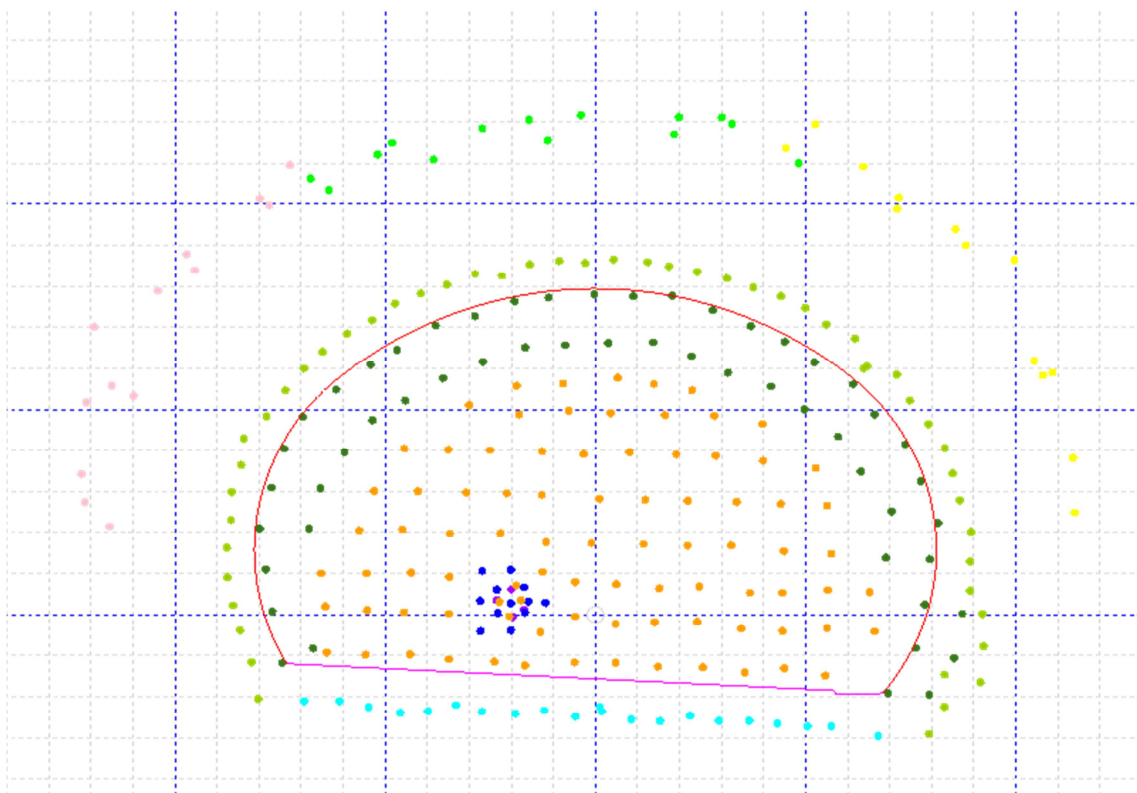
Čelní pohled – dna vrtů



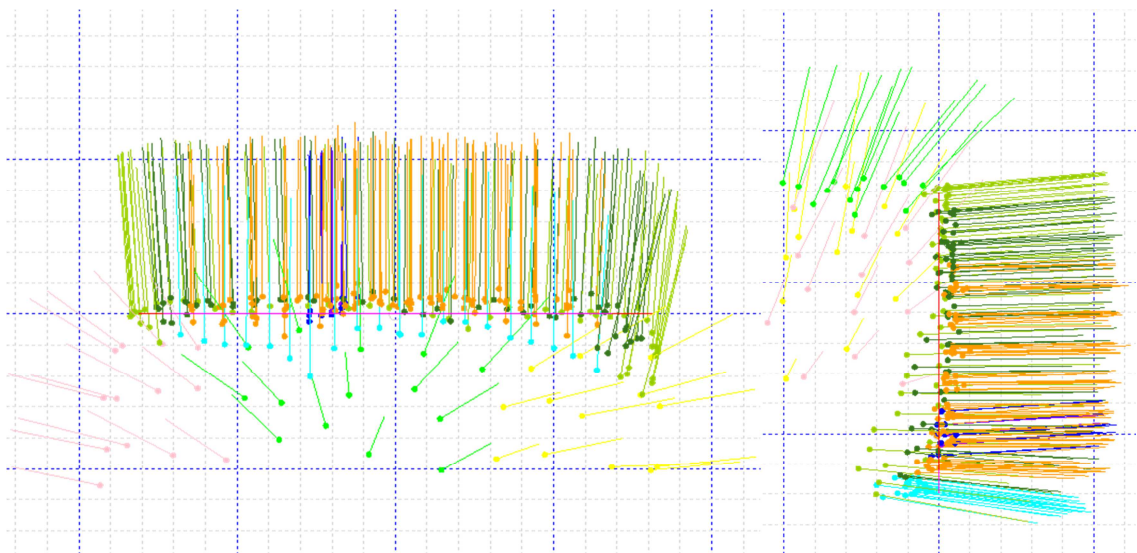
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 48



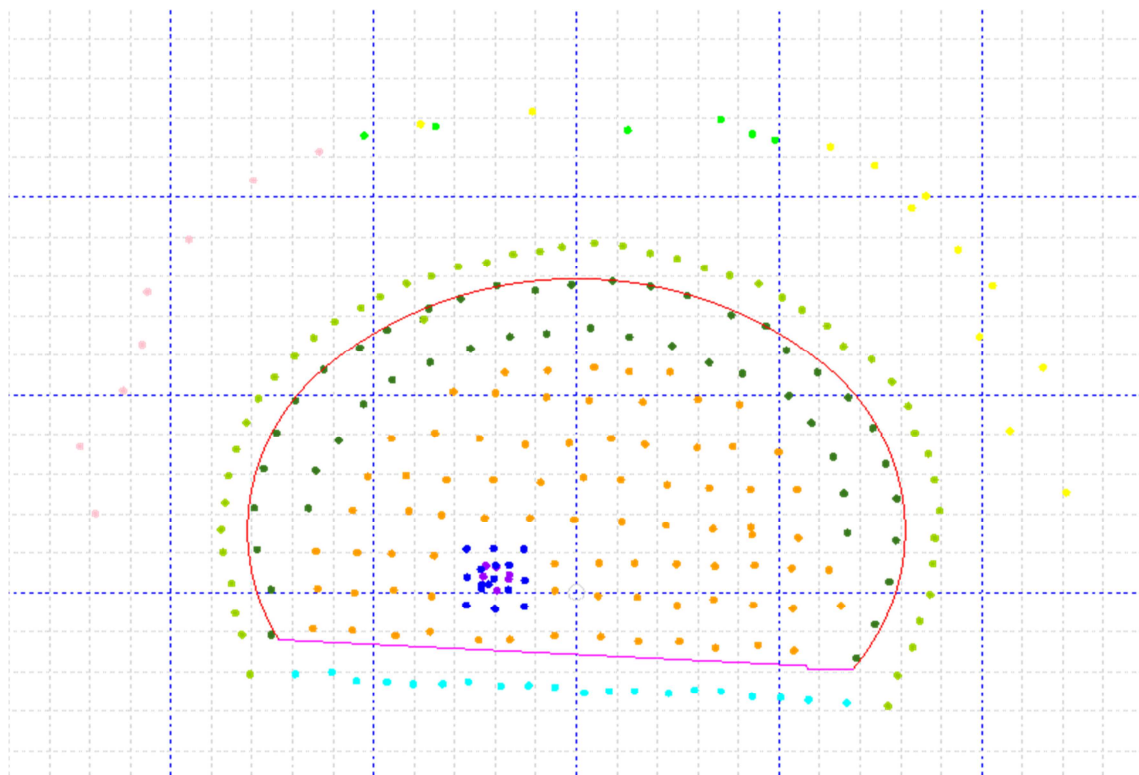
Čelní pohled – dna vrtů



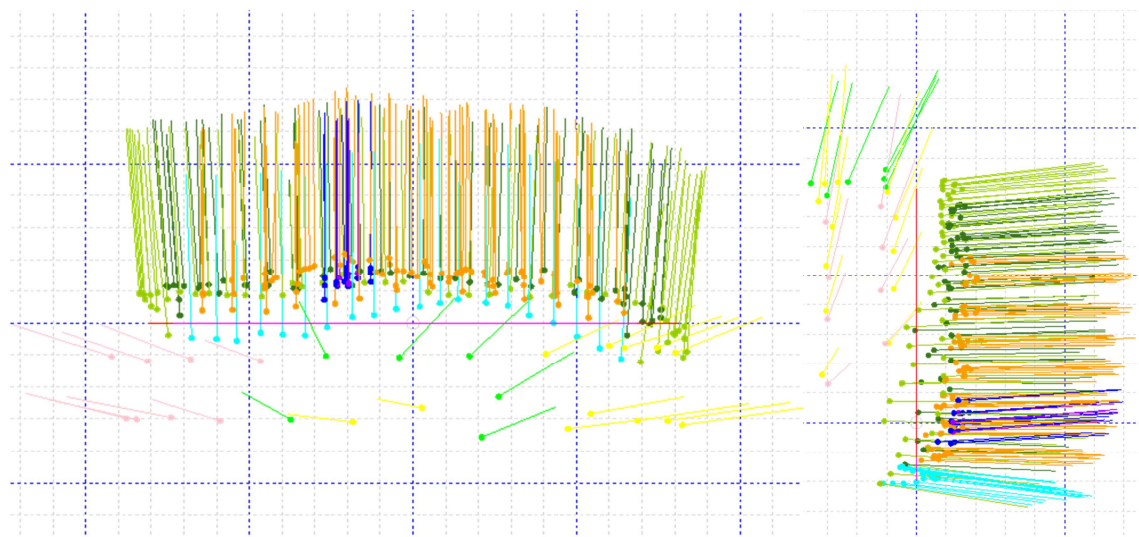
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 49



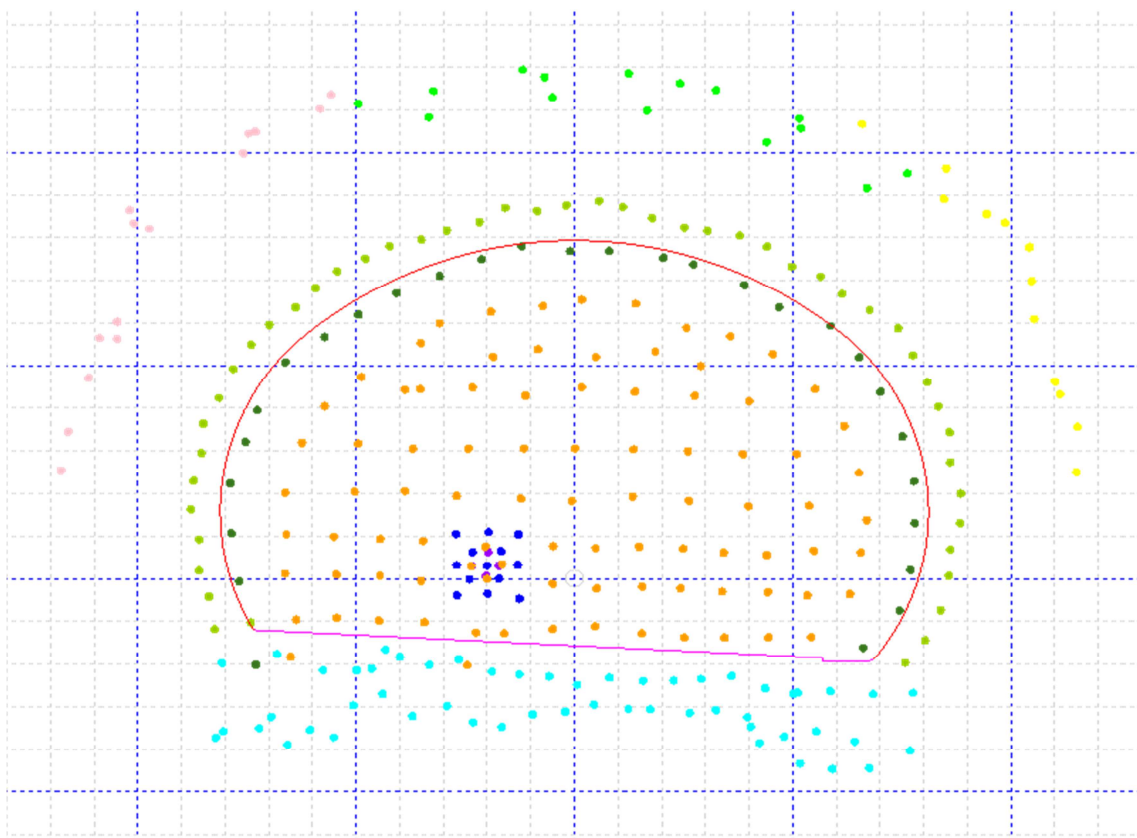
Čelní pohled – dna vrtů



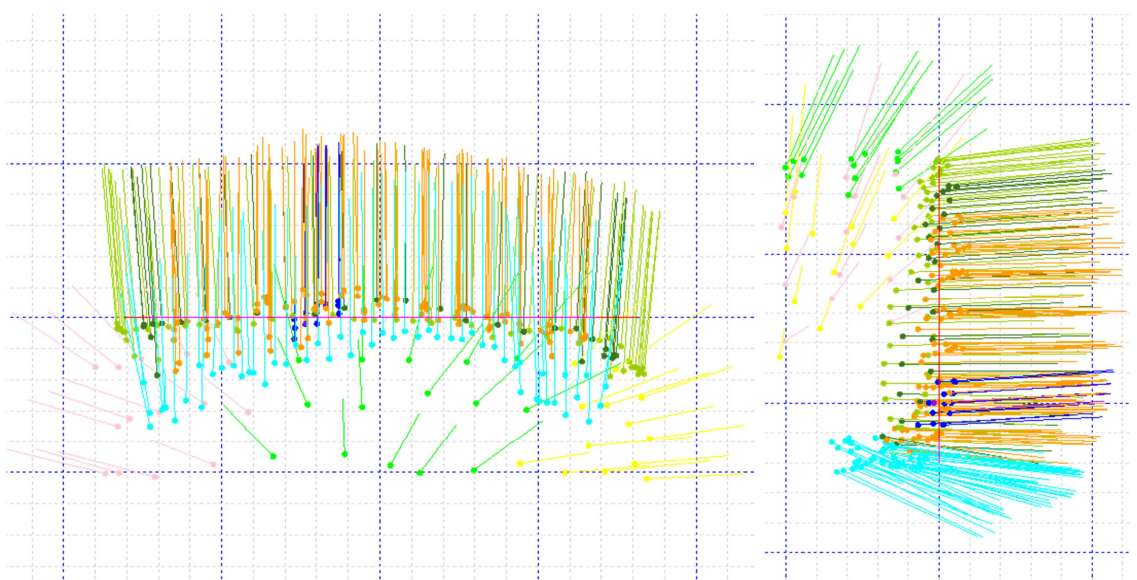
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 50



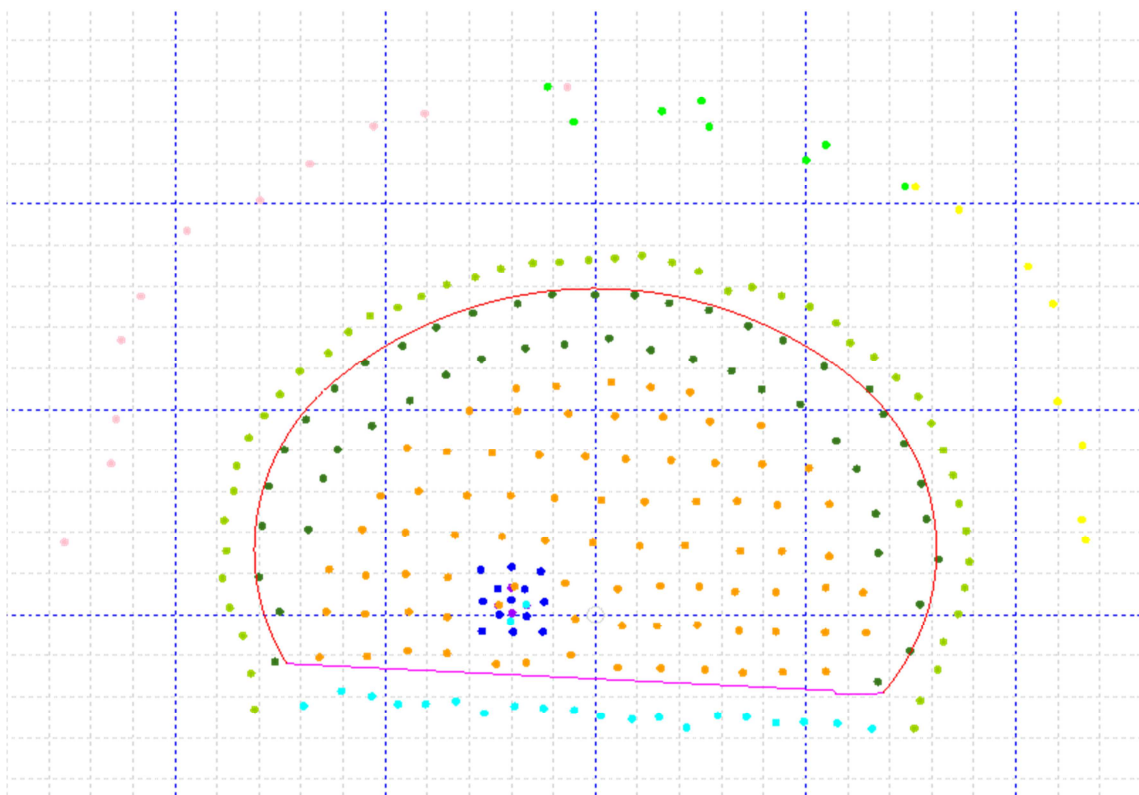
Čelní pohled – dna vrtů



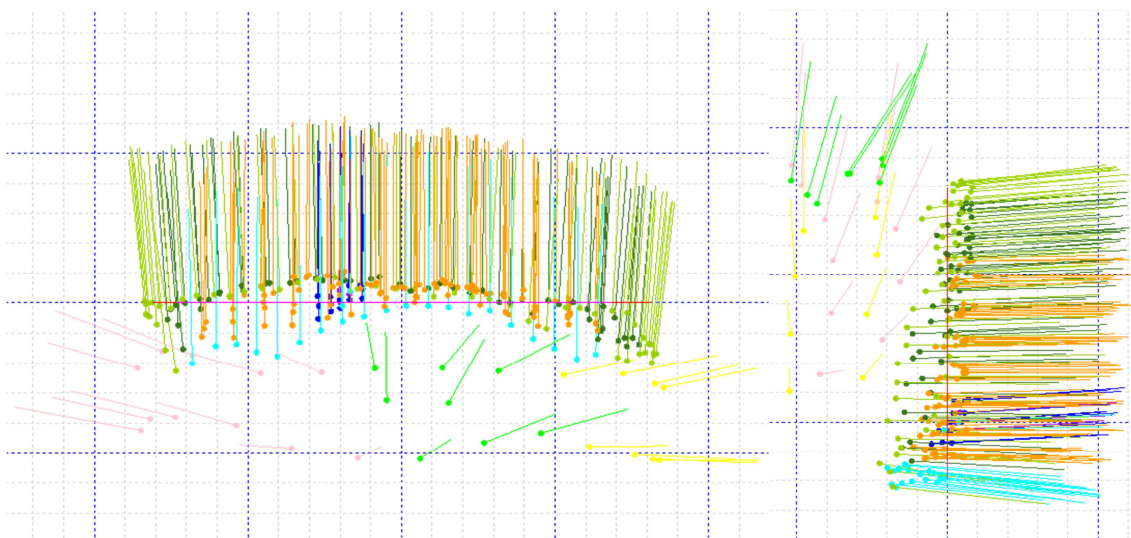
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 51



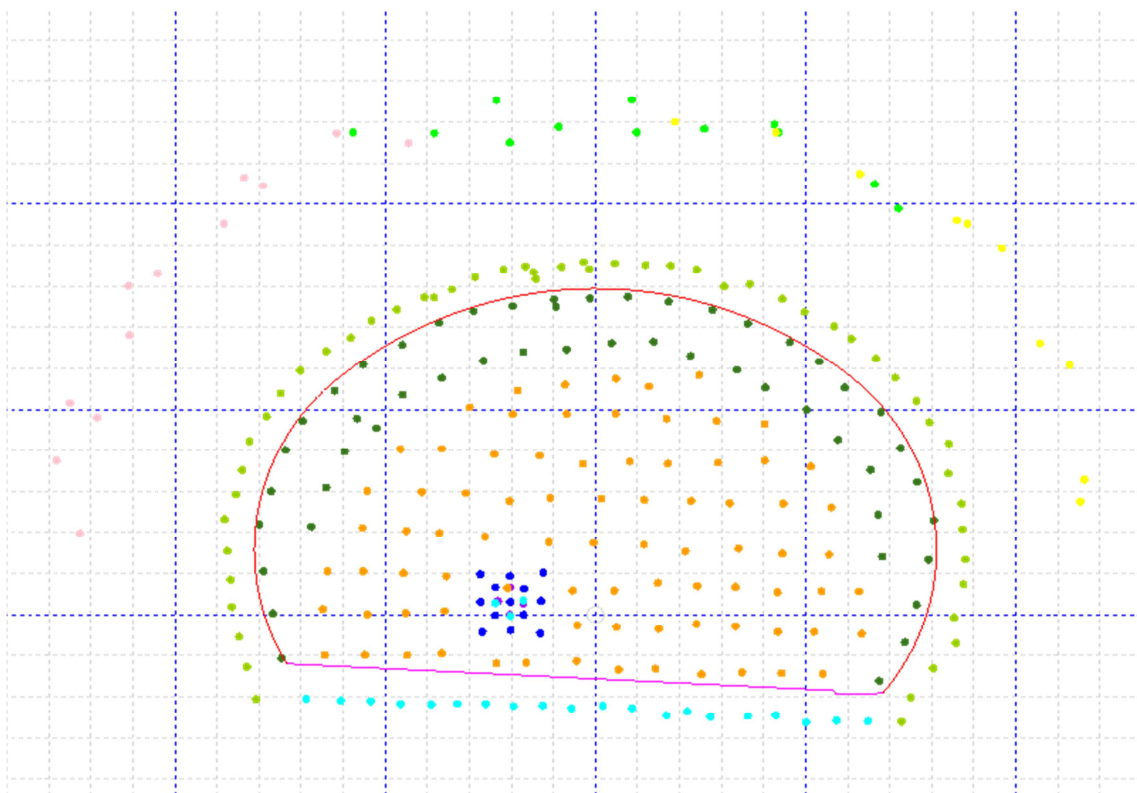
Čelní pohled – dna vrtů



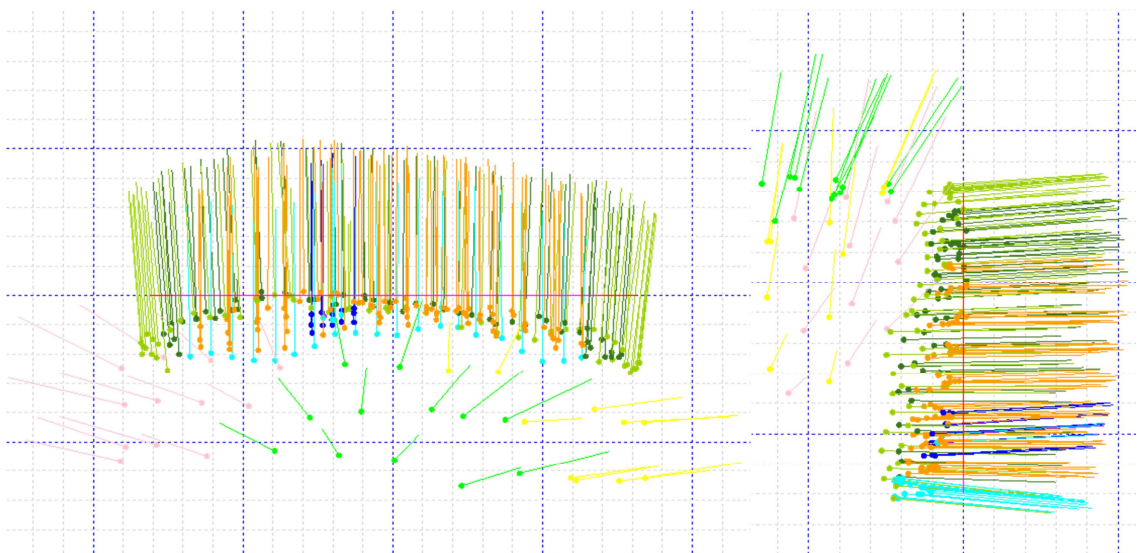
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 52



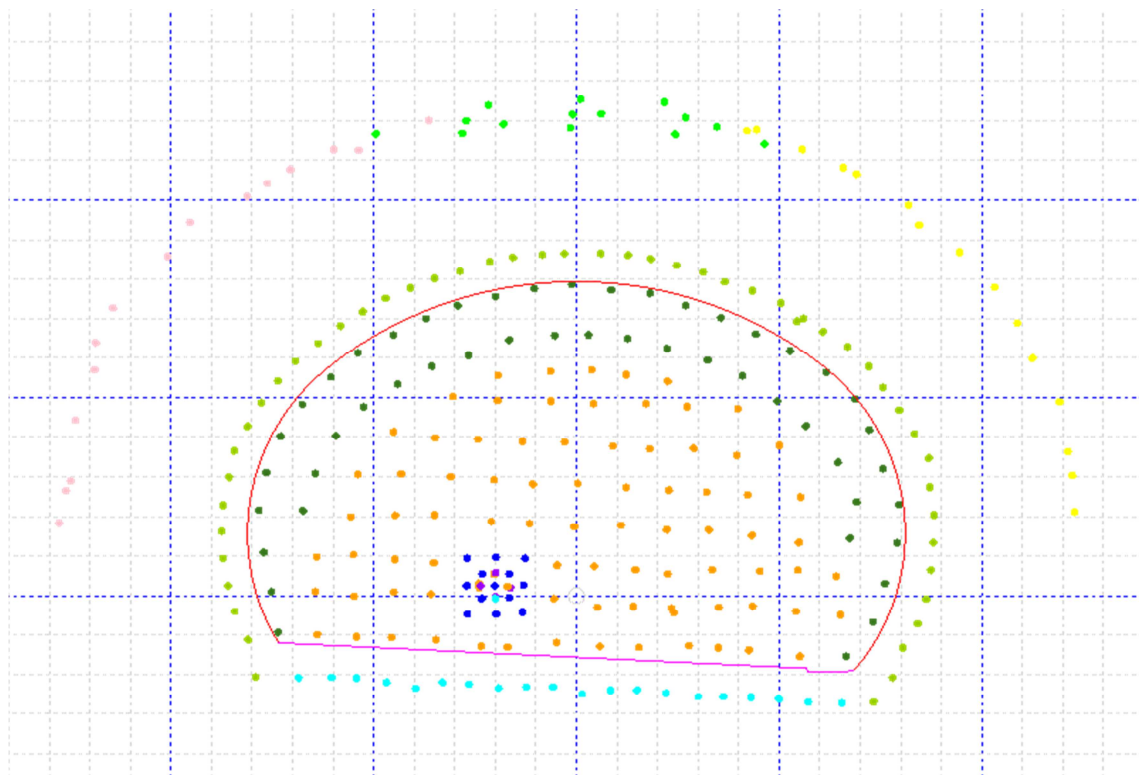
Čelní pohled – dna vrtů



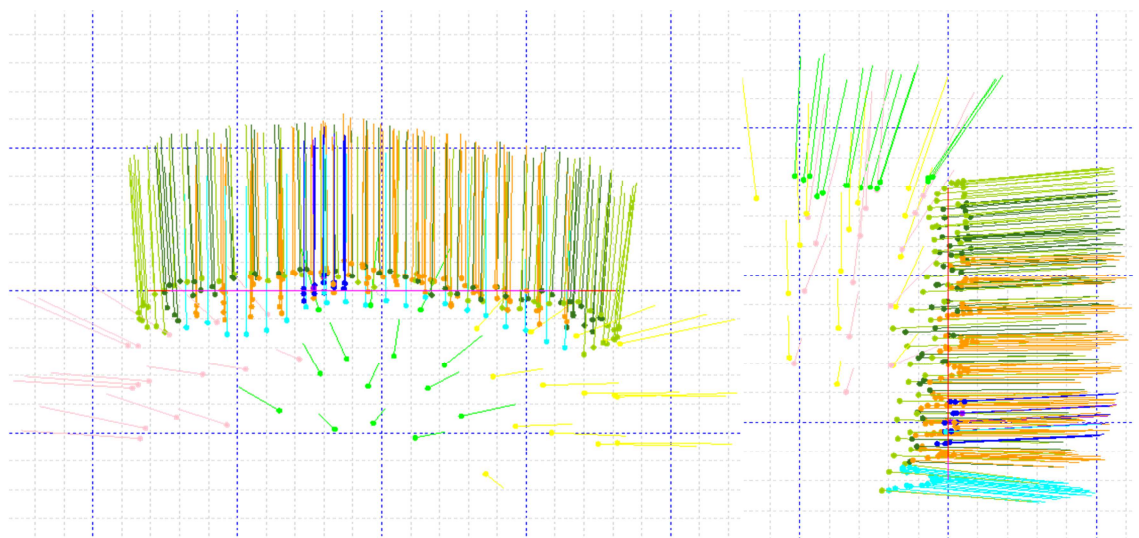
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 53



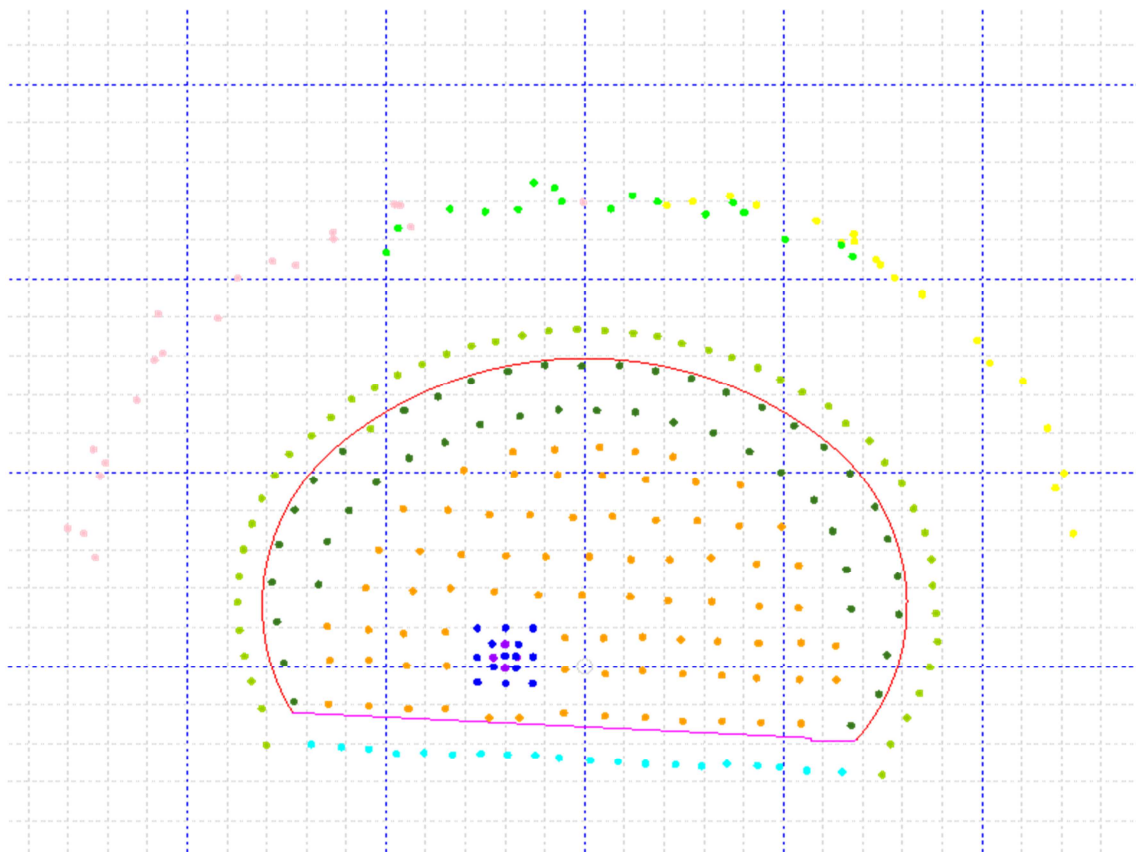
Čelní pohled – dna vrtů



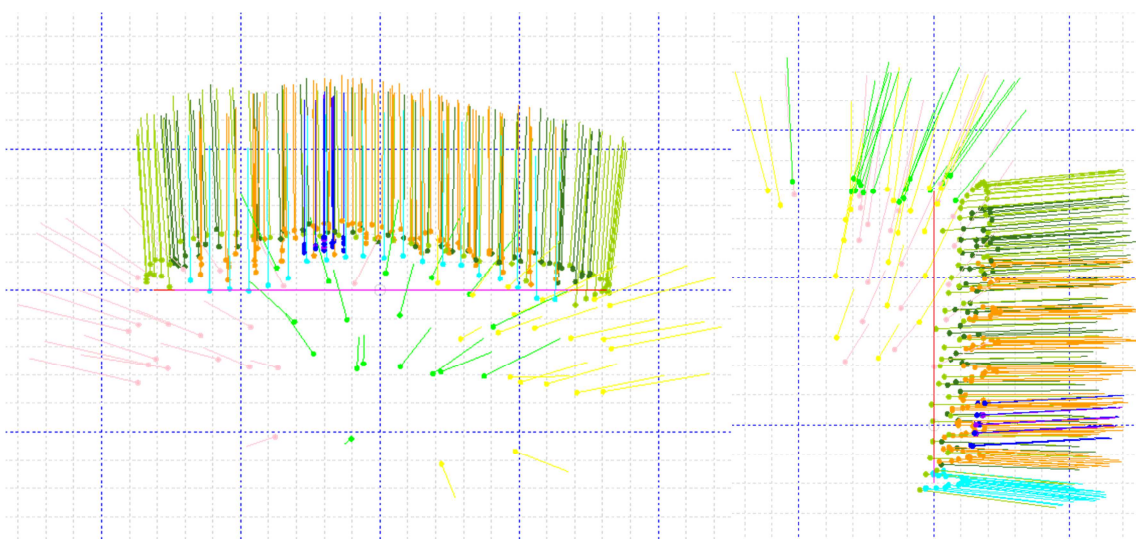
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 54



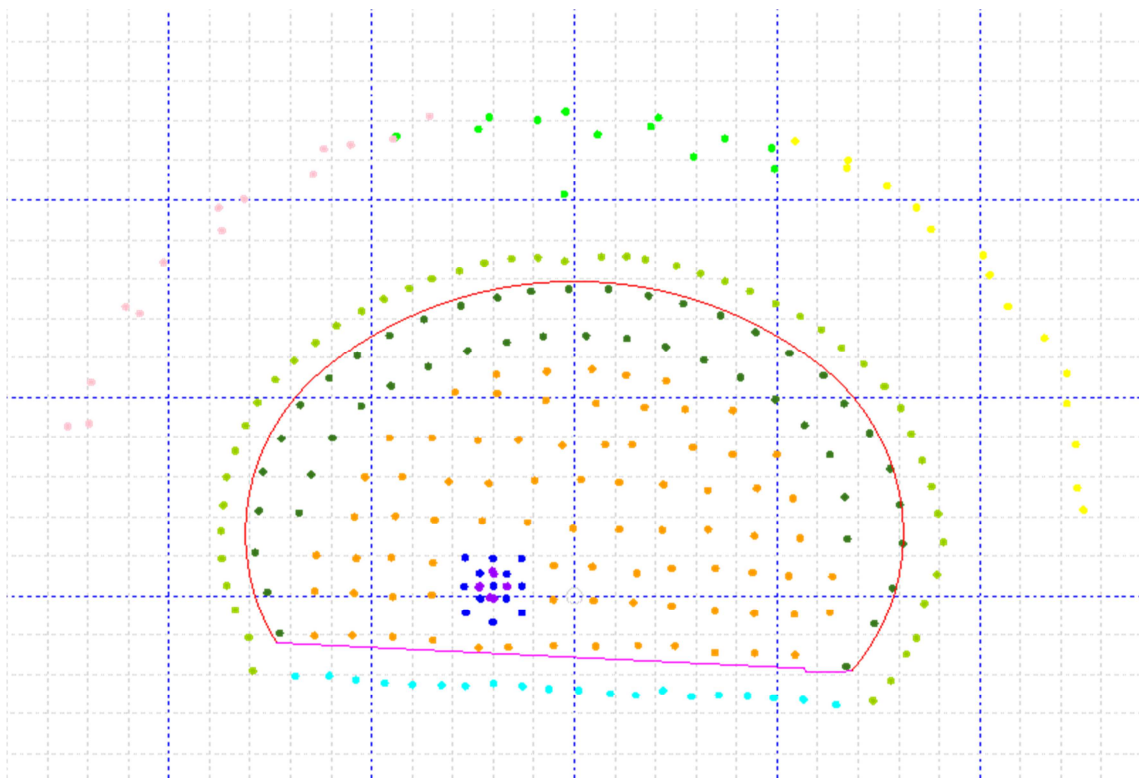
Čelní pohled – dna vrtů



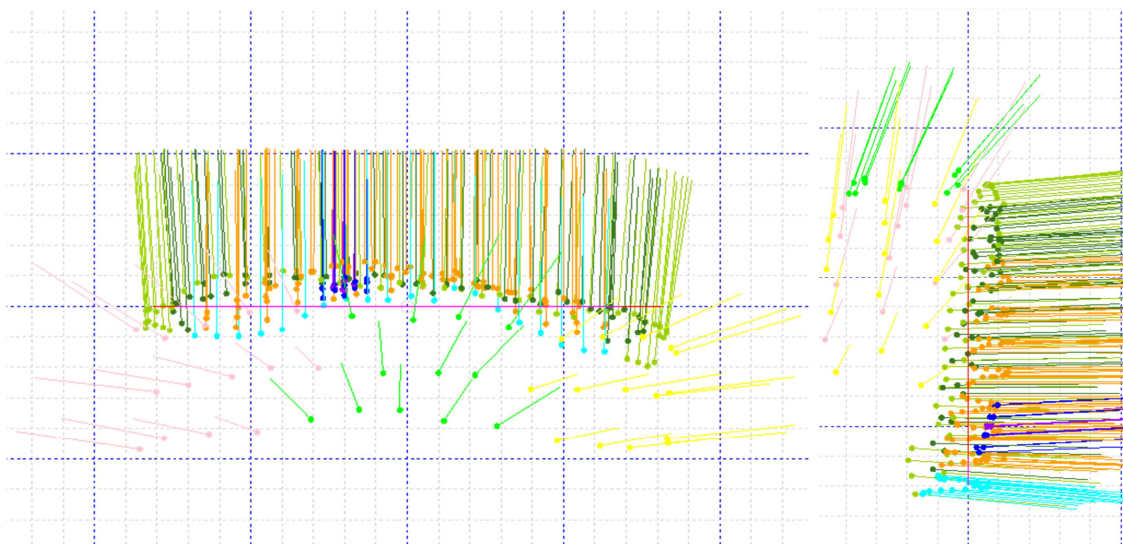
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 55



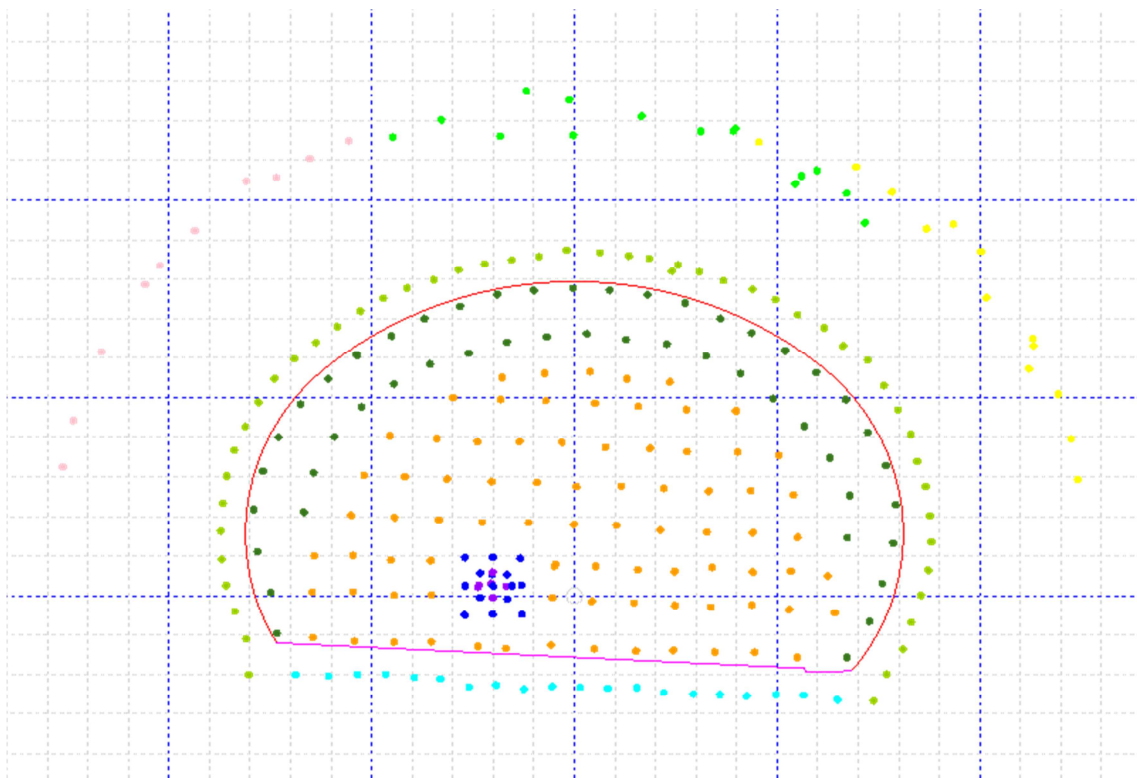
Čelní pohled – dna vrtů



Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 56



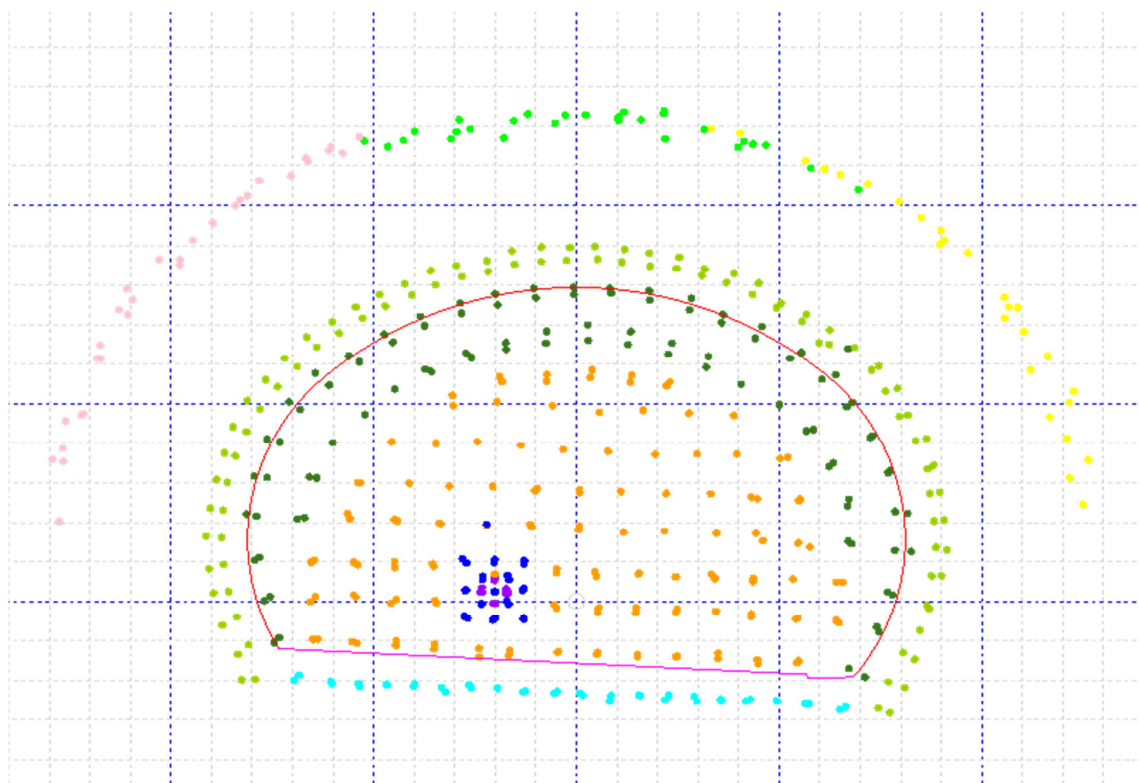
Čelní pohled – dna vrtů



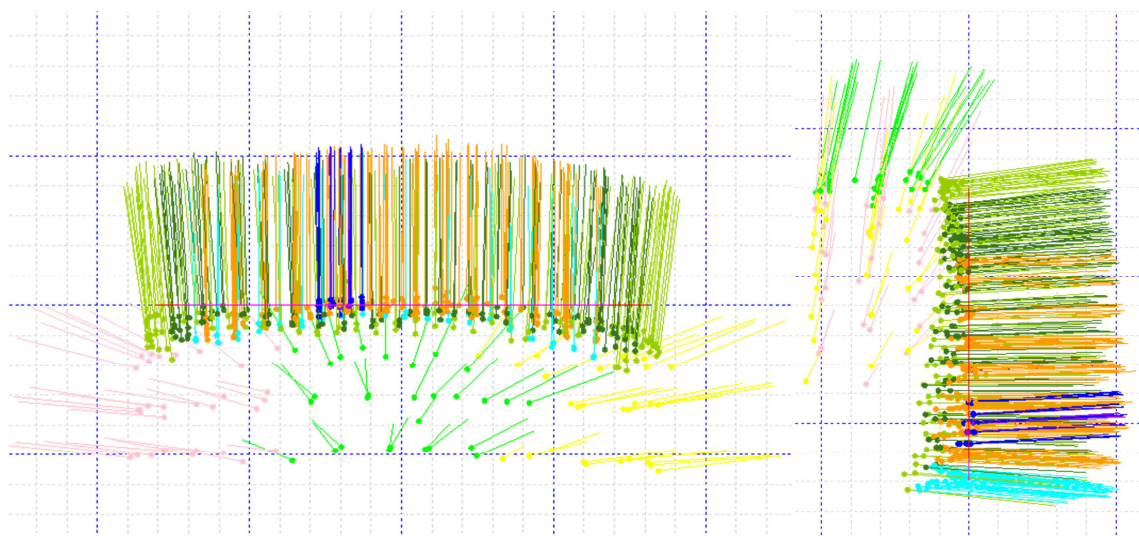
Pohled shora

Pohled z boku

Geometrie vrtů – záběr č. 57 a 58



Čelní pohled – dna vrtů



Pohled shora

Pohled z boku