ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rekultivace území postižené těžbou nerostných surovin

Karla Zikmundová

2019

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Adam Konvalinka

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci na téma Rekultivace území postižené těžbou nerostných surovin vypracoval(a) samostatně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury, dále s použitím znalostí získaných během odborné praxe.

V Praze dne 24. května …….

Karla Zikmundová

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Adamu Konvalinkovi za odborné vedení, vstřícný přístup, konzultace a poskytnuté rady v průběhu zpracování mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Romanu Hekovi a firmě EUROVIA CS, a.s., za možnost absolvování odborné praxe na stavbě, poskytnuté materiály, zkušenosti a rady při zhotovení práce.

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Zikmundová Jméno: Karla Osobní číslo: 458867

Zadávající katedra: K122 - Katedra technologie staveb

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Rekultivace území postižené těžbou nerostných surovin

Název bakalářské práce anglicky: Reclamation of the area affected by mining

Pokyny pro vypracování:
- Rešerše dané problematiky
- Zpracovat varianty technologického postupu na téma zaplavení důlních komor
- Zhodnotit zvolený technologický postup pro zaplavení důlních komor
- Zpracovat varianty technologického postupu při zjištění výskytu kontaminované zeminy
- Zhodnotit požadavky na sedání zemního tělesa

Seznam doporučené literatury:
Zajíček, Jan a kolektiv. Technologie stavby vozovek. ČKAIT, 2014.
ČSN 73 6133. Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací.
ČSN P 73 1005. Inženýrskogeologický průzkum.

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Adam Konvalinka

Datum zadání bakalářské práce: 22. 2. 2019 Termín odevzdání bakalářské práce: 26. 5. 2019
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce" a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací".

25. 2. 2019

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Anotace

Tato bakalářská práce je věnována specifickým situacím při rekultivaci území postiženého těžbou nerostných surovin. Zaměřuje se na hnědouhelné povrchové doly, historii těžby, materiál a technologický postup likvidace důlních komor. Dále pojednává o opatření při zjištění výskytu kontaminované zeminy a technologickém postupu při její následné likvidaci. Poslední část se zabývá zakládáním liniových staveb na podloží, které je třeba podrobit zkouškám, které ověří stabilitu a únosnost zemního tělesa.

Klíčová slova: rekultivace, těžba nerostných surovin, staré důlní dílo, likvidace starý důlních děl, důlní komora, likvidace důlních komor, kontaminace, dekontaminace, kontaminovaná zemina, dekontaminace zeminy, azbest, nakládání s kontaminovaným odpadem, zemní těleso, zakládání staveb, sedání podloží, sanace podloží, zkoušky zhutnění.

Annotation

The Bachelor thesis deals with specific situations occurring during the reclamation of the area affected by mining. It focuses on brown coal open-pits, mining history, material and technological procedures of mine chamber abandonment. It also describes measures taken in the case of contaminated soil occurrence and the technological procedure used in its successive decontamination. The last part is devoted to the foundation of linear structures on subsoil that must be subjected to testing to verify the stability and load-bearing capacity of the earth body.

Keywords: reclamation, mining, old mine working, abandonment of old mine workings, mining chamber, abandonment of mining chambers, contamination, decontamination, contaminated soil, soil decontamination, asbestos, contaminated waste disposal, earth body, foundation engineering, subsoil settlement, subsoil rehabilitation, compaction test.

Obsah

ÚVOD 8

1 TĚŽBA NEROSTNÝCH SUROVIN 9

1.1 Nerostné suroviny Severočeské hnědouhelné pánve 9

1.2 Historie těžby uhlí Severočeské hnědouhelné pánve 10

1.3 Dopad těžby na životní prostředí 14

2 REKULTIVACE 15

2.1 Technická rekultivace 16

2.2 Biologická rekultivace 16

2.3 Přehled rekultivace na severozápadu 17

3 STARÉ DŮLNÍ DÍLO 19

3.1 Metody likvidace starých důlních děl 19

4 KONTAMINOVANÁ ZEMINA AZBESTEM 21

4.1 Azbest 21

4.2 Vliv na zdraví člověka a životní prostředí 22

4.3 Výrobky obsahující azbest a jejich využití 22

4.4 Nakládání s odpady dle legislativy ČR 24

4.5 Nakládání s odpadly dle legislativy EU 25

4.6 Povinnosti osob v oblasti BOZP 26

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST 27

5.1 Zaplavení důlních komor 27

5.1.1 Základní identifikační údaje stavby 28

5.1.2 Vstupní materiály a výrobky 29

5.1.3 Pracovní podmínky 30

5.1.4 Pracovní postup 30

5.1.5 BOZP – požadavky a opatření 32

5.1.6 Ochrana okolí a životního prostředí 32

5.2 Kontaminovaná zemina azbestem 33

5.2.1 Základní identifikační údaje stavby ... 33
5.2.2 Vstupní materiály a výrobky ... 33
5.2.3 Pracovní podmínky ... 34
5.2.4 Pracovní postup ... 34
5.2.5 BOZP – požadavky a opatření ... 34
5.2.6 Ochrana okolí a životního prostředí ... 36
5.3 Zkoušky zhutnění zeminy ... 36
5.3.1 Kontrola hutnění membránovým objemoměrem ... 37
5.3.2 Proctorova zkouška ... 39
5.3.3 Vyhodnocení měření – míra zhutnění ... 41
5.3.4 Statická zatěžovací zkouška ... 51
5.3.5 Vyhodnocení měření – statická zatěžovací zkouška ... 52
ZÁVĚR ... 58
LITERATURA ... 59
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ... 62
SEZNAM TABULEK ... 63
SEZNAM GRAFŮ ... 65
SEZNAM OBRÁZKŮ ... 66
SEZNAM PŘÍLOH ... 67

ÚVOD

Téma Rekultivace území postižené těžbou nerostných surovin by se mohlo zabývat velmi rozsáhlou problematikou, tento pojem je dosti široký a pro účely splnění určitých parametrů bakalářské práce jsem se proto dle zadání zaměřila pouze na specifické situace.

Zájmovou oblastí mé práce je území Severočeské hnědouhelné pánve a výstavba mimoúrovňové křižovatky a čtyřproudové komunikace, která řeší dopravní bodovou závadu na silnici I/13 mezi městy Chomutovem a Mostem. Stavba je realizována na podloží, ze kterého v minulosti bylo těženo hnědé uhlí, a proto je nutné provést sanaci podloží.

V první řadě jsem uvedla všeobecný popis těžby nerostných surovin a popis znovuobnovení území, které bylo vlivem těžby znehodnoceno.

V druhé části se již věnuji vysvětlení, co je staré důlní dílo a jakými postupy lze docílit při rekultivaci území likvidace takového díla.

V další kapitole objasňuji nakládání s kontaminovanou zeminou, která byla znehodnocena nepatřičným jednání člověka.

V bakalářské práci se zaměřuji především na to, zda zvolené technologické postupy byly vhodné či nikoliv.

Předpokládané cíle bakalářské práce:

1. Zpracovat technologický postup na téma zaplavení důlních komor a zhodnotit zvolený technologický postup.
2. Zpracovat technologický postup při zjištění výskytu kontaminované zeminy.
3. Vyhodnotit výsledky zkoušek zhutnění zeminy a následně je porovnat s normativními požadavky.
4. Vyhodnotit výsledky experimentálních prací.

1 TĚŽBA NEROSTNÝCH SUROVIN

Lidé již od pravěku nalézali suroviny, které se učili opracovávat a využívat, a podle převládajícího množství surovin se označilo dané období, jako je například doba kamenná, bronzová či železná. [8]

Na území dnešních Čech se jako první začali těžit cín, měď, železo a později zlato, stříbro a drahé kovy. V následujících odstavcích je uvedena posloupnost nalezených nerostných surovin na území České republiky.

Jednou z vůbec prvních surovin, která se využívá dodnes, byl kámen. Již od doby spodního paleolitu nedaleko města Most se těžily křemence až do doby bronzové. Nejenom nástroje vyrobené z kamene se staly součástí vybavení tehdejších obyvatel, ale i různé druhy minerálů a hornin příhodné pro odlamování a odštěpování, hlíny a jíly pro výrobu keramických nádob. [1]

V době bronzové začali lidé využívat cín a ve středověku stříbro. Nálezy zlata byly převážně v povodí řek Otavy, Vltavy a Opavy, kde se zlato získávalo pomocí rýžování. První ložiska stříbra byla objevena kolem třicátých let 13. století v okolí Jihlavy a později v Kutné Hoře. Při dobývání stříbra vznikaly otázky o dalších místech, která by mohla disponovat tímto kovem a eventuálně jinými kovy jako jsou železo, zlato a olovo. [1]

Během historie českého státu zaujímalo hornictví značnou pozici v odvětví průmyslu, a to jak po stránce hospodářské, tak politické. O postupu těžby tohoto nerostu se pojednává v samostatné kapitole 1.2.

1.1 Nerostné suroviny Severočeské hnědouhelné pánve

Nerosty jsou podle zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů definovány jako tuhé, kapalné a plynné části zemské kůry. Nerostnou surovinou jsou nazývány minerály a horniny, které nalezly využití v průmyslu. Mezi základní skupiny patří rudy, které se často dobývají v dolech, nerudy, které se těží v povrchových lomech, a kaustobiolity. Většímu výskytu nashromážděných nerostných surovin se říká ložisko. [2]

Nerosty nalezly využití v průmyslu i ve šperkařství. Již v době, kdy germánské národy obývaly oblast severních Čech, byly využívány pece na tavení železa sbíraného povrchově. Dobré je zmínit první kamencovou huť vybudovanou na Chomutovsku.

Mezi zužitkované materiály patřili kamenné břidlice, bituminózní a uhelné jíly. Těžba kamenečných břidlic a z nich vyrobených kamenců měly počátek taktéž na Chomutovsku. Netrvalo dlouho a těžba s výrobou se rozšířily na Mostecko, Bílinsko a do zbylých částí Mostecké pánve. Pro šperkaře, brusiče a místní sběratele jsou zajímavější minerály a ozdobné kameny, které jsou nalézány při dobývání jiných surovin. Silicity, prokřemenělá dřeva, porcelanity, krystaly markazitu, vybroušené sádrovce a whewellity. [3]

1.2 Historie těžby uhlí Severočeské hnědouhelné pánve

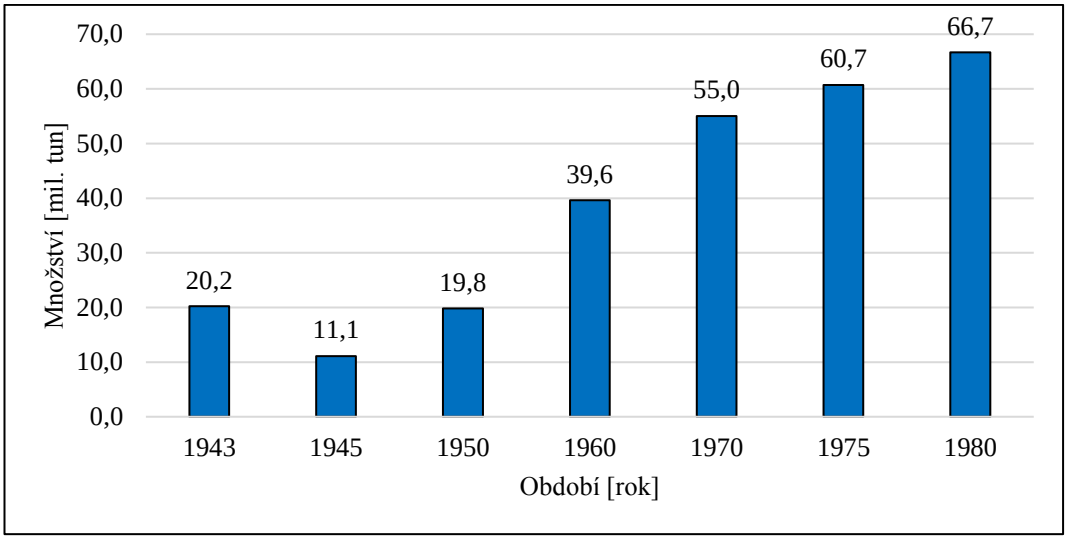
Z počátku se uhlí těžilo lomově, až později se začalo dobývat hlubinným způsobem. Období válek, a tím způsobená politická a hospodářská nestabilita, zapříčinilo úpadek hornických aktivit. Třicetiletá válka způsobila pozastavení těžby na dlouhou dobu a znovuobnovení nebylo nikterak jednoduché, ale počátkem 18. století se opět podařilo těžbu oživit. V roce 1860 se vytěžilo 0,5 mil. tun uhlí a těžební průmysl pozvolna vzkvétal až do další nešťastné události. Před začátek 1. světové války bylo vytěženo 18,6 mil. tun (v r. 1913) a od roku 1914 byla opět omezila těžbu uhlí. Podnětem k vzrůstajícímu rozvoji dala třetí říše, v roce 1943 v souvislosti s válečnou potřebou dosahuje rozvoj svého vrcholu. [4]

V poválečném období postupně docházelo k rozvoji těžby v severočeském hnědouhelném revíru a z následující tabulky a grafu je viditelná exploatace uhlí na daném území:

Tab. 1: Vytěžené množství uhlí za dané období

Rok	Množství [tuny]	Množství [mil. tun]
1943	20200000	20,2
1945	11100000	11,1
1950	19800000	19,8
1960	39600000	39,6
1970	55000000	55,0
1975	60700000	60,7
1980	66700000	66,7

(Převzato z [4])



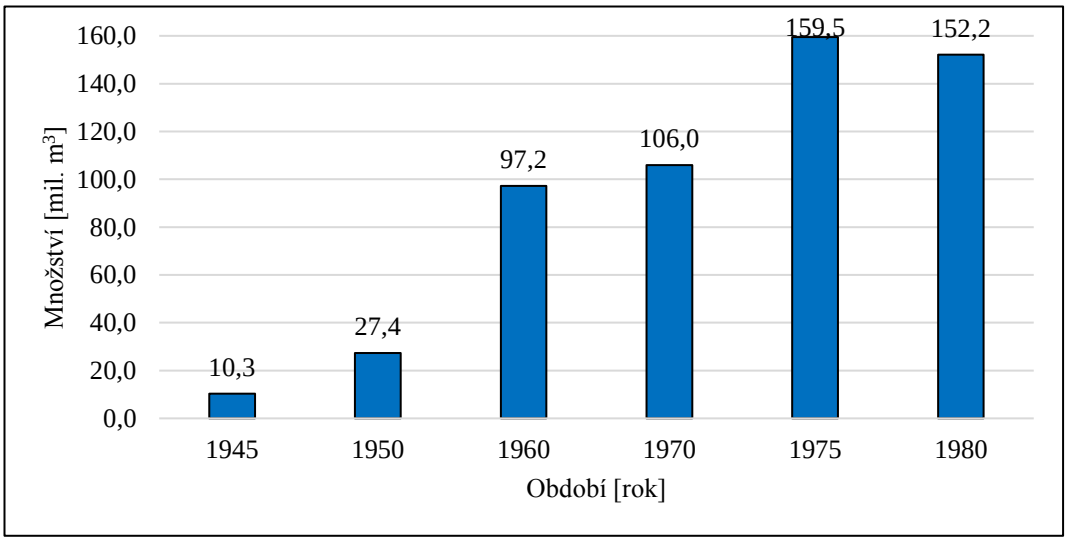
Graf 1: Vytěžené množství uhlí za dané období (Převzato z [4])

Při dobývání uhlí docházelo k výkopovým pracím, při kterých bylo odklizeno velké množství zeminy, které je zřejmé z další tabulky a grafu:

Tab. 2: Vytěžené množství zeminy za dané období

Rok	Množství [m^3]	Množství [mil. m^3]
1945	10300000	10,3
1950	27400000	27,4
1960	97200000	97,2
1970	106000000	106,0
1975	159500000	159,5
1980	152200000	152,2

(Převzato z [4])



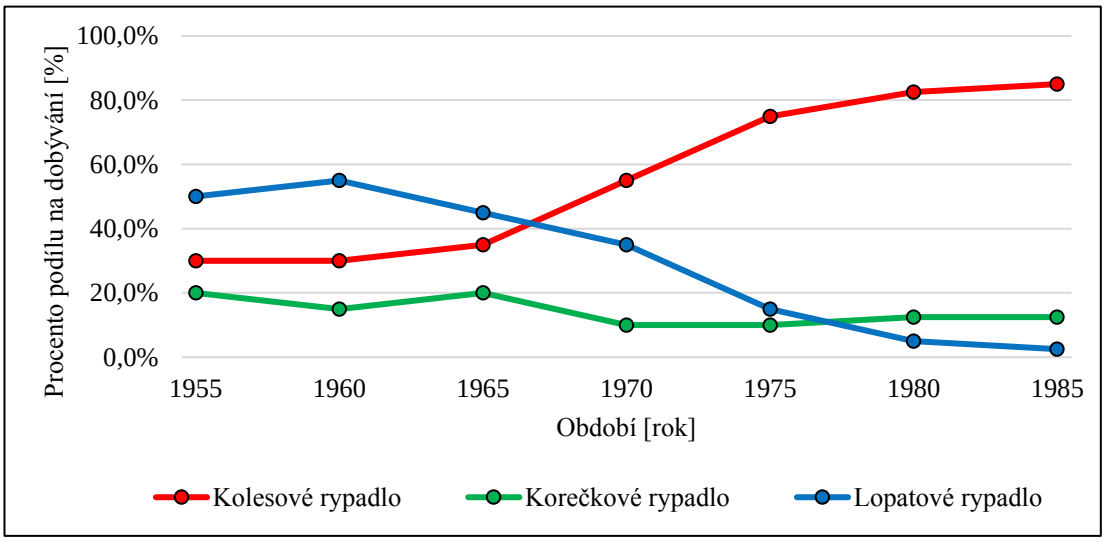
Graf 2: Vytěžené množství zeminy za dané období (Převzato z [4])

Kdysi se nebral ohled na snížení destrukčních vlivů a podnikatelé se zaobírali spíše minimalizací nákladů a maximalizací těžeb a zisku, než vytvořením plánu a finančních rezerv na následnou rekultivaci. Postupem času docházelo k rozvoji technologie a začaly se upřednostňovat výkonnější stroje, jak je vidět v následující tabulce a grafu:

Tab. 3: Využití strojní techniky pro dobývání

Stroje pro dobývání	**Rok**						
	1955	**1960**	**1965**	**1970**	**1975**	**1980**	**1985**
Kolesové rypadlo	30,0 %	30,0 %	35,0 %	55,0 %	75,0 %	82,5 %	85,0 %
Korečkové rypadlo	20,0 %	15,0 %	20,0 %	10,0 %	10,0 %	12,5 %	12,5 %
Lopatové rypadlo	50,0 %	55,0 %	45,0 %	35,0 %	15,0 %	5,0 %	2,5 %

(Převzato z [4])

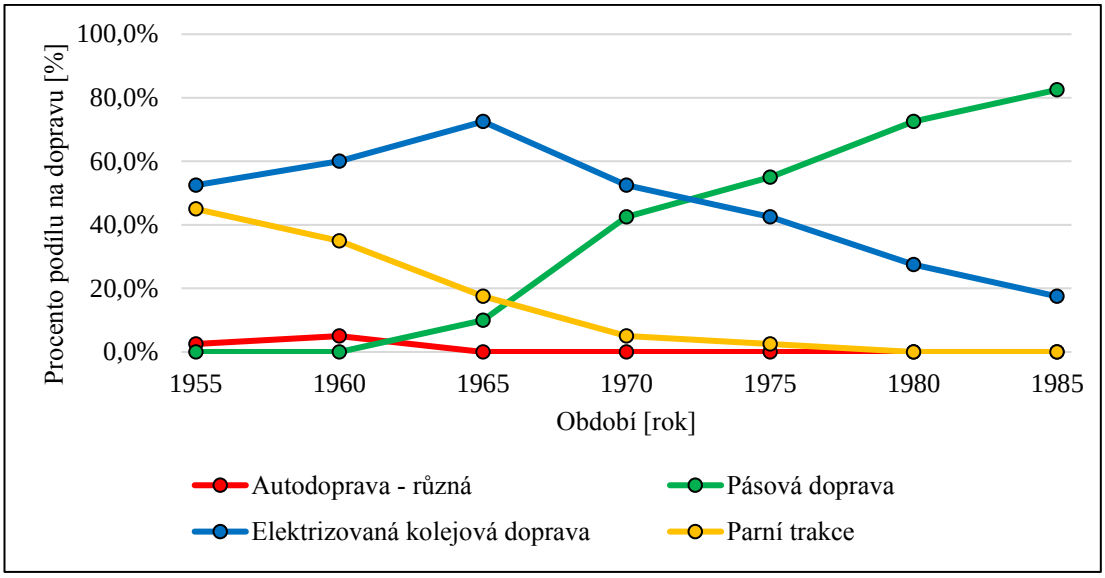


Graf 3: Využití stojní techniky pro dobývání (Převzato z [4])

Tab. 4: Využití stojní techniky pro dopravu

Stroje pro dopravu	**Rok**						
	1955	**1960**	**1965**	**1970**	**1975**	**1980**	**1985**
Autodoprava – různá	2,5 %	5,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Pásová doprava	0,0 %	0,0 %	10,0 %	42,5 %	55,0 %	72,5 %	82,5 %
Elektrizovaná kolejová doprava	52,5 %	60,0 %	72,5 %	52,5 %	42,5 %	27,5 %	17,5 %
Parní trakce	45,0 %	35,0 %	17,5 %	5,0 %	2,5 %	0,0 %	0,0 %

(Převzato z [4])

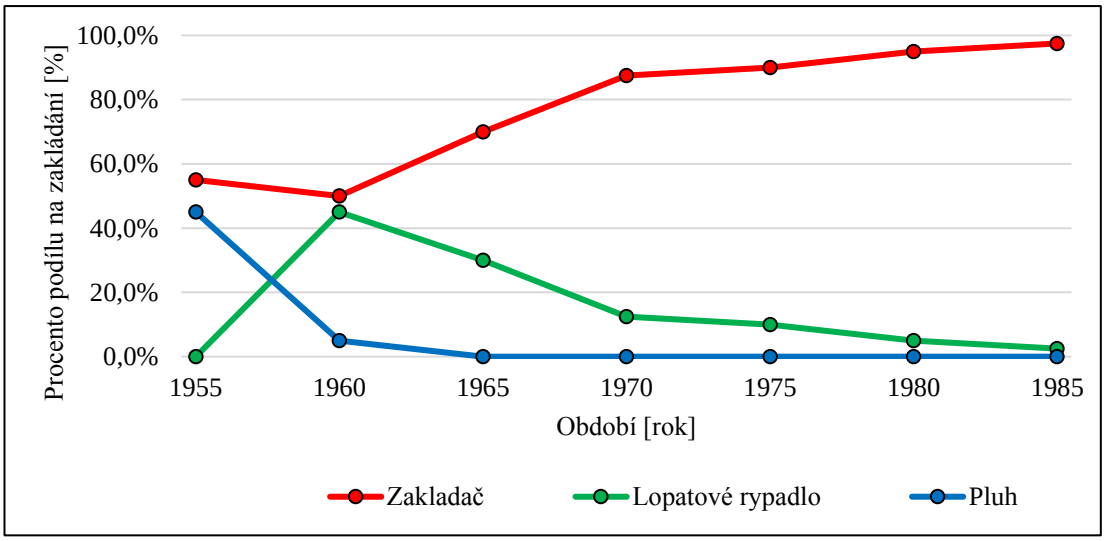


Graf 4: Využití strojní techniky pro dopravu (Převzato z [4])

Tab. 5: Využití strojní techniky pro zakládání

Stroje pro zakládání	**Rok**						
	1955	**1960**	**1965**	**1970**	**1975**	**1980**	**1985**
Zakladač	55,0 %	50,0 %	70,0 %	87,5 %	90,0 %	95,0 %	97,5 %
Lopatové rypadlo	0,0 %	45,0 %	30,0 %	12,5 %	10,0 %	5,0 %	2,5 %
Pluh	45,0 %	5,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %

(Převzato z [4])



Graf 5: Využití strojní techniky pro zakládání (Převzato z [4])

Uhlí vzniká dlouhodobým procesem, který může trvat i několik set milionů let a spočívá v prouhelnění nashromážděných zbytků rostlin, a proto je řazen mezi neobnovitelné přírodní zdroje. Postupem času se lidstvo učilo více v odvětví geologie,

chemie a technologie množství druhů využívaných nerostných surovin. V období novověku stoupala poptávka a tím se navyšovala spotřeba.

1.3 Dopad těžby na životní prostředí

Z rostlin byla napřed rašelina, pak lignit, hnědé uhlí, černé uhlí a antracit, tudíž za nejstarší se považuje uhlí černé, po něm hnědé a za nejmladší lignity. Čím je nerost starší, tím je kvalitnější a má lepší vlastnosti jako jsou výhřevnost a emisivita při spalování. Z hlediska životního prostředí se černé uhlí jeví příhodnější alternativou než uhlí hnědé.

Těžba nerostných surovin negativně ovlivňuje životní prostředí z hlediska narušení horninotvorného prostředí a hydrogeologických poměrů. Pro snížení negativních vlivů těžby je důležité její důsledky napravit. Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství § 35 hovoří o tom, že: „*za sanaci se považuje odstranění škod na krajině komplexní úpravou území a územních struktur*“. [2]

2 REKULTIVACE

Pod pojmem rekultivace si lze představit soubor činností, které mají zakrýt vzniklé nežádoucí antropogenní zásahy do krajiny. Rekultivaci lze chápat jako obnovení krajiny do původního stavu po jejím poškození průmyslovou činností, převážně těžbou. Hlavním předmětem pro rekultivaci je území postižené těžbou nerostných surovin (zbytkové jámy po povrchové těžbě uhlí, výsypky, vytěžené pískovny, kamenolomy, pinky). Účelem rekultivace je transformovat vytěžené území na lesy, pole nebo na tzv. novou divočinu. Avšak výsledkem může být i vybudování rekreačního zázemí městských aglomerací.

Na území tehdejší Československé republiky v období 60. let byla upřednostňována rekultivace zemědělská a jednalo se nejčastěji o vybudování louky, pole, sadu či vinice. Podkladem pro realizaci slouží zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu a zákon č. 44/1988 Sb., ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). Při procesu se zprvu naveze a rozprostře organická hmota, poté následuje orba, vláčení, smykování, setí přípravných plodin, jejich zaorání, hnojení a posléze již lze pěstovat cílové plodiny nebo zatravnit území.

Rekultivace lesnická se zaobírá výsadbou stromů pro vznik nových lesů a tím docílit zpevnění půdy. Pro výběr vhodných dřevin je směrodatné původní geografické umístění a jejich druh, z hlediska praxe tomu však tak není. Často je rekultivace provedena z velké části jedním druhem dřevin, a to jak původního druhu, který se na území dříve nacházel, tak i nepůvodního či dokonce invazním druhem. Z hlediska ekosystému půd a krajiny se volba invazních druhů nejeví vhodnou variantou, jelikož jednou z jejich vlastností je rychlé šíření do okolí a tím potlačení či likvidace ostatních rostlin.

Při použití výsypkových materiálů pro rekultivaci antropozemí jsou zásadní vlastnosti, jako jsou adsorpční schopnosti, výměnná kapacita kationtů, půdní reakce, fyzikální a infiltrační vlastnosti, obsah a složení organických látek, minerálních živin a fytotoxických sloučenin. Mezi vhodné materiály lze zařadit kvartérní hlíny, zvětralé i nezvětralé polyminerální jílovce a méně přijatelné jsou kaolinické jíly, samotné bentonitizované tufy anebo s uhelnou substancí. Naopak uhlí, uhelné jíly, jíly, písky, kaolinizované tufy a grafity převážnou částí svých vlastností jsou nevyhovují až rizikové pro lesnickou a zemědělskou rekultivaci.

Vytěžené území může být proměněno v rekreační oblast, golfové hřiště nebo třeba letiště. Nejčastěji se středem takovéto nové oblasti stane rekultivační jezero. V rámci rekultivačních procesů je nezbytnou součástí zatopení vytěžených lomů, obnovení říčních toků a ekosystémů, úprava a zvyšování vodní bilance. Zabezpečení území způsobem zaplavení dává za vznik rekreačním vodním plochám, rybníkům, mokřadům, odvodňovacím příkopům nebo retenčním nádržím.

2.1 Technická rekultivace

Rekultivaci lze rozdělit do dvou etap. Prvotním cílem je technická etapa, kde se jedná o vybudování nového terénu za použití těžké techniky, jako jsou například buldozery, rypadla, příkopové pluhy, frézy apod. Jako každá výstavba, i rekultivace má svou posloupnost a mezi prvotní fáze se řadí zavezení těžebních slojí či pater, izolace míst, která jsou určena pro vodohospodářskou rekultivaci, a následně se začne modelovat terén. Prováděné práce zahrnují přesun, ukládání, rozprostírání a hutnění zeminy a navezení skrývkové ornice.

Již v době výstavby nového terénu musí být znám pozdější účel území a rozhoduje se o tom v rámci územního plánování, kterého se účastní orgány státní správy, obce, ale i veřejnost podle přesně daného zákonného postupu. Materiál je volen podle využití terénu. Jedná-li se například o cesty, zástavbu, parkoviště apod., je možné navážet horniny neúživné. Ornice se naveze tam, kde bude vybudováno pole či sad.

Budování terénu je ekonomicky a technicky náročná činnost. Především bychom měli počítat se sedáním zemního tělesa, jelikož navážený materiál i při dokonalém zhutnění bude ještě dlouhá léta pracovat. Z hlediska estetiky by měl terén působit přirozeně, zapadat do okolního prostředí a pokud tak není učiněno, nový terén vypadá monotónně a okolím může být vnímám jako nepodařený.

2.2 Biologická rekultivace

Druhotným cílem je etapa biologická, která má za účel oživit nové území. Tato etapa se zabývá úpravou chemických a fyzikálních vlastností půdy, hnojením a dodáváním živin do půdy. Následně navazují opatření kypřením, smykováním, válcováním a pěstováním vhodných plodin. Pro pole je zvolen speciální osevní postup, který zajistí zúrodnění půdy. Pro začátek je nutná závlaha sazenic, jelikož při

narušených hydropedologických podmínkách je zapotřebí věnovat území větší péči, než se opět začlení do koloběhu ekosystému.

Před započetím osetí travními semeny či výsadbou stromů jsou často používány chemické prostředky na velké plochy či určitá místa, které jsou zarostlé bujnou ruderální (rumištní) vegetací. Materiál z prořezávek a nežádoucí dřeviny se zpracovávají tzv. štěpkováním, urychlí se rozklad organické hmoty.

2.3 Přehled rekultivace na severozápadu

Hnědouhelné doly oblasti severozápadu jsou rozděleny do oblastí Chebské, Sokolovské a Mostecké pánve. Na území Mostecké pánve realizují důlní činnost společnosti Severočeské doly, a. s. (lomy Tušimice, Bílina), Vršanská uhelná, a. s. (lomy Vršany, Jan Šverma) a Severní energetická, a. s. (lom ČSA – Československé armády, hlubinný důl Centrum). V oblasti Sokolovské pánve působí společnosti Sokolovská uhelná, právní nástupce, a. s. (lom Jiří) a Palivový kombinát Ústí, s. p. (rekultivace lomu Chabařovice, Ležáky-Most). [10]

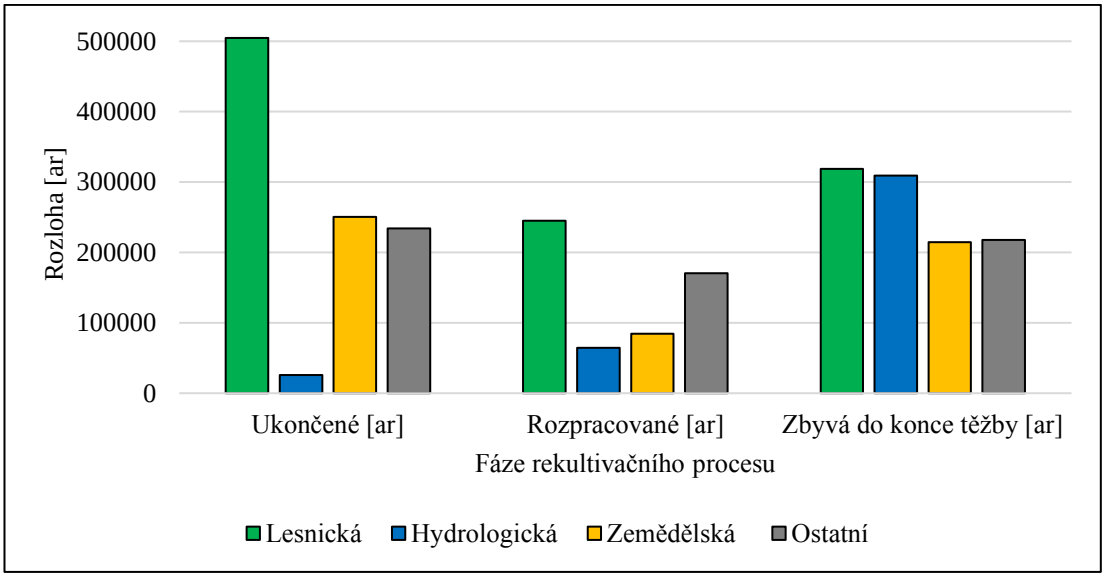
Palivový kombinát Ústí, s. p., je zajímavý svou současnou činností. Vznikl v roce 1968 a o devět let později zahájil těžbu lomem Chabařovice. Jedná se o státní podnik a v důsledku politických změn roku 1989 byla podniku udělena povinnost zrekultivovat poškozené území. Lomovou těžbu ukončil roku 1997 a od té doby se plně věnuje odstranění následků hornické činnosti a důlních škod. Na území Mostecké pánve zajistil rekultivaci výstavbou Jezera Most, které je od roku 2012 napuštěno z řeky Ohře přes průmyslový vodovod Nechranice.

V níže uvedených tabulkách jsou vidět hodnoty a grafy znázorňují poměr typů rekultivací v závislosti na fázi, v jaké se rekultivační proces nachází:

Tab. 6: Rekultivace v Mostecké pánvi do roku 2010

Proces	**Fáze rekultivačního procesu**		
	Ukončené [ar]	**Rozpracované [ar]**	**Zbývá do konce těžby [ar]**
Lesnická	504509	244902	318916
Hydrologická	25862	64662	309312
Zemědělská	250356	84378	214777
Ostatní	234176	170366	217611

Převzato z: [10]

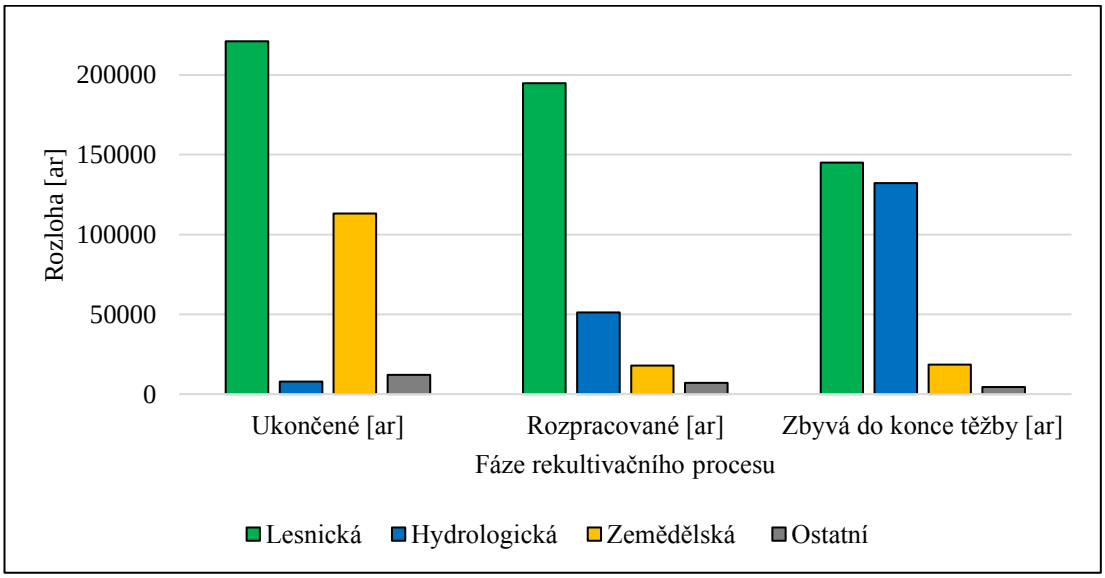


Graf 6: Rekultivace v Mostecké pánvi do roku 2010 (Převzato z [10])

Tab. 7: Rekultivace v Sokolovské pánvi do roku 2010

Proces	**Rekultivační fáze**		
	Ukončené [ar]	**Rozpracované [ar]**	**Zbývá do konce těžby [ar]**
Lesnická	221117	194737	145035
Hydrologická	7837	51228	132230
Zemědělská	113079	17792	18540
Ostatní	11972	7031	4446

(Převzato z [10])



Graf 7: Rekultivace v Sokolovské pánvi do roku 2010 (Převzato z [10])

3 STARÉ DŮLNÍ DÍLO

Dle zákona č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů, se starým důlním dílem rozumí důlní dílo v podzemí, které je opuštěno, a také opuštěný lom po těžbě vyhrazených nerostů. U těchto děl neexistuje nebo není znám původní provozovatel ani jejich právní nástupce. Pokud se důlní dílo z nějakého důvodu stane trvale či dlouhodobě uzavřeným a nevyužívaným a je znám vlastník/provozovatel, považuje se důlní dílo pouze za opuštěné nikoli za staré. [2]

Kdo zjistí staré důlní dílo, je povinen podat oznámení ministerstvu životního prostředí České republiky. Oznámení je možné zaslat jak v elektronické podobě za pomoci emailu, tak v písemné prostřednictvím dopisu. Oznámení by mělo obsahovat popis místa a čas zjištění, dále stav nebo rozsah poškození povrchu, například velikost propadliny. Ministerstvo životního prostředí zabezpečuje zjišťování starých důlních děl a vede jejich registr. V přehledu ke dni 31. prosinci 2018 je uvedeno, že: „*do konce roku 2018 bylo v severočeské hnědouhelné pánvi zajištěno 160 starých důlních děl*“, což je pouze o 3 více než v roce 2017. [2] [12] [13]

3.1 Metody likvidace starých důlních děl

Od počátku dobývání ložisek uhlí v Severočeském hnědouhelném revíru se prováděla průběžná likvidace důlních děl zaplavením. Jednalo se o díla, která byla označena za opuštěná, chodby a také ostatní důlní prostory.

Vyhláška ČBÚ č. 52/1997 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl, v třetí části popisuje zásady likvidace hlavních důlních děl, požadavky a zajištění stability zásypového materiálu. Vyhlášku lze uplatnit do jisté míry i pro likvidaci starých důlních děl ústících na povrch. [14]

Státní báňská správa má možnost vydat rozhodnutí o likvidaci důlních děl a způsobu likvidace. Rozhodnutí vzniká na základě zajištění stability prostoru, který se nachází například pod objekty, liniovými stavbami nebo pokud je ohrožen veřejný zájem. Jedním ze způsobů vyplňování nezavalených prostor byl prostý zásyp, který byl prováděn u komor určených pro ukládání uhelných mourů v době jejich neodbytu.

Pokud v rámci rekultivace bylo území určeno pro zástavbu, tak další možností, jak zajistit sanaci, bylo zaplavit prostor základkovým materiálem. Pomocí potrubí byla dopravována voda a při dostatečném proudu splavovala přiměřené množství základkového materiálu. Při tomto způsobu bylo použito materiálu takových vlastností, které zaručovali při správném poměru dobrou plavitelnost a tím dokonalé vyplnění důlního díla.

4 KONTAMINOVANÁ ZEMINA AZBESTEM

Zemina může být znečištěna jakýmkoliv materiálem, který se ve volné přírodě běžně nevyskytuje, mění vlastnosti půdy, škodí nejen rostlinám, ale i zvířectvu.

4.1 Azbest

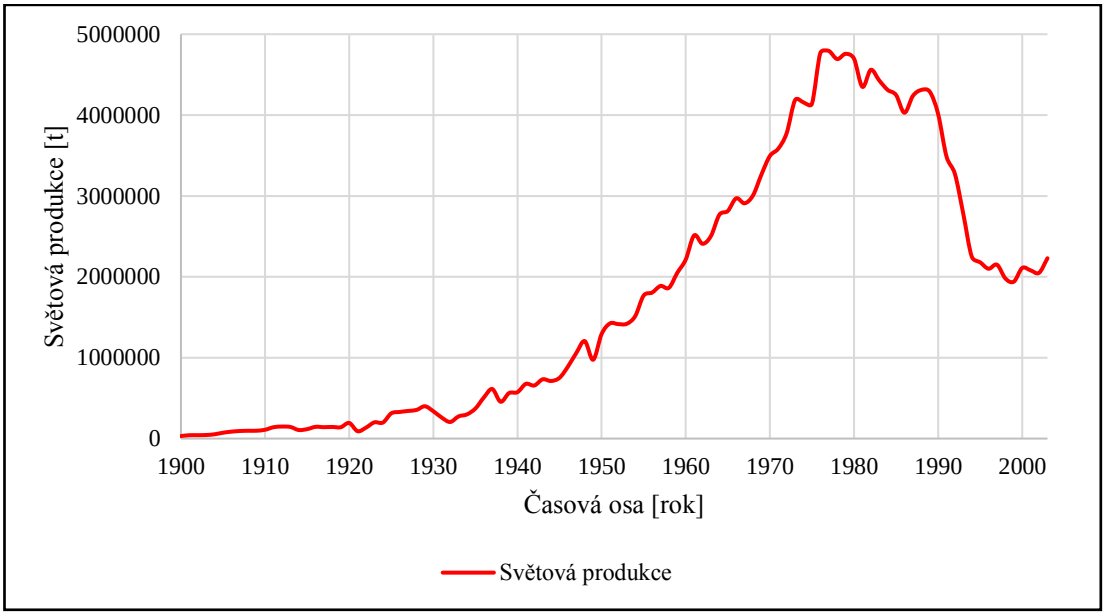
Azbest (česky osinek) je spíše označení skupiny silikátových minerálů s vláknitou strukturou a podle krystalové mřížky se dělí na dvě skupiny – amfiboly, serpentiny. Azbest se vyskytuje v šesti hlavních formách – aktinolit, amosit (hnědý), antofylit, chrysolit (bílý), krokydolit (modrý) a tremolit. Identifikace druhu azbestu podle barevného označení není jednoznačná a laboratorní rozbor určí druh azbestu spolehlivěji a přesněji.

Azbestová vlákna jsou o velikosti mikroskopických částic, které po vdechnutí se usadí v plicích a po dobu mnoha let se nikterak jejich účinek neprojeví. Neznamená to však, že jeho přítomnost v dýchacích cestách je příznivá, ba naopak. Tělo nemá velkou šanci na očištění od azbestových vláken, i když se imunitní systém brání. Azbest všech typů způsobuje lidem zhoubné nádory, jedná se o karcinogeny kategorie 1.

Azbest sám o sobě ve stavebním materiálu není škodlivý do doby, dokud nezačne docházet k oddělování (drobivosti) materiálu, kde rizikovější je materiál se slabě vázanými částicemi. Pro všechny druhy azbestu platí, že jejich expozice musí být vždy minimalizována pod limitní hodnotu.

V nařízení vlády č. 361/2007 Sb. je uvedena věta: *„sledovaným ukazatelem expozice zaměstnance azbestu je početní koncentrace vláken o rozměrech délky větší než 5 μm, průměru menším než 3 μm a poměru délky k průměru větším než 3 : 1 v pracovním ovzduší*“. Nařízení stanovuje podmínky pro ochranu zdraví při práci s azbestem a materiály obsahujícími azbest. [16]

Těžba azbestu měla počátek od druhé poloviny 19. století, azbest našel uplatnění v průmyslu, především ve stavebním, a jeho produkce vrcholila v 70. a 80. letech 20. století. Níže uvedený graf zobrazuje nárůst a pokles celosvětové produkce azbestu a hodnoty jsou uvedeny v Příloze 1:



Graf 8: Celosvětová nabídka azbestu a trendy spotřeby od 1900 přes 2003 (Převzato z [17])

4.2 Vliv na zdraví člověka a životní prostředí

Azbestóza, jako všechny nemoci způsobené expozicí azbestu, se projevuje až o mnoho let později, nejdříve po 20-30 letech. Dráždivý kašel a dušnost se projevují jako jedny z prvních příznaků a v 95 % přejde nemoc v nádorové onemocnění. Onemocnění způsobné vdechnutím azbestových částic jsou azbestóza, zjizvení plic, rakovina plic, mezoteliom, rakovina pleury nebo pobřišnice. [15]

4.3 Výrobky obsahující azbest a jejich využití

Azbestová vlákna jsou vhodné pro stavební materiály, jelikož zlepšují tepelné a izolační vlastnosti a působí i jako zpevňující složka. V kapitole je důležité zmínit stavební materiály, do kterých byl azbest přidáván a popřípadě o jak velké množství se jednalo, a využitelnost těchto stavebních materiálů s příkladem zabudovaných konstrukcí:

Tab. 8: Materiály obsahující azbest (Převzato z [15])

Materiál	**Typická použití**	**Příklad výskytu**
Hmota na výrobu hmoždinek	Montážní vruty pro nástěnné přístroje	Elektrické skříňky
Vyztužené plasty (mohou obsahovat asi 5 až 10 % azbestu)	Panely potažené plastem, panely a obvodové pláště z PVC, výztuže výrobků do domácnosti	Panely potažené plastem (např. Marinite) v obytných prostorách lodí, okenní parapety
Tmely, těsnící hmoty a lepidla (5 - 10 %)	Kdekoli, kde se používá tento typ hmot	Okenní těsnění, podlahy

Materiál	Typická použití	Příklad výskytu
Azbestocement (10 - 15 %)	Profilované střešní krytiny, obvodové pláště zdí a okapní desky	Příčky v zemědělských a obytných budovách, obložení v průmyslových budovách, dekorativní panely, krycí desky van, okapová prkna, obklady stěn a stropů, mobilní buňky, množitelské záhony v zahradnictví, protipožární hrazení a kompozitní panely pro protipožární ochranu
	Dlaždice/obkladačky a střešní tašky	Obvodové pláště terasy, pochozí obklady plochých střech a střešní krytiny
	Tvarované výroky (lité do forem, lisované)	Cisterny a nádrže, trativody, kanalizační roury, dešťové potrubí a žlaby, kouřové trubky, oplocení, součásti střech, kabelové kanály a trubky, ventilační kanály a květinové truhlíky
Tuhá lepenka, papír a výrobky z papíru (90 - 100 %)	Všeobecná tepelná izolace a požární ochrana, elektrická a tepelná izolace elektrických zařízení	Krytinová lepenka a hydroizolační vrstvy, kompozitní materiály s ocelí, obvodové pláště a střešní krytiny z PVC, krycí vrstva hořlavých desek, nehořlavé laminaty a izolace vlnitých trubek
Látky (až 100 %)	Výplně a ucpávky, tepelná izolace a izolační pláště (ohnivzdorné potahy, žíněnky a protipožární zástěny), rukavice, zástěny a pracovní kombinézy	Ve slévárnách, v laboratořích a kuchyních; protipožární zástěny v divadlech
Provazce, těsnicí vlákna (až 100 %)	Izolační hmoty pro opláštění, výplně a ucpávky, žáruvzdorné a ohnivzdorné těsnění a uzávěry, temování ve zdivu, těsnění kotlů a kouřových trubek, pletencové trubky pro elektrické kabely	Kotle ústředního topení, pece, spalovací pece a další zařízení pracující při vysokých teplotách
Azbestové izolační desky (16 - 40 %)	Požární ochrana, tepelná a zvuková izolace a všeobecné stavební práce	Téměř ve všech druzích budov; v instalačních potrubích a jako protipožární přepážky, výplňové panely, příčky, stropní podhledové desky, střešní izolace, obložení stěn, krycí desky van; pláště domácích bojlerů, panely příček a stropů, obezdívky kamen a systémy dvojitých (dutinových) podlah
Izolační opláštění a výplně (1 - 100 %)	Tepelná izolace trubek, kotlů, tlakových nádob; tvarované potrubí profily, desky, pásky, provazce, vlnitý papír, stavební a izolační rohože a lepenky	Na potrubí a kotlích ve veřejných budovách, školách, továrnách a nemocnicích; azbestové rohože na průmyslových parních kotlích, šnůry nebo provazce ovinuté kolem potrubí, někdy pokryté cementovým potěrem
Volně sypaná výplň (až 100 %)	Tepelná a zvuková izolace	Izolace podkroví, kabelové prostupy
Nástřiky (85 %)	Tepelná a zvuková izolace, protipožární ochrana a ochrana proti kondenzaci	Na ocelových konstrukcích ve velkých či vícepodlažních budovách; jako protipožární přepážky ve stropních dutinách a na stropech plaveckých bazénů

4.4 Nakládání s odpady dle legislativy ČR

Podle směrnice Ministerstva zdravotnictví ČR č. 64/1984 Sb. bylo použití azbestu omezeno a azbest byl prohlášen za karcinogenní látku. Od roku 1997 výroba stavebních materiálů z azbestu a jejich využití byly zakázány v plném rozsahu a o dva roky později byl vydán zákon č. 157/1998 Sb., o chemických látkách a chemických přípravcích a o změně některých dalších zákonů, kde byl azbest zakázán, a tudíž i jeho výroba, dovoz a šíření byly považovány za trestný čin. Nyní je platná novela tohoto zákona a to zákon č. 350/2011 Sb., o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon).

Je mnoho legislativních předpisů, které vysvětlují problematiku a zakazují práci s azbestem vzhledem k ochraně zdraví člověka a životního prostředí, ukládají povinnosti při nakládání s odpadem obsahujícím nebezpečné látky. Zde je uveden soupis několika zákonů, vyhlášek a nařízení vlád, které se týkají hlavně bezpečnosti a ochrany zdraví při práci s azbestem a nakládání s odpady:

Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (§37, §38, §39, §40 a §41), **Zákon č. 183/2006 Sb.**, o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), **Zákon č. 262/2006 Sb.**, zákoník práce, **Zákon č. 309/2006 Sb.**, o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, **Zákon č. 350/2011 Sb.**, o chemických látkách a chemických směsích a o změně některých zákonů (chemický zákon), **Vyhláška č. 145/1988 Sb.**, o Úmluvě o závodních zdravotních službách (č. 161), **Vyhláška č. 432/2003 Sb.**, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli (§5), **Vyhláška č. 394/2006 Sb.**, kterou se stanoví práce s ojedinělou a krátkodobou expozicí azbestu a postup při určení ojedinělé a krátkodobé expozice těchto prací, **Vyhláška č. 499/2006 Sb.**, o dokumentaci staveb, **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.**, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, **Příloha k nařízení vlády č. 290/1995 Sb.**, seznam nemocí z povolání, **Zákon č. 185/2001 Sb.**, o odpadech a o změně některých dalších zákonů, **Vyhláška č. 383/2001 Sb.**, o podrobnostech nakládání s odpady, **Vyhláška č. 294/2005 Sb.**, o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, **Vyhláška č. 93/2016 Sb.**, o

Katalogu odpadů, **Vyhláška č. 94/2016 Sb.**, o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů, **Nařízení vlády č. 352/2014 Sb.**, o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024.

4.5 Nakládání s odpadly dle legislativy EU

V současné době je velká škála legislativních předpisů upravující nakládání s nebezpečnými odpady v rámci Evropské Unie. Mezi jedny z prvních předpisy patří směrnice rady 67/548/EHS ze dne 27. června 1967 o sbližování právních a správních předpisů týkajících se klasifikace, balení a označování nebezpečných látek, směrnice rady 76/769/EHS ze dne 27. července 1976 o sbližování právních a správních předpisů členských států týkajících se omezení uvádění na trh a používání některých nebezpečných látek a přípravků a směrnice rady 91/689/EHS ze dne 12. prosince 1991 o nebezpečných odpadech, které jsou však nyní neplatné.

Níže je uveden soupis několika směrnic, nařízení a dalších předpisů, které jsou ve spojitosti s danou problematikou (nakládání s nebezpečným odpadem) úzce spjaty:

Směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů, **Rozhodnutí Komise (2000/532/ES)** ze dne 3. května 2000, kterým se nahrazuje rozhodnutí 94/3/ES, kterým se stanoví seznam odpadů podle čl. 1 písm. a) směrnice Rady 75/442/EHS o odpadech, a rozhodnutí Rady 94/904/ES, kterým se stanoví seznam nebezpečných odpadů ve smyslu čl. 1 odst. 4 směrnice Rady 91/689/EHS o nebezpečných odpadech, **Rozhodnutí Rady (2003/33/ES)** ze dne 19. prosince 2002, kterým se stanoví kritéria a postupy pro přijímání odpadů na skládky podle článku 16 a přílohy II směrnice 1999/31/ES, **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 166/2006** ze dne 18. ledna 2006, kterým se zřizuje evropský registr úniků a přenosů znečišťujících látek a kterým se mění směrnice Rady 91/689/EHS a 96/61/ES, **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1013/2006** ze dne 14. června 2006 o přepravě odpadů, **Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006** ze dne 18. prosince 2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky, o změně směrnice 1999/45/ES a o zrušení nařízení Rady (EHS) č. 793/93, nařízení Komise (ES) č. 1488/94, směrnice Rady 76/769/EHS a směrnic Komise 91/155/EHS, 93/67/EHS, 93/105/ES a 2000/21/ES, **Směrnice Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 98/2008** ze dne 19. listopadu 2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic, **Nařízení Komise (ES) č.**

552/2009 ze dne 22. června 2009, kterým se mění nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, pokud jde o přílohu XVII, **Nařízení Komise (EU) č. 126/2013** ze dne 13. února 2013, kterým se mění příloha XVII nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, **Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2014/27/EU** ze dne 26. února 2014, kterou se mění směrnice Rady 92/58/EHS, 92/85/EHS, 94/33/ES, 98/24/ES a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/37/ES s cílem uvést je do souladu s nařízením (ES) č. 1272/2008 o klasifikaci, označování a balení látek a směsí, **Rozhodnutí Komise (2014/955/EU)** ze dne 18. prosince 2014, kterým se mění rozhodnutí 2000/532/ES o seznamu odpadů podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2008/98/ES, **Nařízení Komise (EU) 2015/2002** ze dne 10. listopadu 2015, kterým se mění přílohy IC a V nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1013/2006 o přepravě odpadů a **Nařízení Komise (EU) 2016/1005** ze dne 22. června 2016, kterým se mění příloha XVII nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, pokud jde o azbestová vlákna (chrysotil).

4.6 Povinnosti osob v oblasti BOZP

Mezi povinnosti zaměstnavatele patří zpracovat technologický postup specifikovaný na danou stavbu a zaznamenat do něj všechny důležité aspekty objektu. Veškerá rizika vyvolaná nejenom vystavením zaměstnanců prostředí s možnou expozicí azbestu, ale také rizika ohledně pohybu osob po stavbě, použité mechanizace a stavu staveniště jako takového. Toto vše je třeba uvést v plánu BOZP, a především jak se těmto rizikům vyvarovat, popřípadě minimalizovat jejich důsledek.

Zaměstnanci by měli být seznámeni s objektem, jeho rozměry a technickým stavem, ve kterém budou odstraňovat materiál a výrobky obsahující azbestová vlákna. Toto pravidlo platí i v případě likvidace kontaminované zeminy, kde je též nutné být jakožto účastník likvidace nebezpečného materiálu seznámen s těmito fakty. Každý z účastníků je povinen dodržovat předpisy a povinnosti, nosit náležité osobní ochranné pracovní pomůcky a nejenom při vstupu na staveniště, ale hlavně před příchodem do kontrolovaného pásma.

5 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Tato část bakalářské práce bude věnována třem hlavním okruhům.

V prvním okruhu jsem vypracovala technologický postup na téma likvidace důlních komor zaplavením, který je součástí jako Příloha 2 a v samotných kapitolách experimentální části popisuji možné alternativy.

Totéž jsem udělala i pro druhý okruh, ve kterém se věnuji technologickému postupu při likvidaci kontaminované zeminy azbestem. Technologický postup je zařazen jako Příloha 3.

V poslední části jsem spolupracovala na realizaci zkoušek zhutnění zemního tělesa, vyhodnotila jsem jednotlivé zkoušky. Z vyhodnocení je patrné, zda zemní těleso vyhoví z pohledu stability a únosnosti.

5.1 Zaplavení důlních komor

Na území výstavby komunikace byly zjištěny nezavalené důlní komory, které se nalézaly pod budoucí komunikací a musely být zlikvidovány. Na dané téma byl zpracován technologický postup označen Příloha 2.

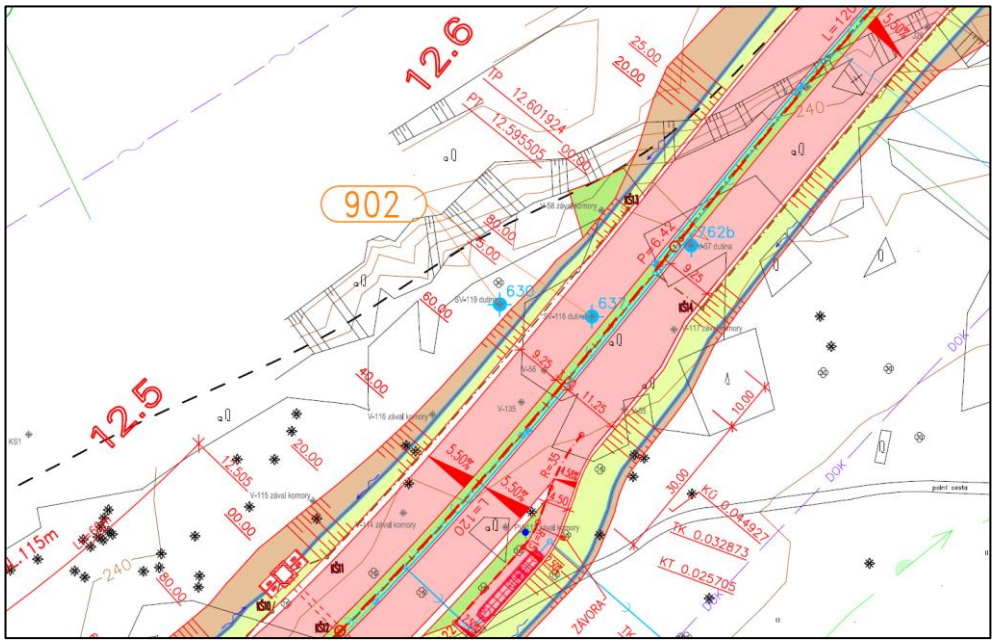
Z hlediska bezpečnosti se požaduje, aby zásypový materiál byl nehořlavý, nerozpustitelný, nerozbřídavý, nebobtnavý a bez obsahu kovových předmětů. Před zahájením likvidace důlního díla musí být provedeny zkoušky, které ověří pevnost materiálu. [14]

Při ukládání základové směsi je důležité zvolit vhodnou variantu, jakou z metod bude nejefektivnější zaplavit daného důlního tělesa. Při vyplňování důlního díla, které se nachází několik desítek metrů pod terénem, je výhodou využít zemské gravitace. Při samovolném vtékání do vrtu měl by být přítok základkové směsi úměrný jímavosti vrtu, proto je nutno dbát na správný objem dopravovaného množství materiálu plavištěm do vrtu. Důlní dílo se průběžně kontroluje vizuálně a je považováno za vyplněné tehdy, když vrt již nepřijímá základkovou směs.

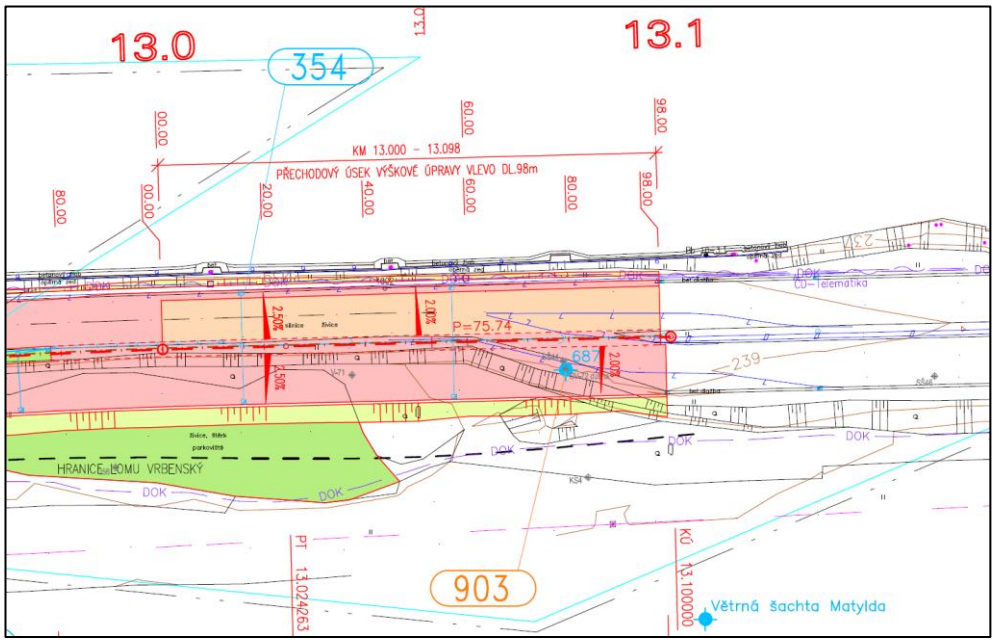
Pokud nelze provést plnění předešlým způsobem z důvodu odporu závalového materiálu v podzemní dutině, připadá v úvahu plnění tlakově. Vzhledem k výskytu dutiny, rozvolněné směsi a délky vrtu, se určí provozní tlak, při kterém bude plnění prováděno.

5.1.1 Základní identifikační údaje stavby

V tomto bodě technologického postupu je popsána charakteristika řešeného objektu, typ, dimenze a místo zabudování. Zde není třeba více rozebírat, jelikož stavební objekty jsou jasně dané. Tři důlní komory, kde dvě jsou zařazeny pod jeden stavební objekt. Zaplavení vybraných komor je důležité z důvodu jejich umístění, je potřeba výstavbu provádět na stabilním a únosném podloží. Likvidované komory jsou č. 630, 637 a 687 viditelné na následujících obrázcích:



Obr. 1: Výřez situace – SO 902



Obr. 2: Výřez situace – SO 903

5.1.2 Vstupní materiály a výrobky

Vyplňování důlních prostor různými pevnými materiály je jednou z metod zajišťující trvalou stabilitu horninového prostředí používaných na hlubinných hnědouhelných dolech. Jedná se o mokrou nebo suchou cestu a jako materiál je používán domácí popel, popílek z průmyslových topenišť, škvára, písek, betonové směsi atd.

Popílek: Zajišťuje se mokrou cestou, tedy plavením. Tento způsob má výhody dokonalého zaplavení a utěsnění důlní prostory. V případě kolísání hladiny důlních vod a porušení uzavíracích zdí, může dojít k rozplavování tohoto materiálu do ostatních důlních děl a tím obnovení volných prostor v horninovém prostředí.

Škvára: Zajišťuje se mokrou cestou tedy plavením. I tento způsob má výhodu dokonalého zaplavení důlních prostor. V případě kolísání hladiny důlních vod může dojít k rozplavování tohoto materiálu do ostatních důlních děl a tím obnovení volných prostor v horninovém prostředí.

Popílek nebo kamenná drť: Realizuje se suchou nebo mokrou cestou podle okolností. Používá se kopaný písek podřadné kvality. Nevýhodou je špatná rozplavitelnost do širšího prostoru a není zajištěna vzduchotěsnost. Výhodou je bezprostřední zaplnění prostoru v místě sanace, možnost zakládání do vody a nerozplavitelnost v případě kolísání hladiny důlních vod.

Betonová směs: Využívá se u speciálních sanací, kde je nutno zajistit maximální únosnost pro zakládání speciálních staveb nebo při nutnosti zaplňování prostor pod vodní hladinou, kde přítomnost cementu, bentonitu nebo jiného materiálu je nutná pro použití betonové pumpy.

Každý z těchto materiálů zajišťuje stabilitu horninového prostředí, ale reaguje odlišně na změnu hladiny důlních vod nebo její proudění.

Pro případ sanace v prostoru silnice I/13 mezi km 11,6 až 13,1 byl jako nejvhodnější materiál popílek z filtrů velkých topenišť dopravovaný do dutin mokrou cestou. Jeho hlavní výhodou je daleká horizontální rozplavitelnost, včetně schopnosti proniknout do volných prostor sypaného materiálu, což je případ nezavalené komory. Zajistil tedy dokonalé zaplnění prostor ve volně sypaném materiálu.

Doprava základkového materiálu ZZM od producenta nebo z překladiště na stavbu byla prováděna prostřednictvím nákladní automobilové dopravy jako volně

ložený základkový materiál zabezpečený proti úletu z korby auta (zaplachtováním). Materiál lze dopravit na zakryté korbě automobilu a prostřednictvím autocisterny.

Záměsová technologická voda pro výrobu základkové směsi byla na pracoviště dopravována prostřednictvím požárních hadic, a to buď pomocí plovoucího čerpadla umístěného na hladině blízkého zdroje této vody, nebo pomocí autocisteren HZS. Pokud to místní podmínky dovolí, lze použít i jiný zdroj vody, např. z požárního vodovodu.

Pro kontrolu materiálu byly zapotřebí doklady, které podléhají zákonu č. 22/1997 Sb., nařízení vlády č. 163/2002 Sb. a č. 190/2002 Sb. Zásypový materiál určený k likvidaci starých důlních děl byl kontrolován následujícími zkouškami: krychelná pevnost v tlaku, konzistenční meze (zkouška rozlitím), objemová hmotnost ztvrdlého materiálu a důležitá je i vizuální kontrola.

5.1.3 Pracovní podmínky

Každému pracovnímu procesu se jasně definuje počet pracovníků, rozdělení jejich povinností a popřípadě příslušná kvalifikace. Nutné je uvést i pracovní stroje, přístroje a pomůcky potřebné pro práci. V rámci podmínek je třeba myslet i na podmínky, které částečně předpovídat, ale nikterak ovlivnit, a to jsou podmínky klimatické.

5.1.4 Pracovní postup

Na již vystrojeném vrtu je umístěna záslepka, kterou je bylo nutné demontovat a provést zkoušku jímavosti a indikaci ovzduší v prostoru vrtu před samotným plněním. Normové požadavky a báňský průzkum určují limitní hodnoty pro koncentraci důlních plynů. V rámci bezpečnosti by doba expozice byla zkrácena v důsledku.

Výroba a specifikace základové směsi: Základová směs je směs technologické vody a tuhého materiálu na bázi elektrárenského popílku (zpevněný zásypový materiál). Smíchání obou složek se provádí:

Hydraulickou cestou ve vhodném zařízení – plavišti (korba nákladního auta, kontejner, upravená plocha využívající vhodné konfigurace terénu), které musí být opatřeno sítem zachycující nedostatečně rozmíchaný materiál a výpustí, kdy se

využívá tlaku záměsové vody a optimálního sklonu. Nebo mechanicky pomocí kontinuálního míchače

Základová směs musí mít takovou hustotu, aby zaručovala spolehlivou dopravu pevné složky směsi do podzemních dutin a zároveň by nebyla příčinou nadměrného vyplavování a vymývání již uložené základky v podzemí. Podle zkušeností je směs tuhého materiálu a technologické vody míchána v poměru 3,3:1 až 1:1,2.

Kapitola TP ohledně opatření před zahájením vlastních prací a nároky na uspořádání popisuje plavící deponii a plošinu, zdroj vody a plavení, plavící trychtýř a potrubí. Hlavní částí je popis postupu prací, kde bylo zvoleno gravitační ukládání směsi.

Gravitační ukládání: Po namíchání základkové směsi odtéká rmut samovolně přímo do vystrojeného vrtu. Kontrola namíchané směsi se provádí vizuálně. Pokud jímací schopnost vrtu jsou menší, než je přítok z plaviště, omezí se množství dodávané základkové směsi tak, aby přítok do vrtu a odtok z vrtu do důlního díla byl v rovnováze.

Tlakové ukládání: Jestliže je v důsledku velkého odporu závalové směsi v podzemní dutině zakládání neefektivní, poté se provádí plnění vrtu pomocí čerpadla na husté kašovité směsi. V tomto případě je odtok z plaviště sveden do násypky čerpadla. Čerpání směsi do vrtu se pak provádí tlakově. Výše provozního tlaku se stanoví dle místních podmínek (délka vrtů, propustnost rozvolněného materiálu, výskyt dutin apod.) a uvede se ve stavebním deníku. Po naplnění vrtu směsí je čerpání na cca 1 hodinu přerušeno. Pokud v průběhu této hodinové přestávky dojde k poklesu hladiny směsi ve vrtu, tlaková doprava základky se do vrtu obnoví. V případě přerušení čerpání na dobu delší než 1 hodinu za předpokladu, že dílo není základkou dosud vyplněno, se musí provést před přerušením prací propláchnutí čerpacího řádu technologickou vodou, a to včetně vrtu. Pokud se vrt opakovaně plní a směs již nepřijímá, hadice je odpojeny a zhlaví vrtu se do doby jeho konečné likvidace uzavřeno záslepkou.

Ve zkratce je pořadí procesů následující – doprava technických zařízení a stavebního materiálu, kontrola na začátku (krychlená pevnost, čerstvá popílková směs), ukládání materiálu, kontrola průběžná (vizuální a provazem, zda se neucpalo

potrubí směsí), kontrola na konci (pokud směs potrubím neteče, ale vytéká okolo => komora zaplněná), kontrola po čase (soda).

5.1.5 BOZP – požadavky a opatření

Před zahájením stavebních prací museli pracovníci dodavatelských a subdodavatelských organizací prokazatelně projít vstupním školením BOZP, dle nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích, které provedl pracovník bezpečnostního managementu generálního dodavatele. Školení mohl provést jak pracovník generálního dodavatele, tak třetí strana. Všichni pracovníci museli být seznámeni se specifickými riziky konkrétního pracoviště. Stavbyvedoucí zajistit, dle zákoníku práce, aby došlo k výměně seznamů rizik jednotlivých subdodavatelů pohybujících se na staveništi. V tomto školení byl proveden zápis o absolvování školení do dokumentů dodavatele k tomu určených.

V rámci bezpečnosti a ochrany zdraví při práci se zaměstnanci řídili příslušnou legislativou uvedenou v technologickém postupu a byli seznámeni s provozem a používáním strojů a nářadí potřebných k dané práci na pracovišti. Konkrétní vymezení jednotlivých opatření je též uvedeno v technologickém potupu.

Po celou dobu pobytu na staveništi byli pracovníci vybaveni následujícími OOPP – pracovní přilba BASEBALL DIAMOND V, pracovní obuv PANDA MONVISO kotníková S3 SRC (uzavřená obuv s vyztuženou špičkou a podrážkou odolnou proti propíchnutí), reflexní kalhoty s laclem PORTWEST S488 – dvoubarevné (ve žluté pro technické pracovníky a oranžové pro dělníky) a bavlněné tričko Xfer 190 BA (v barvě navy), popř. pracovní rukavice a ochranné brýle.

Každý zaměstnanec se po převzetí těchto pracovních pomůcek přesvědčil o jejich kompletnosti, provozuschopnosti a celkovém nezávadném stavu.

5.1.6 Ochrana okolí a životního prostředí

Práce mohli být prováděny od 6:00 do 22:00 hod. v souladu se zákonem č. 251/2016 Sb., o některých přestupcích, poskytována ochrana a postih za přestupek porušení nočního klidu. V případě pohotovosti hasičského sboru byly práce pro daný den přerušeny. V rámci ochrany životního prostředí se zaměstnanci řídili příslušnou legislativou uvedenou v technologickém postupu.

Během pracovní směny byl průběžně monitorován stav pracovního prostředí a kontrolováni byly i pracovníci, kteří se nacházeli v okolí stavebního objektu. Po skončení prací se provedla kontrola, zda na místě byla zlikvidována důlní komora. Měření a kontrolu provedl odborně způsobilý pracovník, který pořídil zápis do stavebního deníku.

Nebylo třeba přijímat zvláštní opatření, pouze každý z účastníků výstavby činil tak, aby neohrozil životní prostředí.

5.2 Kontaminovaná zemina azbestem

V rámci výstavby MÚK Třebušice byly realizovány zemní práce a během nichž došlo k výkopovým pracím skrývkových zemin, které ve třech oblastech obsahují příměs azbestocementových deskových úlomků. Technologický postup je uveden jako Příloha 3.

Pokud se rozhoduje o dalším postupu, je zde jediná možnost, a to odstranění kontaminované zeminy specializovanou firmou, která zajistí bezpečné odklizení a odvoz odpadu na legalizovanou skládku k tomuto účelu určenou.

5.2.1 Základní identifikační údaje stavby

Během provádění výkopových prací byl zjištěn v zemině výskyt stavebního materiálu. Jednalo se o vláknocementové desky a vzniklo zde podezření, že části desek mohou obsahovat azbestová vlákna. Byla opatřena fotodokumentace a místo nálezu se opět zahrnulo nekontaminovanou zeminou z důvodu zamezení dalšího šíření škodlivin vzduchem. Úlomky byly nalezeny na dvou částech stavby pod úrovní současného terénu a dále část byla odvezena na mezideponii.

5.2.2 Vstupní materiály a výrobky

Je vícero druhů fixačních přípravků zajišťující zapouzdření výrobků s příměsí azbestových vláken.

Pro stávající budovy je možné ponechat konstrukce obsahující azbest pouze za předpokladu, že při ošetření se aplikuje nejprve jednosložkový podklad Primer Sol Plast a po půl hodině zapozdřovací prostředek Amiantoplast. Primer Sol Plast vytváří tekutý film, který dle druhu povrchu se druhá vrstva aplikuje do 15-30 minut, a Amiantoplast na bázi elastických pryskyřic v emulzi a plastických materiálů, který se nanáší ve dvou vrstvách s rozestupem 6-24 hodin.

Pokud se materiál jeví nesoudržným a hrozí při dalším užívání objektu expozice azbestu uživateli, přichází na řadu druhá varianta, a to odstranění materiálu. Pro tyto účely je vhodné použít impregnační a zpevňující nátěr Amiantofix určený pro izolování částic před samotným odstraněním materiálu a lze ředit v chladící vodě při poměru 3:1 či 4:1. Po aplikaci začne nástřik účinkovat po 30 minutách, kdy po uplynutí doby se přechází k odstranění a poté se opět nastříká z druhé strany.

Je vícero druhů zapouzdřovacích přípravků aplikovatelných nátěrem či nástřikem, ale pro účely likvidace kontaminované zeminy azbestocementovými deskami je zapotřebí zafixovat nástřikem azbestová vlákna volně rozptýlená. Prostředek musí dostatečně zvlhčit, penetrovat a zcelit materiál pro zamezení šíření částic do okolí.

Doporučuji použít prostředek Fixo Plus, který plní dané požadavky. Produkt Fixo Plus je na bázi syntetického polymeru a jako takový nesmí být použit při teplotě pod +5 °C do + 35 °C, za deštivého a vlhkého počasí a za mrazu.

5.2.3 Pracovní podmínky

Mezi pracovníky čety pro danou práci patří odpovědný pracovník, technik, strojník a dělníci. Odpovědný pracovník neboli řešitel zodpovídá za pracovní četu, provedené práce, zapisuje do stavebního deníku a jedná se stavbyvedoucím. Kontroluje, zda pracovníci byly správně proškoleni, poučeni o povinnostech a možných rizicích. Technický pracovník komunikuje s řešitel ohledně postupu prací, rozděluje úkoly a dohlíží na řidiče stavebního stroje a dělníky. Hlavní náplní strojníka je těžba kontaminované zeminy na nákladní automobil, který převáží materiál na skládku k tomu určenou.

5.2.4 Pracovní postup

V kapitole technologického postupu jsou zařazeny přípravné práce a opatření před zahájením vlastních prací, nároky na uspořádání a vybavenost zařízení staveniště a detailní popis postupu prací.

5.2.5 BOZP – požadavky a opatření

Při zacházení se stavebním materiálem, který obsahuje nebezpečné látky, je třeba dbát důraz na bezpečnost a zdraví člověka. Je důležité správně určit osobní ochranné pracovní prostředky, které jsou nezbytnou součástí každého stavebního či

demoličního procesu. Likvidace materiálu, který je kontaminován azbestem, je nutné zvolit dostačující prostředek pro zamezení vdechnutí azbestových vláken, které se při manipulaci volně pohybují v ovzduší.

Mezi základní prostředky patří přilba, kterou navrhuji BASEBALL DIAMOND V od výrobce Venitex. Přilba je z materiálu akrylonitrilbutadienstyrenu zkráceně ABS, jedná se o plast, který je pevný a odolá proti otěru, šíření trhlin i tlakovému rázu za nízké teploty.

Při výkopu zeminy obsahující částice, které jsou zdraví škodlivé, je nutné pro ochranu dýchacích cest použít celoobličejovou masku s přídavnými filtry. Pro danou práci je vhodné použít masku 3M typ 6000 spolu s filtry řady 5000, které jsou určené pouze proti pevným částicím či aerosolu z netěkavých kapalin. Z filtrů řady 5000 a 6000 lze vytvořit kombinovaný filtr, který je účinný proti výparům/plynům i zároveň proti částicím. Masku je určeno pro více použití a není nikterak náročná na údržbu. Výhodou je její lehkost a je opatřena dvěma filtry, které usnadňují nádech.

Před nasazením přilby a masky je potřeba obléknout si vhodný pracovní oděv, který bude pro práci měněn každou směnu, a to i v případě svačinové přestávky. Jednorázový oblek DuPont TYVEK CLASSIC PLUS nebo DuPont TYCHEM F jsou dvě varianty, které se liší nejenom v ceně, kde rozdíl je trojnásobný, ale i typu protichemického ochranného oblečení. TYVEK CLASSIC PLUS je jednorázová kombinéza s kapucí, překrytím brady, přelepenými švy a zipem. Dále disponuje elastickými poutky na konci rukávu, které se dávají na palec a brání vyhrnutí rukávů z rukavic. Nohavice jsou prodlouženy až do podoby ponožek, což slouží pro nošení uvnitř pracovní obuvi. Co se týče ochrany proti nebezpečným látkám, spadá oděv do kategorie III a typu 4, 5 a 6, kde typ 4 označuje ochranu proti kapalným aerosolům, typ 5 ochranu proti pevným chemickým částicím rozptýlenými ve vzduchu a typ 6 omezenou ochranu proti kapalné mlze. Dále poskytuje ochranu proti kontaminaci radioaktivními částicemi, nikoliv před radioaktivním zářením. TYCHEM F má stejné vlastnosti jako typ TYVEK CLASSIC PLUS a k tomu pár dalších vlastností, tím je typ ochrany 3, který chrání proti kapalným chemikáliím pod tlakem. TYCHEM F se doporučuje pro oblast použití dekontaminace zeminy a v případě, jsou-li částice škodlivých látek menší než 1 mikron.

Jednorázová kombinéza neobsahuje zakrytí rukou, proto je nutné zajistit vhodný typ pracovních rukavic, které budou opatřené pružným nápletem pro lepší

přilnutí rukavic k rukám. Rukavice ČERVA HARRIER FULL jsou z bavlny, celomáčené v nitrilu, opatřené protiskluznou úpravou. Alternativou mohou být pracovní rukavice ČERVA REDPOL 6026, které jsou polomáčené v polyvinylchloridu.

Nejen ve stavebnictví, ale při každé práci, kde člověk tráví celý den na nohou, je důležité klást důraz na náležitou pracovní obuv. Pracovní obuv by měla odolávat proti uklouznutí, absorbovat energii v oblasti paty a mít bezpečností tužinku na špičce, antistatickou a dezénovou podešev odolné proti propíchnutí a palivovým olejům. Pracovní obuv PANDA MONVISO kotníková S3 SRC tyto požadavky splňuje. Kotníková obuv PANDA TAURUS S3 SRC je levnější alternativa předešlého modelu, i když se řadí do stejné skupiny v oblasti bezpečnosti S3, mají nekovovou špičku a nekovou stélku, tudíž jsou dovoleny spíše technickým pracovníkům než dělnickým.

V rámci prostorového uspořádání se na staveniště vejde dekontaminační jednotka s rozdělením do pěti částí, ale vzhledem k malému množství pracovníků, kteří se budou pohybovat v kontrolovaném pásmu, postačí jednotka se třemi částmi.

5.2.6 Ochrana okolí a životního prostředí

Vzhledem k dané situaci je zřejmé, že může dojít k poškození životního prostředí, a proto je potřeba dbát zvýšené opatrnosti při návrhu opatření. V krajním, respektive extrémním případě bude prostor skrápěn vodou.

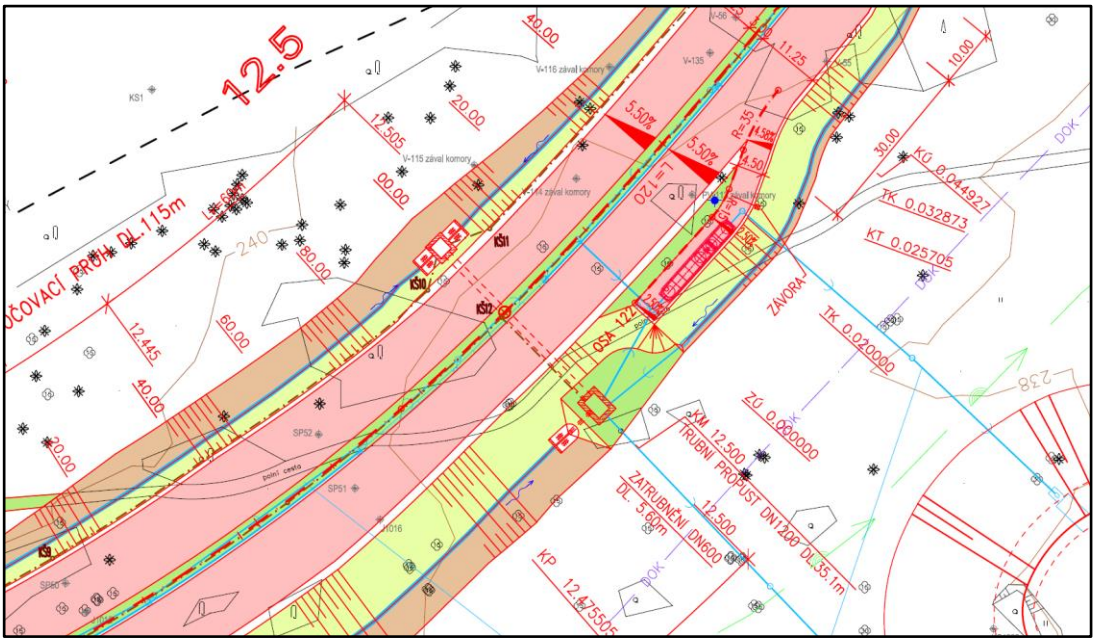
Proti šíření prachových částic je nutné volit funkční řešení. Pro oplocení staveniště je vhodné mobilní oplocení o výšce 2,000 m a délce 3,430 m jednoho dílce oboustranně potažené geotextilií. V rámci příslušenství patří k oplocení betonové patky, spony, popřípadě vzpěry sloužící pro zpevnění stability oplocení zvýšením povětrnostních vlivů.

5.3 Zkoušky zhutnění zeminy

Poslední částí zadání bakalářské práce je zhodnocení sedání zemního tělesa. Při zhodnocení, zda zemní těleso je dostatečně stabilní a únosné při provádění násypového tělesa, podkladních vrstev vozovky či jiného typu konstrukce, je podstatou správné zhutnění zeminy. Zda stavba vyhoví požadavkům sedání zemního tělesa, se zjišťuje zkouškami zhutnění zeminy.

Jelikož zájmová oblast disponuje mnoha stavebními objekty, v rámci experimentální části jsem se proto zaměřila na dvě samostatné oblasti. U první skupiny zkoušek řeším míru zhutnění u jedné stavební konstrukce a ve druhá části porovnávám statické zatěžovací zkoušky na jednotlivých vrstvách zemního tělesa.

Pro danou problematiku jsem si vybrala trubní propust DN 1200 délky 35,1 m, která byla zabudována v kilometráži 12,500 budoucí komunikace. Umístění je patrné z obrázku:



Obr. 3: Výřez situace – trubní propust DN 1200 km 12,500

Před a po uložení betonových rour, betonáží vtokové a výtokové jímky byly provedeny zkoušky zhutnění na různých vrstvách a na rozdílných materiálech. Základová spára je tvořena jílovitou zeminou s příměsí stěrku a uhlí. Podklad pod betonové podkladní desky potrubí a jímek tvoří štěrkodrť frakce 0-32 mm. Obsyp a zásyp potrubí je tvořen zeminou s nízkou propustností, vtokové a výtokové jímky jsou obsypány hlínou s vysokou plasticitou. Pro tuto konstrukci bylo zhutnění vrstev kontrolováno prostřednictvím membránového objemoměru na hotové úpravě a zkouškou Proctor standard v laboratoři.

5.3.1 Kontrola hutnění membránovým objemoměrem

Pro provádění zkoušek byly využity normy ČSN 72 1010 pro stanovení objemové hmotnosti zemin (laboratorní a polní metody) a ČSN EN ISO 17892-1

(72 1007) pro geotechnický průzkum a zkoušení (laboratorní zkoušky zemin pro stanovení vlhkosti).

ČSN 72 1010 popisuje stanovení objemové hmotnosti denzitometrem neboli membránovým objemoměrem, který měří objem odebraného vzorku prostřednictvím nahrazení objemu odebrané zeminy objemem vody. Pro zkoušku bylo zapotřebí několik prostředků, a to hlavně membránový objemoměr, který musel být s přesností měření objemu na 99 % a více, a jeho válec musel být naplněn vodou tak, aby neobsahoval vzduch. Kolíky na upevnění desky, která sloužila jako podkladní deska pod denzitometr, dále nádoba, lopatka, popř. kladivo a dláto pro odběr velmi soudržné zeminy, která musela být zvážena na technické váze s přesností vážení hmotnosti 99,8 % a více.

Místo, kde byla zkouška realizována, muselo být urovnáno a neměly vyčnívat větší kusy kameniva, buďto se zvolilo jiné místo nebo se větší či ostré kusy kameniva odstranily, nahradily stejným materiálem menší zrnitosti a dostatečně se dané místo zhutnilo. Po osazení desky se upevnily kolíky a přístroj se postavil na desku, poté se stlačil píst a membrána se přitlačila k povrchu zeminy. Ze stupnice se zapsalo čtení zdvihu $Č_0$ $[m]$ a píst se opět vytáhl směrem nahoru, přístroj se přesunul vedle desky a za pomoci lopatky se odebral dostatečný vzorek zeminy do nádoby, kterou bylo potřeba před plněním prázdnou zvážit a zapsat si hmotnost m_c $[kg]$. Při hloubení bylo nutné dbát na to, aby ze dna jamky nevystupovaly ostré části zeminy. Jelikož se použily nádoby bez víka, bylo potřeba vzorek s vlhkou zeminou m_1 $[kg]$ nejprve zvážit. Poté následovalo samotné měření objemu vykopané jamky, kde postup byl takřka stejný jako v první fázi. Položil se denzitometr na desku, byl stlačen píst dostačující silou a byl odečten se čtení zdvihu $Č_1$ $[m]$.

Pro vyhodnocení zkoušky bylo potřeba nejdříve vypočítat objem vyhloubené jamky prostřednictvím dvou čtení zdvihu pístu. Objem V[m³] se vypočetl podle vzorce:

$$V = (Č_1 - Č_0) * F\ [m^3],$$

kde F $[m^2]$. Dávat pozor bylo třeba u správného zápisu čtení zdvihů, kde hodnoty uvedené na sloupci jsou v centimetrech, ale pro výpočet bylo nutné uvést hodnotu v metrech. Poměrem hmotnosti vlhké zeminy a objemu se vypočetl objemová hmotnost vlhké zeminy:

$$\rho = \frac{m_v}{V} = \frac{m_1 - m_c}{V} \; [kg/m^3],$$

kde m_v $[kg]$ je hmotnost vlhké zeminy a je rovna rozdílu hmotnosti vysoušecí nádoby s vlhkým zkušebním vzorkem m_1 $[kg]$ a hmotnosti samotné vysoušecí nádoby m_c $[kg]$.

Výpočet objemové hmotnosti suché směsi je krapet složitější a je nejprve zapotřebí podle normy ČSN EN ISO 17892-1 vyčíslit vlhkost odebraného vzorku zeminy. Nádoba se zeminou se vloží do sušárny, kde se vzorek vysouší při teplotě 105 °C až 110 °C. Materiál se vysouší tak dlouho, dokud rozdíl hmotnosti mezi dvěma po sobě následujícími procesy vysoušení činí méně než 0,1 %, a tehdy se považuje vzorek za vysušený. K vážení dochází do hodiny po vyjmutí ze sušárny a za podmínek, že vzorek vychladne na pokojovou teplotu. Po vysušení do ustáleného stavu se nádoba se zeminou zváží a zapíše se její hmotnost m_2 $[kg]$. Výsledkem zkoušky je procentuální vyčíslení množství vody ve vzorku neboli vlhkost zeminy a následující vzorec ukazuje postup výpočtu:

$$w = \frac{m_w}{m_d} * 100 = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_c} * 100 \; [\%],$$

kde vlhkost zeminy w $[\%]$ je vypočtena poměrem hmotnosti vysušené vody m_w $[kg]$ a hmotnosti vysušeného zkušebního vzorku m_d $[kg]$, m_2 $[kg]$ je hmotnost vysoušecí nádoby se suchým materiálem. Pro výpočty je třeba převést procenta na desetinná čísla.

Pro konečný výpočet objemové hmotnosti suché směsi je zapotřebí se zpětně se vrátit k normě ČSN 72 1010, kde je uveden výpočet podle dvou vzorců, které docílí stejného výsledku:

buď $$\rho_d = \frac{m_d}{V} = \frac{m_2 - m_c}{V} \; [kg/m^3],$$

nebo $$\rho = \rho_d * (1 + w) \; => \; \rho_d = \frac{\rho}{(1+w)} \; [kg/m^3].$$

5.3.2 Proctorova zkouška

Proctorova zkouška je popsána v normě ČSN EN 13286-2 (73 6185) pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – část 2: zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška. Před začátkem samotné zkoušky je třeba provést zkouška zrnitosti, která je

uvedena v normě ČSN CEN ISO/TS 17892-4 (72 1007) pro geotechnický průzkum a zkoušení (laboratorní zkoušky zemin pro stanovení zrnitosti).

Předběžné posouzení zrnitosti vzorku určilo další postup. Při prosetí vzorku normovou sadou sít nevzniklo ani v jednom případě nadsítné, tudíž se vzorek rozdělil na pět přiměřeně stejných částí, které museli vážit okolo 2,5 kg pro moždíř typu A.

Jak již bylo řečeno, vzorek se rozdělil na pět vzorků o hmotnosti cca 2,5 kg a každý vzorek se důkladně promísil s různým množstvím vody. S optimálním přidáním vody do každého vzorku se docílilo dostatečného rozmezí vlhkostí mezi jednotlivými směsmi a pokud se do vzorku přidalo příliš vody, nechal se vzorek částečně vyschnout.

Zkouška Proctorova standardní se od modifikované odlišuje jednak váhou pěchu, který pro standardní má váhu 2,5 kg, pěch se spouští z výšky 305 mm a vzorek se dělí na 3 hutnící vrstvy a každá z nich je hutněna 25 údery. Mezi zařízení potřebná ke zkoušce patří normová sada sít již pro počáteční kontrolu zrnitosti vzorku, váha s přesností měření na desetinu procenta, lopatka, pět mísících nádob. Proctorův moždíř byl zvolen typu A a k němu pěch, zařízení na řízení výšky padajícího pěchu, odměrné válce, nástavec na moždíř a kruhová kovová deska.

Nejprve bylo třeba zvážit moždíř samostatně a hmotnost m_1 [kg] s přesností na jeden gram zapsat, veškeré hmotnosti se evidovaly v kilogramech. Objem moždíře V[m^3] se vypočte pomocí parametrů uvedených u daného prvku nebo v jako v tomto případě pomocí svinovacího metru se změřily rozměry. Bylo třeba znát vnitřní průměr $r = 0{,}05\ m$ a výšku $h = 0{,}12\ m$ používaného moždíře, prostřednictvím těchto hodnot se vypočetl potřebný objem V[m^3]:

$$V = \pi * r^2 * h\ [m^3].$$

Na moždíř se připevní nástavec a tento komplet se umístí na podklad, který je dostatečně pevný. Z důvodu možné lepivosti zkušebního materiálu se vnitřní stěny nástavce opatří separačním prostředkem. Do připraveného moždíře se vloží 1/3 jednoho vzorku, pěch je spouštěn z výšky 305 mm a vlastní vahou 25 údery zhutní danou vrstvu. Poté se přidá druhá třetina vzorku, hutnící proces se opakuje, a tak je tomu i u poslední třetiny vzorku. Když je vzorek zhutněn, odebere se nástavec a hladítkem, popř. pravítkem, se seřízne přebytečná zemina. Nakonec se zváží moždíř se zhutněnou zeminou a s přesností na jeden gram se zapíše hmotnost m_2 [kg].

Pro výpočet objemové hmotnosti vlhkého vzorku je použit již známý vzorec:

$$\rho = \frac{m_v}{V} = \frac{m_2 - m_1}{V} \; [kg/m^3],$$

kde m_v $[kg]$ je hmotnost vlhké zeminy a je rovna rozdílu hmotnosti moždíře s vlhkým zkušebním vzorkem m_2 $[kg]$ a hmotnosti samotného moždíře m_1 $[kg]$.

Při vysoušení vzorku se postupuje dle normy ČSN EN 1097-5 pro zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – část 5: stanovení vlhkosti sušením v sušárně. Postup je vesměs stejný jako který je uveden v kapitole 5.3.1, kdy vzorek je vložen do sušárny a při teplotě 105 °C až 115 °C je sušen do doby, než dosáhne hmotnost konečné hodnoty. I zde platí pravidlo, že vzorek je považován za vysušený, jsou-li dvě po sobě následující hodnoty měření hmotnosti sušeného vzorku odlišné o méně než 0,1 %. Až tehdy se zaznamená hmotnost vysušeného vzorku m_3 $[kg]$ a vlhkost w $[\%]$ je vypočtena dle vzorce:

$$w = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100 \; [\%].$$

Výpočet objemové hmotnosti suchého vzorku ρ_d $[kg/m^3]$ se vypočte podle vzorce:

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + w)} \; [kg/m^3].$$

5.3.3 Vyhodnocení měření – míra zhutnění

Míra zhutnění D se počítá z poměru objemové hmotnosti suchého vzorku uskutečněné na hotové úpravě ku maximální objemové hmotnosti suchého vzorku zjištěné laboratorní zkouškou:

$$D = \frac{\rho_{d,stavba}}{\rho_{d,\max(lab)}} * 100 \; [\%].$$

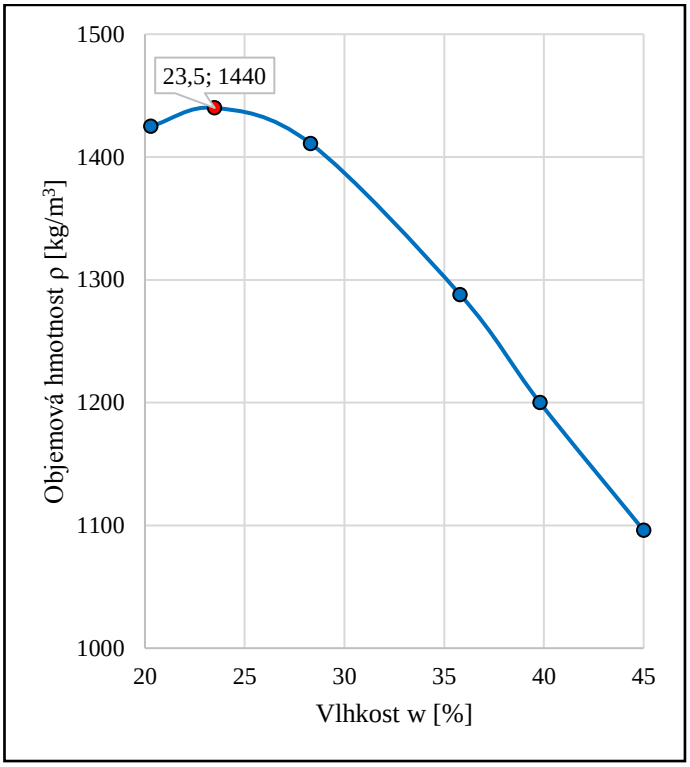
Pro přehlednost jsou vloženy samotné tabulky se vstupními a vypočtenými hodnotami a grafy.

Tab. 9: Denzitometr – základová spára

Parametry			Základová spára	
			vtoková jímka	rýha pod potrubím
Plocha pístu	F	[m^2]	0,029088	0,029088
Hmotnost nádoby	m_c	[kg]	0,591	0,631
Čtení zdvihu	$Č_0$	[m]	0,195	0,191
Hmotnost vlhké zeminy + nádoba	m_1	[kg]	4,419	4,852
Čtení zdvihu	$Č_1$	[m]	0,273	0,277
Objem	V	[m^3]	0,002269	0,002502
OH vlhkého vzorku	ρ	[kg/m^3]	1687	1687
Hmotnost suché zeminy + nádoba	m_2	[kg]	3,801	4,170
Vlhkost	w	[%]	19,25	19,27
OH suchého vzorku	$ρ_d$	[kg/m^3]	**1415**	**1415**

Tab. 10: Proctor standard – základová spára

Základová spára			Č. měření				
			1.	2.	3.	4.	5.
Objem moždíře	V	[m^3]	0,000942478				
Hmotnost vlhké zeminy	m_1	[kg]	1,616	1,706	1,648	1,581	1,498
OH vlhké směsi	ρ	[kg/m^3]	1714	1810	1749	1678	1589
Hmotnost suché zeminy	m_2	[kg]	1,343	1,330	1,214	1,131	1,033
Vlhkost	w	[%]	20,30	28,30	35,80	39,80	45,00
OH suché směsi	$ρ_d$	[kg/m^3]	**1425**	**1411**	**1288**	**1200**	**1096**



Graf 9: Proctor standard – základová spára

Tab. 11: Míra zhutnění – základová spára

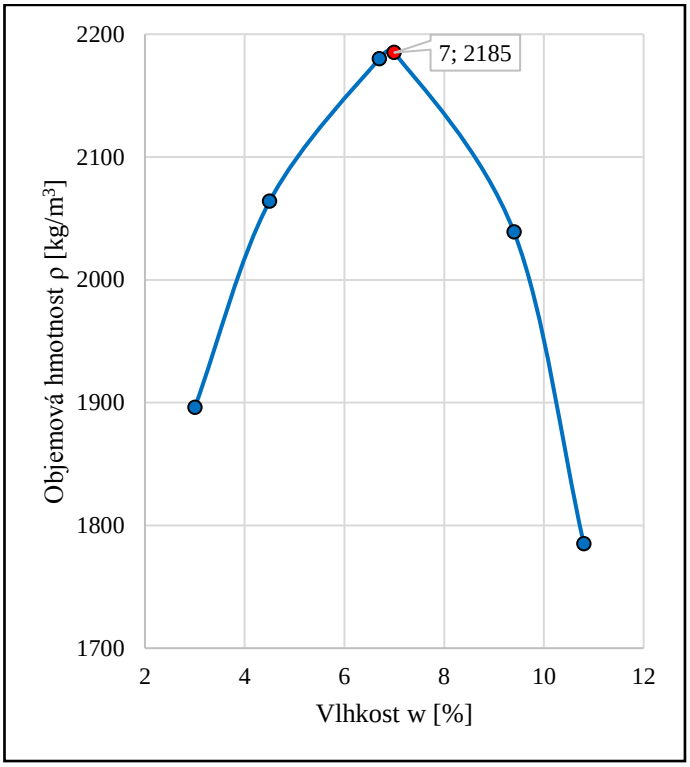
Parametry				**Základová spára**	
				vtoková jímka	rýha pod potrubím
Membránový objemoměr	**OH vlhké zeminy**	ρ	[kg/m^3]	1687	1687
	Vlhkost	w	[%]	19,2	19,3
	OH suché zeminy	ρ_d	[kg/m^3]	1415	1415
Proctor standard	**Vlhkost optimální**	W_{opt}	[%]	23,5	23,5
	Proctor OH	ρ_d	[kg/m^3]	1440	1440
Míra zhutnění		D	[%]	**98,3**	**98,2**

Tab. 12: Denzitometr – polštář ze štěrkodrtě

Parametry			Polštář ze ŠD	
			vtoková jímka	rýha pod potrubím
Plocha pístu	F	[m^2]	0,029088	0,029088
Hmotnost nádoby	m_c	[kg]	0,591	0,631
Čtení zdvihu	$Č_0$	[m]	0,190	0,193
Hmotnost vlhké zeminy + nádoba	m_1	[kg]	6,487	6,219
Čtení zdvihu	$Č_1$	[m]	0,276	0,275
Objem	V	[m^3]	0,002502	0,002385
OH vlhkého vzorku	ρ	[kg/m^3]	2357	2343
Hmotnost suché zeminy + nádoba	m_2	[kg]	6,147	5,902
Vlhkost	w	[%]	6,11	6,02
OH suchého vzorku	$ρ_d$	[kg/m^3]	**2221**	**2210**

Tab. 13: Proctor standard – polštář ze štěrkodrtě

Polštář ze ŠD			Č. měření				
			1.	2.	3.	4.	5.
Objem moždíře	V	[m^3]	0,000942478				
Hmotnost vlhké zeminy	m_1	[kg]	1,841	2,033	2,192	2,102	1,864
OH vlhké směsi	ρ	[kg/m^3]	1953	2157	2326	2231	1978
Hmotnost suché zeminy	m_2	[kg]	1,787	1,945	2,055	1,922	1,682
Vlhkost	w	[%]	3,00	4,50	6,70	9,40	10,80
OH suché směsi	$ρ_d$	[kg/m^3]	**1896**	**2064**	**2180**	**2039**	**1785**



Graf 10: Proctor standard – polštář ze štěrkodrtě

Tab. 14: Míra zhutnění – polštář ze štěrkodrtě

Parametry				**Polštář z ŠD**	
				vtoková jímka	rýha pod potrubím
Membránový objemoměr	**OH vlhké zeminy**	ρ	[kg/m^3]	2357	2343
	Vlhkost	w	[%]	6,1	6,0
	OH suché zeminy	ρ_d	[kg/m^3]	2221	2210
Proctor standard	**Vlhkost optimální**	W_{opt}	[%]	7,0	7,0
	Proctor OH	ρ_d	[kg/m^3]	2185	2185
Míra zhutnění		D	[%]	**101,7**	**101,1**

Tab. 15: Denzitometr – zásyp vtokové jímky

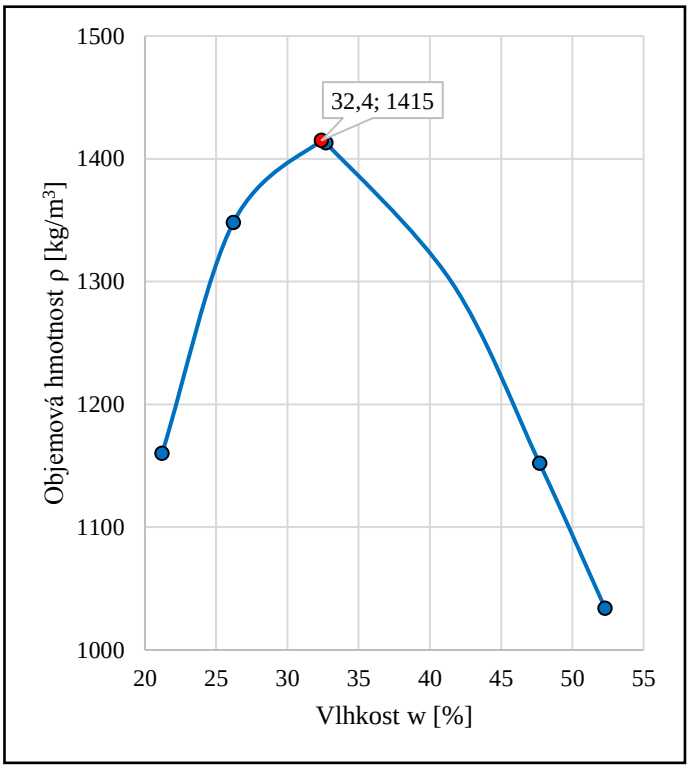
Parametry			Zásyp vtokové jímky		
			1. úroveň (hl. 0,5 m)	2. úroveň (hl. 1,5 m)	3. úroveň (hl. 2,5 m)
Plocha pístu	F	[m^2]	0,029088	0,029088	0,029088
Hmotnost nádoby	m_c	[kg]	0,650	0,632	0,625
Čtení zdvihu	$Č_0$	[m]	0,195	0,195	0,198
Hmotnost vlhké zeminy + nádoba	m_1	[kg]	4,395	4,732	3,505
Čtení zdvihu	$Č_1$	[m]	0,264	0,270	0,250
Objem	V	[m^3]	0,002007	0,002182	0,001513
OH vlhkého vzorku	ρ	[kg/m^3]	1866	1879	1904
Hmotnost suché zeminy + nádoba	m_2	[kg]	3,503	3,745	2,803
Vlhkost	w	[%]	31,26	31,72	32,25
OH suchého vzorku	$ρ_d$	[kg/m^3]	**1421**	**1427**	**1440**

Tab. 16: Denzitometr – zásyp výtokové jímky

Parametry			Zásyp výtokové jímky		
			1. úroveň (hl. 0,5 m)	2. úroveň (hl. 1,5 m)	3. úroveň (hl. 2,5 m)
Plocha pístu	F	[m^2]	0,029088	0,029088	0,029088
Hmotnost nádoby	m_c	[kg]	0,632	0,591	0,631
Čtení zdvihu	$Č_0$	[m]	0,197	0,197	0,197
Hmotnost vlhké zeminy + nádoba	m_1	[kg]	3,492	3,524	3,259
Čtení zdvihu	$Č_1$	[m]	0,249	0,251	0,245
Objem	V	[m^3]	0,001513	0,001571	0,001396
OH vlhkého vzorku	ρ	[kg/m^3]	1891	1867	1882
Hmotnost suché zeminy + nádoba	m_2	[kg]	2,797	2,827	2,616
Vlhkost	w	[%]	32,14	31,17	32,43
OH suchého vzorku	$ρ_d$	[kg/m^3]	**1431**	**1424**	**1421**

Tab. 17: Proctor standard – zásyp jímek

Zásyp vtokové a výtokové jímky			Č. měření				
			1.	2.	3.	4.	5.
Objem moždíře	V	[m^3]	0,000942478				
Hmotnost vlhké zeminy	m_1	[kg]	1,325	1,603	1,767	1,604	1,484
OH vlhké směsi	ρ	[kg/m^3]	1406	1701	1875	1702	1575
Hmotnost suché zeminy	m_2	[kg]	1,093	1,270	1,332	1,086	0,975
Vlhkost	w	[%]	21,20	26,20	32,70	47,70	52,30
OH suché směsi	ρ_d	[kg/m^3]	**1160**	**1348**	**1413**	**1152**	**1034**



Graf 11: Proctor standard – zásyp jímek

Tab. 18: Míra zhutnění – vtoková jímka

Parametry				Zásyp vtokové jímky		
				1. úroveň (hl. 0,5 m)	2. úroveň (hl. 1,5 m)	3. úroveň (hl. 2,5 m)
Membránový objemoměr	**OH vlhké zeminy**	ρ	[kg/m^3]	1866	1879	1904
	Vlhkost	w	[%]	31,3	31,7	32,3
	OH suché zeminy	ρ_d	[kg/m^3]	1421	1427	1440
Proctor standard	**Vlhkost optimální**	W_{opt}	[%]	32,4	32,4	32,4
	Proctor OH	ρ_d	[kg/m^3]	1415	1415	1415
Míra zhutnění		D	[%]	**100,5**	**100,8**	**101,8**

Tab. 19: Míra zhutnění – výtoková jímka

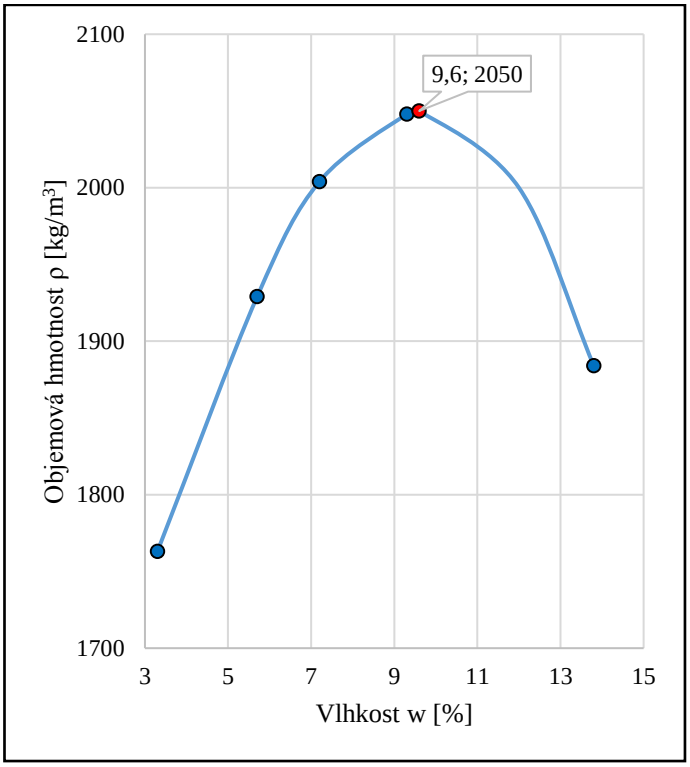
Parametry				Zásyp výtokové jímky		
				1. úroveň (hl. 0,5 m)	2. úroveň (hl. 1,5 m)	3. úroveň (hl. 2,5 m)
Membránový objemoměr	**OH vlhké zeminy**	ρ	[kg/m^3]	1891	1867	1882
	Vlhkost	w	[%]	32,1	31,2	32,4
	OH suché zeminy	ρ_d	[kg/m^3]	1431	1424	1421
Proctor standard	**Vlhkost optimální**	W_{opt}	[%]	32,4	32,4	32,4
	Proctor OH	ρ_d	[kg/m^3]	1415	1415	1415
Míra zhutnění		D	[%]	**101,1**	**100,6**	**100,4**

Tab. 20: Denzitometr – zásyp potrubí

Parametry			Zásyp potrubí	
			(hl. 0,5 m)	(hl. 1,1 m)
Plocha pístu	F	[m^2]	0,029088	0,029088
Hmotnost nádoby	m_c	[kg]	0,632	0,591
Čtení zdvihu	$Č_0$	[m]	0,200	0,201
Hmotnost vlhké zeminy + nádoba	m_1	[kg]	3,947	3,417
Čtení zdvihu	$Č_1$	[m]	0,250	0,244
Objem	V	[m^3]	0,001454	0,001251
OH vlhkého vzorku	ρ	[kg/m^3]	2279	2259
Hmotnost suché zeminy + nádoba	m_2	[kg]	3,663	3,182
Vlhkost	w	[%]	9,36	9,08
OH suchého vzorku	$ρ_d$	[kg/m^3]	**2084**	**2071**

Tab. 21: Proctor standard – zásyp potrubí

Zásyp potrubí			Č. měření				
			1.	2.	3.	4.	5.
Objem moždíře	V	[m^3]	0,000942478				
Hmotnost vlhké zeminy	m_1	[kg]	1,716	1,922	2,025	2,110	2,021
OH vlhké směsi	ρ	[kg/m^3]	1821	2039	2148	2238	2144
Hmotnost suché zeminy	m_2	[kg]	1,662	1,818	1,889	1,930	1,776
Vlhkost	w	[%]	3,30	5,70	7,20	9,30	13,80
OH suché směsi	$ρ_d$	[kg/m^3]	**1763**	**1929**	**2004**	**2048**	**1884**



Graf 12: Proctor standard – zásyp potrubí

Tab. 22: Míra zhutnění – zásyp potrubí

Parametry				Zásyp potrubí	
				(hl. 0,5 m)	(hl. 1,1 m)
Membránový objemoměr	**OH vlhké zeminy**	ρ	[kg/m^3]	2279	2259
	Vlhkost	w	[%]	9,4	9,1
	OH suché zeminy	ρ_d	[kg/m^3]	2084	2071
Proctor standard	**Vlhkost optimální**	W_{opt}	[%]	9,6	9,6
	Proctor OH	ρ_d	[kg/m^3]	2050	2050
Míra zhutnění		D	[%]	**101,7**	**101,0**

Norma ČSN 73 6133 pro návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací udává v tabulce 10b (kontrolní zkoušky při provádění a po dokončení zemního tělesa – zeminy upravené) minimální požadavky na míru zhutnění *D*, kde v tomto případě všechny zkoušky vyhověly. Požadavky na jednotlivé vrstvy byly: základová spára, polštář ze štěrkodrti – $D \geq 95$ %, zásyp potrubí a jímek – $D \geq 100$ %.

Jednotlivé konstrukční vrstvy vyhověly požadavkům na zhutnění a z toho vyplývá, že opatření proti sedání zemního tělesa byla provedena správně.

5.3.4 Statická zatěžovací zkouška

Příloha A normy ČSN 72 1006 Kontrola zhutnění zemin a sypanin popisuje postup provádění a výpočtu míry zhutnění, jedná se však o nepřímou metodu.

Před zahájením samotné zkoušky bylo potřeba zajistit potřebná zařízení pro realizaci zkoušky. Hydraulický lis, zatěžovací desku s průměrem 300 mm, číselníkový úchylkoměr měřící s přesností na setiny milimetru, stopky či hodinky, podpěry a samotný rám pro umístění úchylkoměru, dále zařízení, které s přesností jednoho procenta změří sílu jakou působí hydraulický lis a v neposlední řadě jako protizátěž posloužil vibrační válec.

Při provádění se postupovalo standardně vybráním vhodného místa pro provedení zkoušky. Bylo nutné vybrat takové místo, kam může zajet vibrační válec bez větších komplikací a které je po shlédnutí převážně rovné, bez hrbolů a výmolů. Zkouška se neprovádí např. hned po dešti, kdy je vrchní část terénu nasycena více než před jejím samotným zásypem následující vrstvou.

Vibrační válec musel být zajištěn proti pohybu, strojník po vypnutí motoru vystoupil s požadovanými OOPP z vozidla, avšak od stroje se nevzdaloval. Do středu rámu vibračního válce se umístila na zem deska, mezi desku a rám se rozepře hydraulický lis, připevní se rám s úchylkoměrem a zařízení vyvíjející zatížení. Pro začátek se po dobu půl minuty předzatížila zemina 10 kPa, následně se odtížila a hodnoty na úchylkoměru byly vynulovány.

Zkouška se dělí na dva zatěžovací cykly, z nichž každý cyklus minimálně šest zatěžovacích stupňů (v našem případě první cyklus má sedm a druhý šest) s postupným zvyšováním o 70 kPa. Na první zatěžovací cyklus navazuje cyklus odtěžovací se třemi stupni po 210, 150 a 140 kPa (odlehčovací stupně o 58 %, 28 % a 0 % z max. kontaktního napětí 0,5 MPa). Byl dán požadavek na modul přetvárnosti $E_{def,2} \geq 45$ MPa.

Postup je následující, deska se zatíží na hodnotu 70 kPa a po dobu dvou minut se sledovala a nesměla kolísat, poté se zapsala hodnota z úchylkoměru a přešlo se k dalšímu zatěžovacímu cyklu, kde se postupovalo stejně jak již bylo uvedeno. Při

odtěžovacím cyklu tomu nebylo jinak, jen se napětí nepřidávalo, ale naopak ubíralo o již zmíněné hodnoty.

Statické zatěžovací zkoušky byly realizovány na parapláni, konsolidační vrstvě a na zemní pláni. Jako první SZZ byla provedena na úrovni parapláně v kilometráži 12,415 (dva metry vlevo od osy budoucí komunikace) na zemině s nízkou propustností. Druhá zkouška byla realizována na úrovni 2. konsolidační vrstvy v kilometráži 12,180 (v ose komunikace) na vrstvě ze štěrku s příměsí jemnozrnné zeminy. Třetí vrstvou, na které se prováděla zkouška, byla zemní pláň, a to v kilometráži 12,460 (čtyři metry od osy komunikace), 12,680 (tři metry vlevo osy komunikace) a 12,760 (dva metry vlevo od osy komunikace).

Vzorec pro výpočet modulu přetvárnosti je následující:

$$E_{def} = \frac{1{,}5 * r}{(a_1 + a_2 * p_{max})},$$

kde modul přetvárnosti $E_{def}[MPa]$ se vypočte pomocí již známého poloměru zatěžovací desky $r\,[mm]$, maximálního konstantního napětí pro příslušný zatěžovací cyklus $p_{max}\,[MPa]$, konstant regresního polynomu $a_1\,[mm/MPa]$ a $a_2\,[mm/MPa^2]$.

5.3.5 Vyhodnocení měření – statická zatěžovací zkouška

Statická zatěžovací zkouška je pouze nepřímá metodou zkoušení zhutnění zemin a sypanin a je jí třeba porovnat s mírou zhutnění dané vrstvy.

Poměrem modulů přetvárnosti z obou zatěžovacích cyklů byla vypočtena hodnota, kterou je třeba porovnat podle normy ČSN 72 1006 Kontrola hutnění zemin a sypanin, kde podle tabulky E.2 – Orientační převody hodnot poměru $E_{def,2}/Ed_{ef,1}$ v závislosti na míře zhutnění a ulehlosti. Pro parapláň byl požadavek $D \geq 100$ % a poměr přetvárnosti je požadován $E_{def,2}/Ed_{ef,1} \leq 3{,}0$. Pro 2. konsolidační vrstvu a zemní pláň bylo kritérium též $D \geq 100$ % a poměr přetvárnosti musí splnit podmínku $E_{def,2}/Ed_{ef,1} \leq 2{,}3$. Jak již bylo řečeno, hodnoty jsou pouze orientační a pokud $Ed_{ef,1}$ dosahuje ≥ 60 % požadovaného modulu $Ed_{ef,2}$, připouští se i vyšší hodnoty $E_{def,2}/Ed_{ef,1}$.

Při vyhodnocení se došlo k závěru, že zhutnění zemního tělesa je dostačující a splňuje všechny parametry pro další výstavbu.

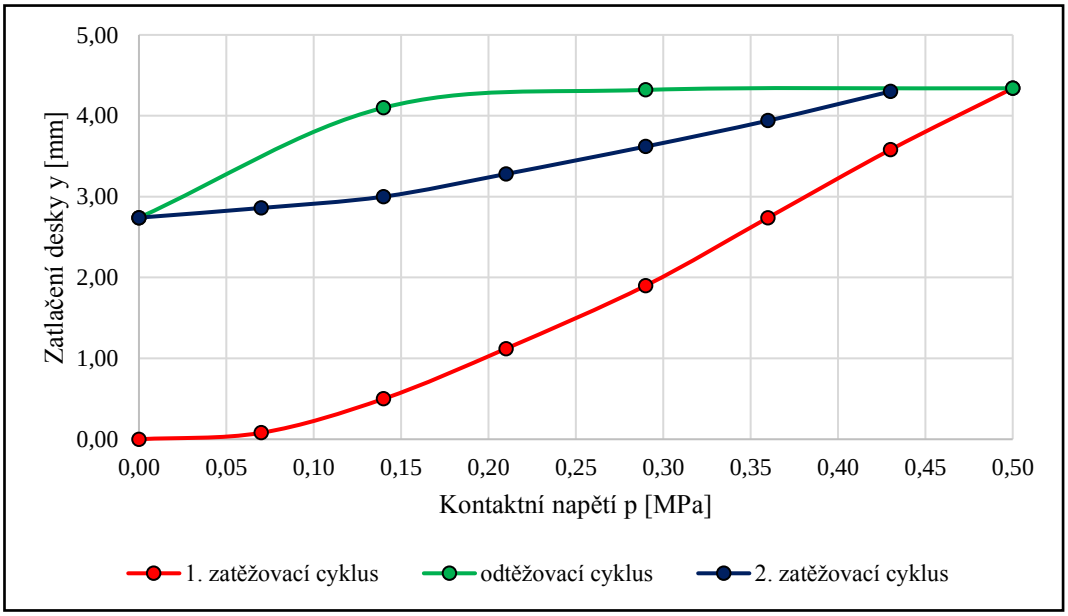
Tab. 23: Statická zatěžovací zkouška – parapláň

Parapláň	
Kontaktní napětí [MPa]	Sedání
0,00	0,00
0,07	0,08
0,14	0,50
0,21	1,12
0,29	1,90
0,36	2,74
0,43	3,58
0,50	4,34
0,29	4,32
0,14	4,10
0,00	2,74
0,07	2,86
0,14	3,00
0,21	3,28
0,29	3,62
0,36	3,94
0,43	4,30

1. zatěžovací cyklus	
$p_{max,1}$ [MPa]	0,50
a_1 [mm/MPa]	6,020
a_2 [mm/MPa^2]	7,300
$E_{def,1}$ [MPa]	**23,27**

2. zatěžovací cyklus	
$p_{max,2}$ [MPa]	0,43
a_1 [mm/MPa]	1,541
a_2 [mm/MPa^2]	5,008
$E_{def,2}$ [MPa]	**60,90**

$E_{def,2}/E_{def,1}$	**2,62**



Graf 13: Statická zatěžovací zkouška – parapláň

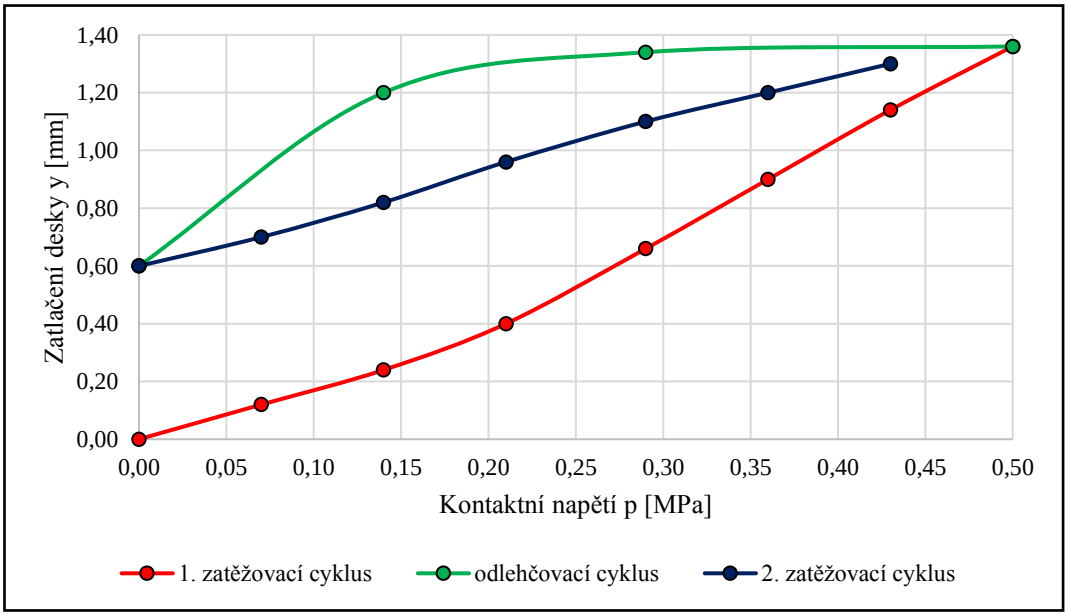
Tab. 24: Statická zatěžovací zkouška - 2. konsolidační vrstva

2. konsolidační vrstva	
Kontaktní napětí [MPa]	Sedání
0,00	0,00
0,07	0,12
0,14	0,24
0,21	0,40
0,29	0,66
0,36	0,90
0,43	1,14
0,50	1,36
0,29	1,34
0,14	1,20
0,00	0,60
0,07	0,70
0,14	0,82
0,21	0,96
0,29	1,10
0,36	1,20
0,43	1,30

1. zatěžovací cyklus	
$p_{max,1}$ [MPa]	0,50
a_1 [mm/MPa]	1,758
a_2 [mm/MPa^2]	2,146
$E_{def,1}$ [MPa]	**79,48**

2. zatěžovací cyklus	
$p_{max,2}$ [MPa]	0,43
a_1 [mm/MPa]	1,809
a_2 [mm/MPa^2]	-0,314
$E_{def,2}$ [MPa]	**134,41**

$E_{def,2}/E_{def,1}$	**1,69**



Graf 14: Statická zatěžovací zkouška - 2. konsolidační vrstva

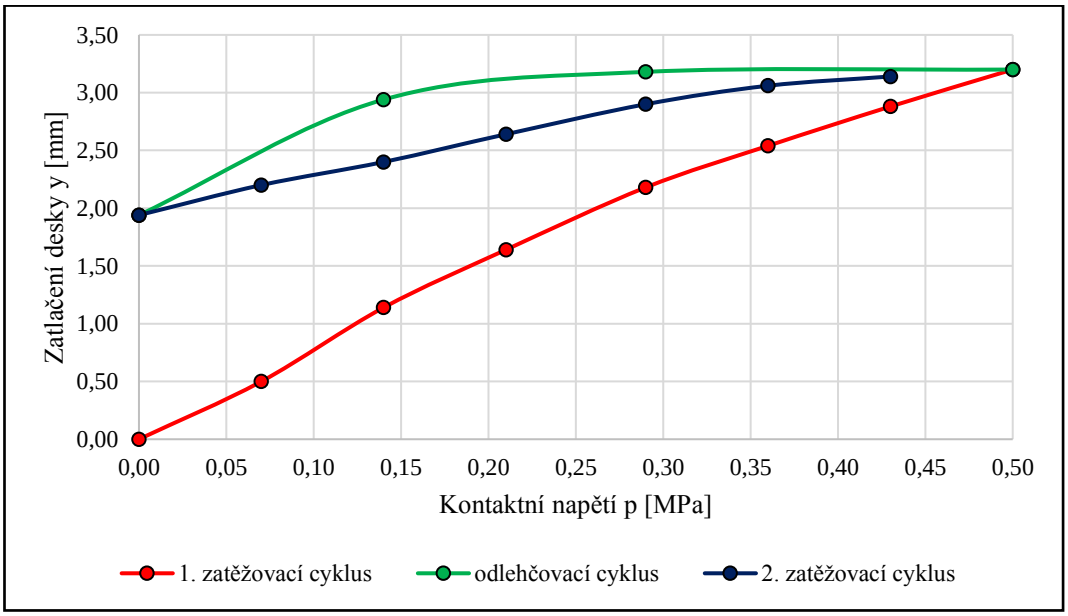
Tab. 25: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 1.

Zemní pláň 1.	
Kontaktní napětí [MPa]	Sedání
0,00	0,00
0,07	0,50
0,14	1,14
0,21	1,64
0,29	2,18
0,36	2,54
0,43	2,88
0,50	3,20
0,29	3,18
0,14	2,94
0,00	1,94
0,07	2,20
0,14	2,40
0,21	2,64
0,29	2,90
0,36	3,06
0,43	3,14

1. zatěžovací cyklus	
$p_{max,1}$ [MPa]	0,50
a_1 [mm/MPa]	9,687
a_2 [mm/MPa^2]	-6,157
$E_{def,1}$ [MPa]	**34,05**

2. zatěžovací cyklus	
$p_{max,2}$ [MPa]	0,43
a_1 [mm/MPa]	4,102
a_2 [mm/MPa^2]	-2,880
$E_{def,2}$ [MPa]	**78,57**

$E_{def,2}/E_{def,1}$	**2,31**



Graf 15: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 1.

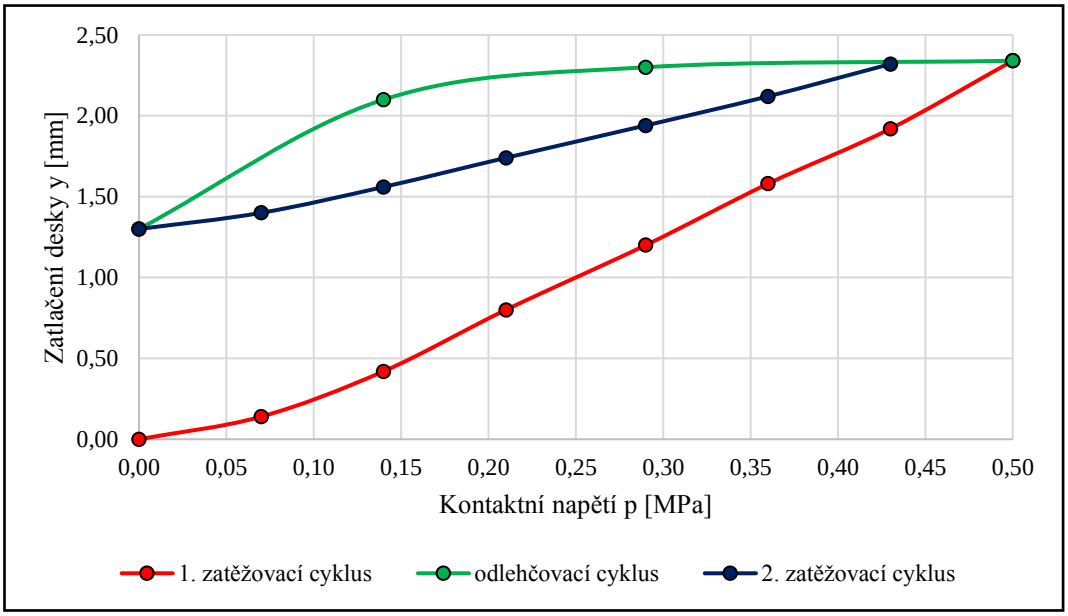
Tab. 26: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 2.

Zemní pláň 2.	
Kontaktní napětí [MPa]	Sedání
0,00	0,00
0,07	0,14
0,14	0,42
0,21	0,80
0,29	1,20
0,36	1,58
0,43	1,92
0,50	2,34
0,29	2,30
0,14	2,10
0,00	1,30
0,07	1,40
0,14	1,56
0,21	1,74
0,29	1,94
0,36	2,12
0,43	2,32

1. zatěžovací cyklus	
$p_{max,1}$ [MPa]	0,50
a_1 [mm/MPa]	4,393
a_2 [mm/MPa^2]	1,308
$E_{def,1}$ [MPa]	**44,58**

2. zatěžovací cyklus	
$p_{max,2}$ [MPa]	0,43
a_1 [mm/MPa]	1,824
a_2 [mm/MPa^2]	1,377
$E_{def,2}$ [MPa]	**93,12**

$E_{def,2}/E_{def,1}$	**2,09**



Graf 16:Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 2.

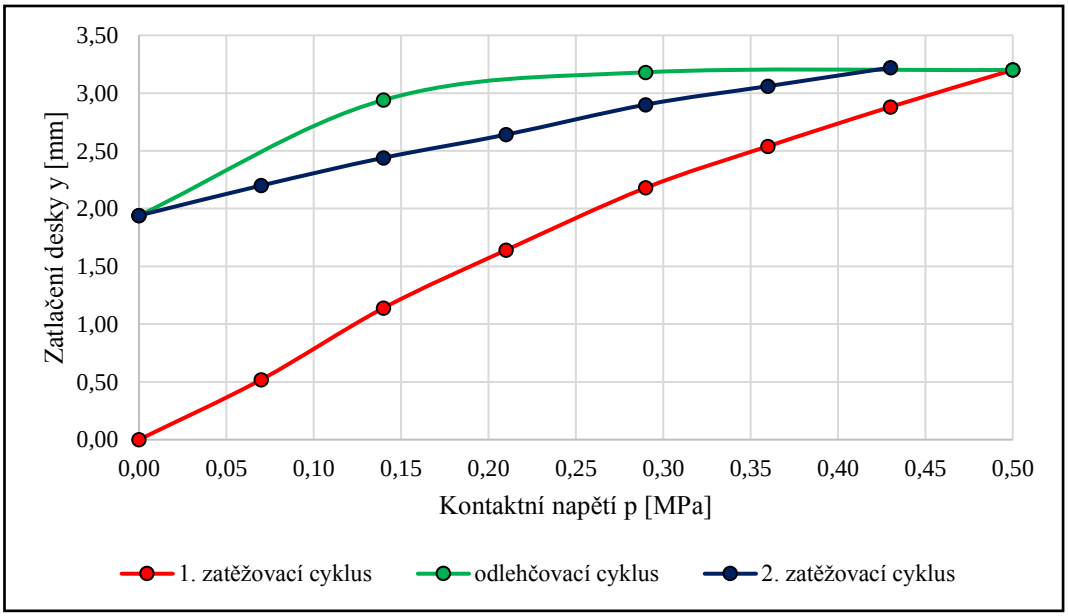
Tab. 27: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 3.

Zemní pláň 3.	
Kontaktní napětí [MPa]	Sedání
0,00	0,00
0,07	0,52
0,14	1,14
0,21	1,64
0,29	2,18
0,36	2,54
0,43	2,88
0,50	3,20
0,29	3,18
0,14	2,94
0,00	1,94
0,07	2,20
0,14	2,44
0,21	2,64
0,29	2,90
0,36	3,06
0,43	3,22

1. zatěžovací cyklus	
$p_{max,1}$ [MPa]	0,50
a_1 [mm/MPa]	9,526
a_2 [mm/MPa^2]	-5,926
$E_{def,1}$ [MPa]	**34,28**

2. zatěžovací cyklus	
$p_{max,2}$ [MPa]	0,43
a_1 [mm/MPa]	3,822
a_2 [mm/MPa^2]	-1,956
$E_{def,2}$ [MPa]	**75,48**

$E_{def,2}/E_{def,1}$	**2,20**



Graf 17: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 3.

ZÁVĚR

Cíle bakalářské práce byly: sepsat rešerši, zpracovat technologický postup na téma zaplavení důlních komor a zhodnotit zvolený technologický postup, zpracovat technologický postup při zjištění výskytu kontaminované zeminy a vyhodnotit výsledky zkoušek zhutnění zeminy a následně je porovnat s normativními požadavky.

Informace z odborné literatury, poznatky nabrané během odborné praxe a znalosti získané během vypracování práce, byly dostačující pro splnění zadání bakalářské práce. V bakalářské práci byly předloženy, diskutovány a vyvozeny výsledky z daných okruhů určených zadáním. Dle mého názoru byly cíle splněny.

Rešerši je věnována část práce, kde je popsáno vše důležité a spjaté s danou problematikou. Vzhledem k rozmanitosti tématu rekultivace území postiženého těžbou nerostných surovin se domníván, že existuje velká škála odborné literatury popisující toto téma, a proto nebylo třeba zacházet do větších detailů.

Během realizace zaplavení důlních komor a byly dodržovány veškerá ustanovení, technologický postup a plán BOZP. Práce již byly dokončeny a zhodnotila bych firmu, co práce realizovala, za seriózní.

Dekontaminace je momentálně ve fázi průběhu a postupuje se pomalejším tempem, než se očekávalo, i přesto se dbá na veškeré zvýšené opatrnosti a nepostřehla jsem nedostatky. Zaměstnanci dbají na svoji bezpečnost i bezpečnost dalších subdodavatelkých firem.

Zkoušky zhutnění zemního tělesa byly provedly dle předpisů a rámci jejich vyhodnocení jsem nabyla pozitivního dojmu, že pracovníci provádějí práce důsledně a snaží se předcházet potížím při špatném provedení svých výkonů, a tím minimalizují ztráty v rámci výkonnosti.

Výstavba komunikace je stále aktuální, a tudíž se i nadále hodlám věnovat rekultivaci tohoto území až do její finální podoby.

LITERATURA

[1] MAJER, Jiří. *Rudné hornictví v Čechách, na Moravě a ve Slezsku: Obrazy z dějin těžby a zpracování*. Praha: Libri, 2004.

[2] Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1988-44

[3] DVOŘÁK, Zdeněk, Ing. Jiří SVEJKOVSKÝ, Ing. Oldřich JANEČEK a Ing. Pavel COUFAL. *Minerály severočeské hnědouhelné pánve*. Praha: Granit, 2012.

[4] ŠTÝS, Ing. Stanislav. *Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1981.

[5] ČERMÁK, Petr a Vratislav ONDRÁČEK. *Rekultivace antropozemí výsypek severočeské hnědouhelné pánve: Metodická pomůcka*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, 2006.

[6] ŠTÝS, Stanislav a Liběna HELEŠICOVÁ. *Proměny měsíční krajiny*. Praha: Bílý slon, 1992.

[7] VÁŇA, Jaroslav a Antonín SLEJŠKA. *Rekultivace území devastovaných těžbou nerostů*. Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1990.

[8] SÁDLO, Jiří. *Krajina a revoluce: Významné přelomy ve vývoji kulturní krajiny českých zemí*. 3., upravené. Praha: Malá skála, 2008.

[9] Zákon č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334

[10] ŠTÝS, Stanislav. *Proměny severozápadu*. Praha: Český statistický úřad, 2014.

[11] ŠTÝS, Stanislav. *Proměny Mostecka*. Most: Statutární město Most, 2014.

[12] *REGISTR STARÝCH DŮLNÍCH DĚL: PŘEHLED STAVU DATABÁZE ZA ROK 2018* [online]. Praha: Česká geologická služba, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://www.geology.cz/extranet/sgs/dulni-dila/stara-dulni-dila/registr-sdd-2018.pdf

[13] *Stará důlní díla* [online]. Praha: Česká geologická služba [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://www.geology.cz/extranet/sgs/dulni-dila/stara-dulni-dila

[14] Vyhláška č. 52/1997 Sb., kterou se stanoví požadavky k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a bezpečnosti provozu při likvidaci hlavních důlních děl. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-52

[15] *Praktická příručka o osvědčených postupech pro prevenci a minimalizaci rizik azbestu při práci (potenciálně) zahrnující kontakt s azbestem: Pro zaměstnavatele, zaměstnance a inpektory práce*. Praha: Ministerstvo zdravotnictví České republiky; Státní zdravotní ústav, 2007.

[16] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361

[17] *Worldwide Asbestos Supply and Consumption Trends from 1900 through 2003* [online]. Virginia: U.S. Geological Survey, 2006 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://pubs.usgs.gov/circ/2006/1298/c1298.pdf

[18] *U.S. Geological Survey* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.usgs.gov/centers/nmic/asbestos-statistics-and-information

[19] *Integrovaný registr znečištění: Azbest* [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.irz.cz/node/15

[20] HARTE, John. *Toxics A to Z: a guide to everyday pollution hazards*. Berkeley: Univ. of California Press, 1991.

[21] ČERVENKA, Václav. *Azbest a jeho nebezpečnost: vybrané kapitoly ze základních problémů azbestu*. Praha: Skanska CZ, 2006.

[22] Vyhláška č. 363/1992 Sb., o zjišťování starých důlních děl a vedení jejich registru. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-363

[23] ČSN 73 0039. *Navrhování objektů na poddolovaném území*. 2015

[24] Vyhláška č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1989-22

[25] Vyhláška č. 26/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem na povrchu. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1989-26

[26] ČSN 73 6133. *Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. 2010.

[27] TP 94 *Technické podmínky – Úprava zemin*. ARCADIS Geotechnika a.s., 2013.

[28] TKP 1 *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací – Všeobecně*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2017.

[29] TKP 4 *Technické kvalitativní podmínky staveb pozemních komunikací – Zemní práce*. Praha: Ministerstvo dopravy, 2017.

[30] ČSN 72 1006. *Kontrola hutnění zemin a sypanin.* 2015

[31] ČSN 72 1010. *Stanovení objemové hmotnosti zemin. Laboratorní a polní metody.* 1991

[32] ČSN EN 13286-2 (73 6185). *Nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy – Část 2: Zkušební metody pro stanovení laboratorní srovnávací objemové hmotnosti a vlhkosti – Proctorova zkouška*. 2011

[33] ČSN EN ISO 17892-1 (72 1007). *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 1: Stanovení vlhkosti*. 2015

[34] ČSN EN ISO 17892-4 (72 1007). *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 4: Stanovení zrnitosti*. 2017

[35] ČSN EN 1097-5 (72 1194). *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva – Část 5: Stanovení vlhkosti sušením v sušárně*. 2008

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
HZS	Hasičský záchranný sbor
OOPP	Osobní ochranné pracovní pomůcky
TP	Technologický postup
ZZM	Zpevněný zásypový materiál

SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Vytěžené množství uhlí za dané období 10

Tab. 2: Vytěžené množství zeminy za dané období 11

Tab. 3: Využití strojní techniky pro dobývání 12

Tab. 4: Využití stojní techniky pro dopravu 12

Tab. 5: Využití strojní techniky pro zakládání 13

Tab. 6: Rekultivace v Mostecké pánvi do roku 2010 17

Tab. 7: Rekultivace v Sokolovské pánvi do roku 2010 18

Tab. 8: Materiály obsahující azbest (Převzato z [15]) 22

Tab. 9: Denzitometr – základová spára 42

Tab. 10: Proctor standard – základová spára 42

Tab. 11: Míra zhutnění – základová spára 43

Tab. 12: Denzitometr – polštář ze štěrkodrtě 44

Tab. 13: Proctor standard – polštář ze štěrkodrtě 44

Tab. 14: Míra zhutnění – polštář ze štěrkodrtě 45

Tab. 15: Denzitometr – zásyp vtokové jímky 46

Tab. 16: Denzitometr – zásyp výtokové jímky 46

Tab. 17: Proctor standard – zásyp jímek 47

Tab. 18: Míra zhutnění – vtoková jímka 48

Tab. 19: Míra zhutnění – výtoková jímka 48

Tab. 20: Denzitometr – zásyp potrubí 49

Tab. 21: Proctor standard – zásyp potrubí 49

Tab. 22: Míra zhutnění – zásyp potrubí 50

Tab. 23: Statická zatěžovací zkouška – parapláň 53

Tab. 24: Statická zatěžovací zkouška - 2. konsolidační vrstva 54

Tab. 25: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 1. 55

Tab. 26: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 2. 56

Tab. 27: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 3. 57

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Vytěžené množství uhlí za dané období (Převzato z [4]) 11

Graf 2: Vytěžené množství zeminy za dané období (Převzato z [4]) 11

Graf 3: Využití stojní techniky pro dobývání (Převzato z [4]) 12

Graf 4: Využití strojní techniky pro dopravu (Převzato z [4])..... 13

Graf 5: Využití strojní techniky pro zakládání (Převzato z [4])..... 13

Graf 9: Rekultivace v Mostecké pánvi do roku 2010 (Převzato z [10]) 18

Graf 10: Rekultivace v Sokolovské pánvi do roku 2010 (Převzato z [10]) 18

Graf 11: Celosvětová nabídka azbestu a trendy spotřeby od 1900 přes 2003 (Převzato z [17]) 22

Graf 12: Proctor standard – základová spára 43

Graf 13: Proctor standard – polštář ze štěrkodrtě..... 45

Graf 14: Proctor standard – zásyp jímek..... 47

Graf 15: Proctor standard – zásyp potrubí 50

Graf 16: Statická zatěžovací zkouška – parapláň..... 53

Graf 17: Statická zatěžovací zkouška - 2. konsolidační vrstva..... 54

Graf 18: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 1..... 55

Graf 19:Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 2..... 56

Graf 20: Statická zatěžovací zkouška – zemní pláň 3..... 57

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výřez situace – SO 902 28

Obr. 2: Výřez situace – SO 903 28

Obr. 3: Výřez situace – trubní propust DN 1200 km 12,500 37

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Celosvětová nabídka azbestu a trendy spotřeby od 1900 přes 2003

Příloha 2: Technologický postup – likvidace důlních komor zaplavením

Příloha 3: Technologický postup – likvidace kontaminované zeminy