

Diplomarbeit

Master's Thesis

Alternative nachträgliche Erhöhung von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe 630,00m

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom- Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ. Prof. Dipl. -Ing. Dr. techn. Peter Tschernutter

am

Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

und

Univ. Ass. Dipl. –Ing. Dr. techn. Tonyo Cholakov

am

Institut für Hydrotechnik

Eingereicht an der Universität für Architektur, Bauingenieurwesen und Geodäsie Sofia

Fakultät für Wasserbau

von

Magdalina Krancheva

Matrikelnummer 1329405

Oktober 2017, Wien

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während meines Studiums unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Prof. i. R. Dipl.- Ing. Dr. techn. Peter Tschernutter, die meine Masterarbeit betreut und begutachtet hat, sowie Univ. Ass. Dipl.- Ing. Burkhard Rüdiger welche mir mit fachlichen Ratschlägen immer hilfreich zur Seite standen.

Herzlicher Dank gilt des weiteren Chef Assist. Prof. Dr. Ing Tonyo Cholakov für die Hilfestellung und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit.

Allen voran gilt mein größter Dank meiner Familie.

Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit wurde in Kooperation mit der Technischen Universität Wien und der Universität für Architektur, Bauwesen und Geodäsie Sofia erstellt. Gegenstand der Arbeit ist die Vergrößerung des Arbeitsvolumens des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ in eine Höhe von 630,00 m. ü. d. M. Die vorliegende Bearbeitung besteht aus den folgenden zwei Teilen: Konzeptionelle und technische Lösung zur Erhöhung des Hauptdamms und konzeptionelle Lösung für die weiteren Dämme. Das Ausbauprojekt entspricht den bulgarischen als auch den österreichischen Normen. Das Projekt befindet sich auf dem Gebiet, welches im Eigentum von „Dundee Precious Metals- Chelopech“ steht.

Dieses Projekt ist eine alternative Variante zu der für 2019 bereits geplanten nachträglichen Erhöhung des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ auf eine Höhe von 630,00m. In dieser Diplomarbeit wird die alternative Variante für den Ausbau untersucht. Diese Variante umfasst:

- Konzeptionelle- und konstruktive Lösung zur Realisierung der Erhöhung des südlichen Damm(Hauptdamm) nach der „Upstream“ Bauweise.
- Technische Lösung zur Erhöhung der Dämme im Nordwesten, Nordosten und Norden nach der „Upstream“ Bauweise.

Die gewählte alternative Ausbauvariante gibt ungefähr folgende Daten vor:

- Volumensspeicher- 9 059 578 m³
- Aufschüttung- 1 253 698 m³
- Aushub- 210 368 m³

Die Einführung der Arbeit umfasst die allgemeine Information über die Sedimentationsbecken. Der Teil erklärt die konstruktiven Lösungen, Baumethoden und den Hydrotransport bei diesen Typen von Anlagen.

Der konzeptionelle Teil stellt die geologische, hydrologische und hydrogeologische Bedingung von Sedimentationsbecken „Chelopech“ dar. Das Kapitel beschreibt die technischen Daten für die Stauanlage. Alle Prozesse und Anlagen von Sedimentationsbecken „Chelopech“ sind erklärt und beschreiben.

Der technische Teil erklärt das Bedürfnis und die Ziele an Zusatzvolumen für die Sedimentierung nach 2019. Die Untersuchungen des Standsicherheit und Filtration durch „Geostudio 2007“ überprüfen die Stabilität der zukünftigen Erhöhung im Jahr 2019. Die Erhöhung bis Höhe 630,00m fordert neue Dimensionierungen des Systems für Sedimenttransporte.

Grundsatz ist, eine unmittelbare Gefährdung aus einer Sedimentationsanlage durch Maßnahmen wie zuverlässige Dimensionierung aller Anlageteile, Überwachung und Kontrolle sowie Instandhaltung auszuschließen. [10]

Inhaltsverzeichnis

I. Allgemeine Grundlagen.....	1
1. Sedimentationsbecken.....	1
2. Hydrotransport.....	3
3. Ablagerungen und Klärungen.....	4
4. Konstruktive Lösungen.....	4
II. Projekt spezifische Randbedingungen	7
1. Standort	7
2. Geologische Bedingungen	8
3. Hydrogeologische Bedingungen	8
4. Hydrologische Bedingungen	8
III. Charakteristische technische Daten für das Sedimentationsbecken „Chelopech“	9
1. Charakteristische Daten für das Sedimentationsbecken in 620m Höhe.....	9
2. Einzugsgebiet	9
3. Fundierungsbedingungen	10
4. Charakterisierung der Bergwerkabfälle	10
5. Sedimentationsdämme	10
6. System für Sedimenttransport.....	12
7. Äußeres Entwässerungssystem	12
8. Inneres Entwässerungssystem mit Wasserumlaufversorgung.....	13
9. Frischwassersystem	14
10. Berieselungssystem	14
11. Dränagesystem.....	14
12. Mess- und Kontrollsystem.....	15
IV. Konstruktive Lösungen für den Ausbau des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ in eine Höhe von 630.00m.	18
1. Ausgangsdaten für die Projektierung	18
2. Alternative Ausbauvariante	18
3. Ziele und Gründe für den Ausbau.....	18
4. Bestimmung des freien Volumens für die Deponie	18
5. Bestimmung der Neigung und der Länge zwischen Ufer und Eintragstelle und des Seepegels.....	20
6. Untersuchungen der Standsicherheit des Hauptdammes.....	20
6.1 Filtrationsuntersuchungen.....	20

6.2 Statische Untersuchungen	26
6.3 Schlussfolgerungen.....	34
7. Neue Dimensionierung des Systems für Sedimenttransport	35
7.1 Beschreibung des Systems.....	35
7.2 Ausgang Daten	35
7.3 Berechnung der sekundären Aufwand von der Sedimentmischung.....	35
7.4 Physiko- mechanischen Eigenschaften des Abfalls (Tailing)	35
7.5 Gewichtskonzentration	36
7.6 Volumenkonzentration	36
7.7 Dichte von Abfall	36
7.8 Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit	36
7.9 Hydraulische Verluste.....	37
V. Umweltschutzmaßnahmen.....	38
1. Luft.....	39
2. Grund- und Oberflächenwässer	39
3. Böden.....	39
4. Pflanze- und Tierwelt	40
VI. Ideenlösung für Rekultivierung.....	40
1. Maßnahme für Stilllegung des Sedimentationsbecken und den vorhandenen Anlagen.....	40
1.1 Stilllegung des Abfallkörpers	40
1.2 Absenken und Stabilisierung der Wasserfläche	41
1.3 Liquidierung des inneren Entwässerungssystems mit Wasserumlaufsystem	41
1.4 Liquidierung des äußeren Entwässerungssystems.....	41
1.5. Konservierung des Dränagesystems	41
1.6 Liquidierung des Sedimenttransportsystems	42
1.7 Liquidierung des Berieselungssystems	42
1.8 Biologische Rekultivierung	42
2. Etappe von aktive Nachsorge.....	42
2.1 Ausbeutung des Dränagesystems.....	42
2.2 Überwachung	42
2.3 Überwachung des Beckenstandes.....	43
2.4 Überwachung von Piezometerstände	43
2.5 Züchtungen des neuen Pflanzenwuchses.....	43

3.Etappe von passive Nachsorge	44
3.1 Abbauen von Bedienungsausrüstung und Anlagen	44
3.2 Überwachung der Böden und der Flora	44
VII. Inhaltsverzeichnis	45
VIII. Anhang	46
A. Geologische Karte von Bulgarien	46
B. Die Speichervolumen - Flächen Kurve	47
C. Die Speicherkurve	47
D. Die Kornzusammensetzung Sieblinie	48
IX. Zeichnungen	49
1. Situation Sedimentationsbecken „Chelopech“, M 1:1000	49
2. Querschnitt des Hauptdammes, M 1:1000.....	49
3. Längsschnitt Sediment Rohrleitung MH 1:2000, MV 1:200	49
4. Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes - pore- water pressure, M 1:1000.....	49
5. Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes - pressure head, M 1:1000.....	49
6. Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes - total head, M 1:1000	Error! Bookmark not defined.
7. Statische Untersuchung des Hauptdammes - Stabilität der Luftseite	49
Seep Resultat, M 1:1000	49
8. Statische Untersuchung des Hauptdammes - Stabilität der Luftseite.	49
Seep Resultat. Seismische Einwirkungen Kombination I, M 1:1000	49
9. Statische Untersuchung des Hauptdammes - Stabilität der Luftseite.	49
Seep Resultat. Seismische Einwirkungen Kombination II, M 1:1000	49

Einleitung

Die Sedimentationsbecken sind keine „klassischen“ Stauanlagen. Sie deponieren dauerhaft Rückstände, die in der Wirtschaft anfallen. Gemeint sind Anlagen zur meist dauernden Entsorgung von Rückständen, die im Zusammenhang mit der Gewinnung von Rohstoffen oder bei anderen technischen Prozessen in großen Mengen und über größere Zeiträume anfallen. [22] Die absetzbare Schwebstoffe können sein: Rückstände aus Produktionsanlagen wie Asche, Sand und Staub, Endprodukte chemischer Prozesse, von Erzen getrennte Beimengungen oder Reste der Kohlenwäsche. Sedimentationsbecken werden als Nebenanlagen im Bergbaubetrieb oder in der Nähe von Produktionsstätten gebaut.

Für den Betrieb von Sedimentationsbecken wird hier vorausgesetzt, dass die abgesetzten Stoffe chemisch und biologisch unbedenklich, also umweltverträglich sind. Insbesondere bei Rückständen aus der Produktion chemischer Betriebe können zu den absetzbaren Stoffen umfangreiche Untersuchungen notwendig werden, die auch auf bauliche Details der Sedimentationsbecken Einfluss haben können. Da die Sedimentationsbecken oft viele Hektar groß sind, muss der Auswahl geeigneter Flächen besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Sowohl denkbare Gefährdungen des Grundwassers oder der Umgebung als auch die Art des abzusetzenden Stoffes, aber auch die Spültechnologie und die Möglichkeiten des Klarwasserabzuges bestimmen Art, Größe und auch die bauliche Gestaltung der Sedimentationsbecken.

I. Allgemeine Grundlagen

Bei der industriellen Verarbeitung von Rohstoffen, von der Kalksteinwäsche über die Kohle- bis hin zur Erzaufbereitung, fallen in der Regel große Mengen an Aufbereitungsrückständen an. Dabei handelt es sich zumeist um feinkörnige mineralische Feststoffe wie Sand-, Schluff- oder Tonpartikel, die im Wasser aufgeschlämmt sind. Bei der Entsorgung in Sedimentationsbecken, auch als industrielle Absetzanlagen bezeichnet, werden die Feststoffe durch Sedimentation getrennt und abgelagert. [9]

Die direkte Einleitung dieses Abfallprodukts ist in das Gewässer nicht erlaubt. Die Sedimentbeseitigung, die Austrocknung und die eventuelle Nutzung als Baumaterial sowie die Wiederverarbeitung des Abfalls werden nur durch die Abfallwirtschaft erreicht. Diese ist ein unteilbarer Teil im Aufbereitungsbetrieb.

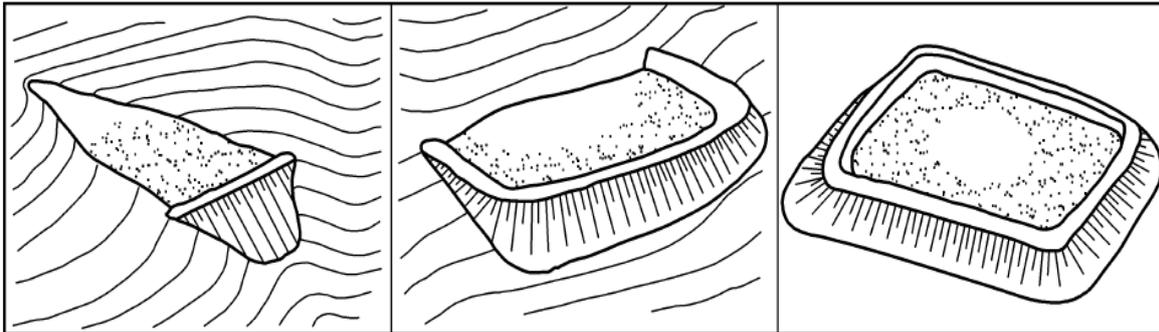
Die Abfallwirtschaft besteht aus komplexen Anlagen für den Abfalltransport, die Spültrübe, die Sedimentierung des Abfalls, die Wasserklärung und aus dem Berieselungssystem mit geklärtem Wasser.

1. Sedimentationsbecken

Der Standort für die Lagerung des Abfalles wird Sedimentationsbecken genannt. Das Absetzbecken wird mit Spülstößen aus Abfall befüllt, der durch ein System aus Druckrohrleitungen oder Rohrleitungen transportiert wird. Die Befüllung dauert meistens Jahrzehnte und deckt sich mit der Betriebsperiode des Aufbereitungsbetriebes ab. Die Sedimentationsbecken sind komplizierte hydrotechnische Anlagen mit Höhe bis 100m. [13] Die Sedimentationsbecken lassen sich nach folgenden Kriterien unterscheiden:

• Nach den topografischen Bedingungen:

- Sedimentationsbecken im Tal- befinden sich im Tal oder in der Schlucht. Der Hauptdamm wird im Tal errichtet und der Fluss wird durch ein Umleitungsbauwerk umgeleitet. Das Becken wird von Oberflächenwasser durch ein System aus Sammelkanäle verhüttet. [13] (Talabriegelung) (Abbildung 1, A)
- Sedimentationsbecken am Hang- durch Aufschüttung von drei Seiten.[13] (Hufeisendamm) (Abbildung 1, B)
- Sedimentationsbecken in ebenem Gelände – durch Aufschüttung eines Ringdammes. [13] (Ringdamm) (Abbildung 1, C) [9]



A

B

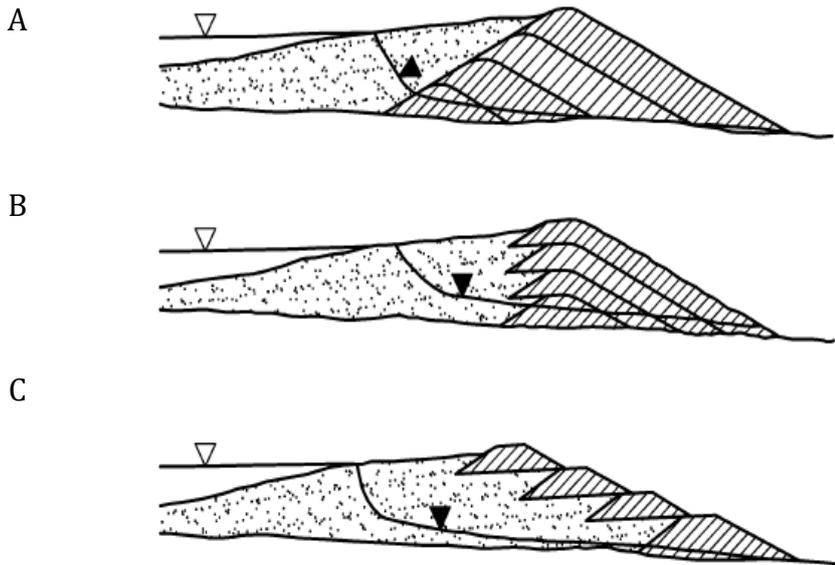
C

Abbildung 1: Sedimentationsbeckentypen

Quelle: DIN 19700-15 Stauanlagen- Teil 15 Sedimentationsbecken

• Nach der Baumethode

- zur Luftseite verschoben (Downstream Methode) (Abbildung 2, A)
- feststehend (Central Line Methode) (Abbildung 2, B)
- zur Wasserseite verschoben (Upstream Methode) (Abbildung 2, C) [9]



A

B

C

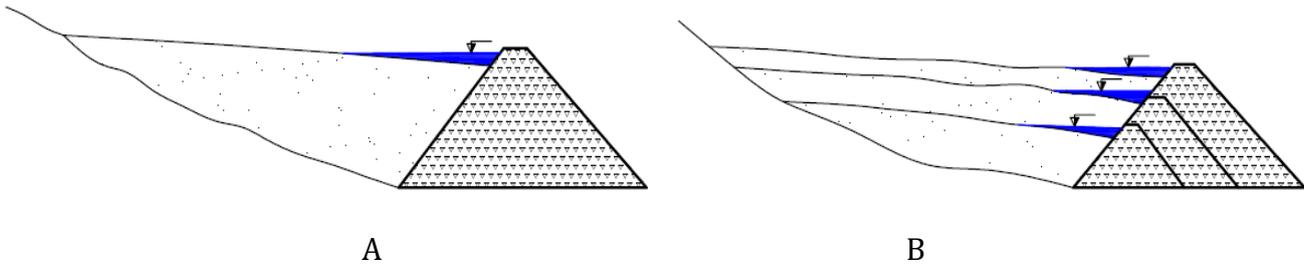
Abbildung 2: Bauweise für Absperrbauwerke bei Sedimentationsbecken

Quelle: DIN 19700-15 Stauanlagen- Teil 15 Sedimentationsbecken

- Nach der Bauweise

- Staudamm: Das ist ein Erdschüttdamm, hinter dem Bergbauabfall deponiert wird. Diese Bauweise wird angewendet, wenn die Aufbereitung von Erz nur durch feines Zermahlen möglich ist. Bei dieser Verarbeitung erhält man 75-80 % des Abfalles einer Korngröße kleiner als 0,074mm. Bei dieser Bauweise wird der Damm aus grobkörnigen Erdschüttmaterial, Material aus dem Bergwerk oder aus grobkörnigen Abfall hergestellt. [13]

Diese Staudämme können auch in Etappen gebaut werden. (Abbildung 3,A und B)



A B
Abbildung 3: Sedimentationsbecken „Staudammtyp“
Quelle: Handbuch für die Konstruktion von Wasserbauwerken

Die konstruktive Gestaltung und die statische Bemessung erfolgen wie bei normalen Erdschüttdämmen. Der Abfall kann von dem Hauptdamm oder von der Endgrenze des Dammes gespült werden. Es ist notwendig eine ausreichende Sedimentierungslänge zu sichern.

-Hydraulisch gefüllter Damm- Das ist ein Damm, bei dem der Abfall als Material für den Dammkörper benutzt wird. 70% des Abfalles besitzt eine Korngröße kleiner als 0,074mm und einem der Ungleichartigkeitskoeffizient $\eta = \frac{d_{80}}{d_{10}} > 3 \sim 4$. [13]

2. Hydrotransport

Das System für den Sedimenttransport wird in Abhängigkeit von der Lage des Aufbereitungsbetriebs zu dem Standort des Sedimentationsbeckens ist gewählt: Drucklose-, Druckrohrleitung oder beide zusammen in einem System.

Die Drucklosrohrleitung wird verwendet, wenn sich der Betrieb über dem Sedimentationsbecken befindet. Dafür werden offene Kanäle aus Beton oder Abfallrohrleitungen verwendet. Aufgrund von Sedimentablagerungen und Verschlammung sind mindestens zwei parallele Rohrleitungen zu bauen um so zu sichern, dass eine kontinuierliche Arbeit des Abfallwirtschafts ermöglicht wird.

Die Druckrohrleitung ist Selbstfluss oder Zwangsfluss. Der Selbstfluss entsteht durch Unterschied zwischen der geodätischen Höhe der Aufbereitungsbetrieb und dem Rohrleitungsende. Bei dem Zwangsfluss wird der notwendige Druck durch Pumpaggregate geschaffen. Die Druckrohrleitungen werden aus Gusseisen, Beton oder Stahlbeton errichtet.

Das gemischte Rohrleitungssystem zeichnet sich durch den Druckfluss in einigen Abschnitten und durch Drucklosfluss in anderen aus.

Die Hauptvoraussetzung für den Hydrotransport ist, dass die Rohrleitungsgeschwindigkeit grösser als die kritische Geschwindigkeit sein muss. Bei der kritischen Geschwindigkeit lagern sich feste Teile des Abfalles der Rohrleitung ab. [13]

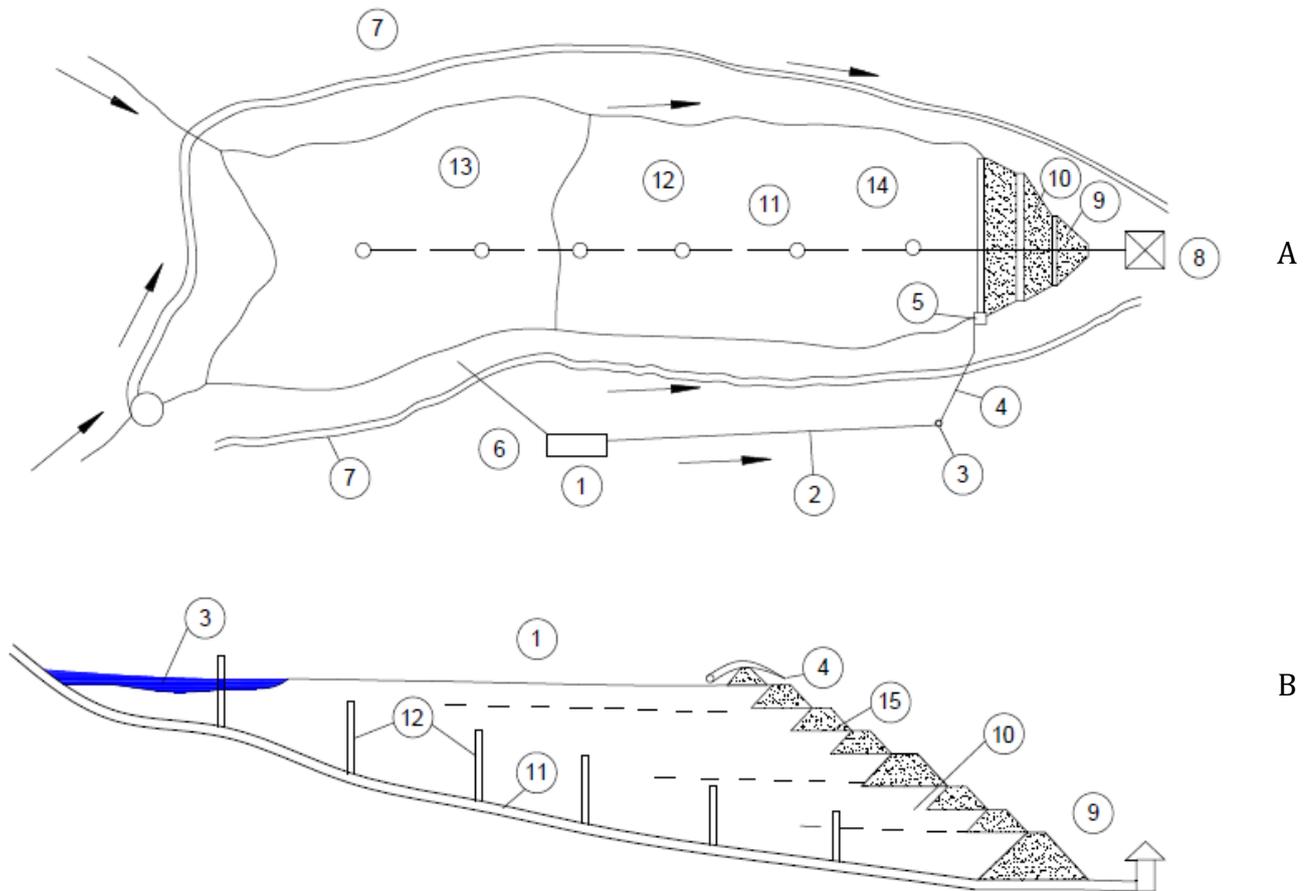


Abbildung 4: Schema des Systems der Abfallwirtschaft
Quelle: Handbuch für die Konstruktion von Wasserbauwerken

A- Lageplan, B- Querschnitt;

1- Aufbereitungsbetrieb, 2- Hauptrohrleitung, 3- Anlage für Aufnahme und Verteilung des Abfalls, 4- Verteilungrohrleitung, 5- Rohrabzweigungen, 6- Notrohrleitung, 7- Entwässerungskanäle, 8- Pumpstation, 9- Hauptdamm, 10- Damm aus Abfall, 11- Kollektor, 12- Wasserentnahmeturm, 13- Teich, 14- Spülstrand, 15- Sekundärdamm

3. Ablagerungen und Klärungen

Mit Hilfe des Hydrotransports gelangt der Bergbauabfall in die Einspülstelle. Die größeren Teile lagern sich auf der Wasserseite des Sedimentationsbeckens, dem so genannten Spülstrand ab. Die kleineren Teile sedimentieren in den Teich. Das Klärwasser wird durch den Wasserentnahmeturm oder den Überlaufen zu den Kollektor abgeführt. Diese Wasseranlagen werden für das Klärungswasser und für das Regenwasser verwendet. [13]

4. Konstruktive Lösungen

Der Bau des Sedimentationsbeckens beginnt mit der Umleitung des Wassers, danach soll ein Kollektor zur Sammlung des Klärwassers errichtet werden. Fels und Kies eignen sich für Aufbau eines Depressionsfilter. Bei den aus Tonmaterial bestehenden Hauptdamm ist es notwendig einen Rückfilter ein zu bauen. [13]

Die Spülung erfolgt immer ausgehend von dem Hauptdamm in Richtung des Sedimentationsbeckens, sodass sich der Abfall gleichmäßig in die Zone 1-4 des Spülstrands verteilen kann. Am Anfang des Spülstrands werden die grobkörnigen Teile abgelagert, diese trocknen schnell und weisen eine größere Festigkeit auf. Die kleineren Teile lagern sich in den Teich ab. Dabei handelt es sich um fein tonige Teilchen, die schwierig zu verdichten sind. Auf den größeren Teilchen, in der Nähe der Wasserböschung werden Sekundärdämme errichtet, von denen aus in einer weiteren Etappe der Abfall gespült wird. Das System für den Sedimenttransport wird auf die Dammkrone verlegt. Jede 8-10m werden Abzweigungen montiert. Gleichzeitig arbeiten 3-4 Abzweigungen. [13]

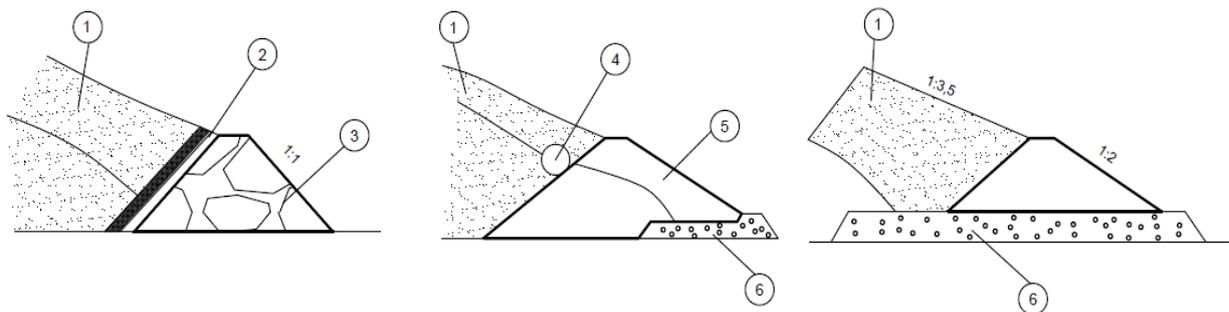


Abbildung 5: Arten von Hauptdämmen

Quelle: Handbuch für die Konstruktion von Wasserbauwerken

1-, 2- Rückfilter, 3- Steinschüttdamm, 4- Rohrdrainage, 5- Erdschüttdamm, 6- Drainage

Nach einigen fortlaufenden Spülungen hat der Abfall die Höhe der Krone erreicht, so dass mit Hilfe eines Bulldozer Sekundärdämme mit Höhe 2m und einer Dammkrone von 1m Breite erbaut werden. Jeder dritte Sekundärdamm wird mit Höhe von 2m und einer Breite von 3-4m aufgeschüttet und auf dieser Aufschüttung wird das System für den Sedimenttransport errichtet. Die Sekundärdämme bilden die Luftböschung mit einer Neigung von 1:3 oder 1:4.

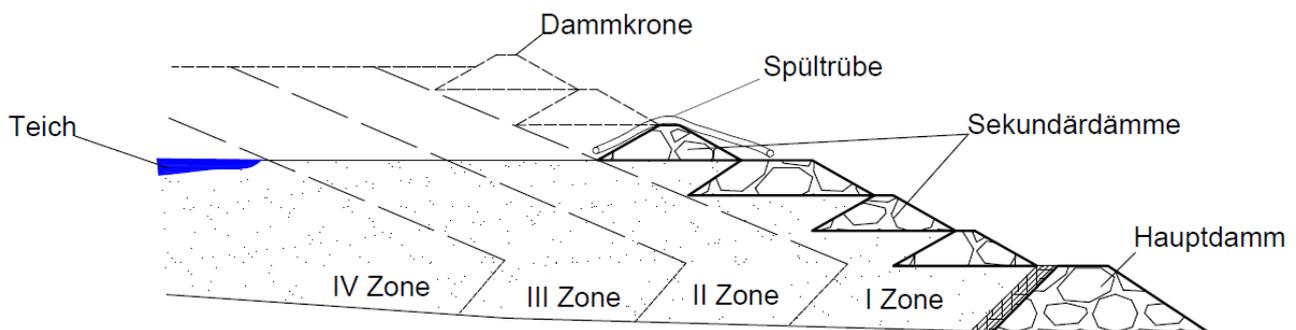


Abbildung 6: Querschnitt eines Sedimentationsbeckens

Quelle: Handbuch für die Konstruktion von Wasserbauwerken

Die Wasserböschung ist beinahe horizontal mit einer Neigung ist 1- 4%. Diese Böschung teilt sich in drei Zonen, dessen Längen durch unterschiedlichen Betriebsperioden schwanken können. Bei den Zonen handelt es sich um Spülstrände auf dem die größeren Teile des Abfalles sedimentieren und regelmäßig von Hochwasser überflutet werden.

Die Länge des Spülstrands hängt von den topografischen Bedingungen und der Korngröße des Abfalles ab. Auf dieser Fläche soll 60% bis 80% des Abfalles abgelagert werden. Es wird empfohlen, dass die Länge 4- 5 mal der maximalen Höhe des Sedimentationsbeckens betragen soll. Die restlichen 20% bis 40% Teilchen des Abfalles lagern sich im Freiwasser ab.

Der dimensionslose hydraulische Gradient des Bergbauabfalles soll nicht $i=0,15$ überschreiten und dadurch ergibt sich die minimale Spülstrandlänge:

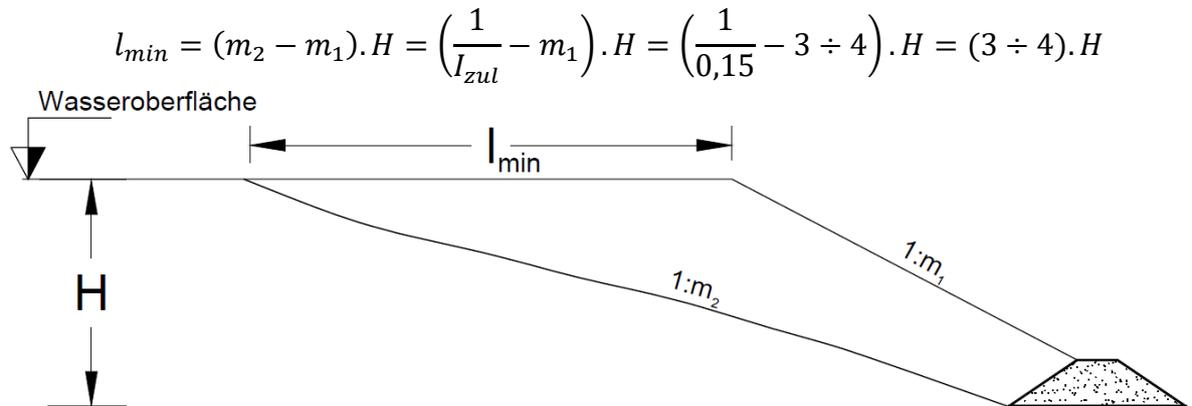


Abbildung 7: Minimallänge des Spülstrands
Quelle: Handbuch für die Konstruktion von Wasserbauwerken

Es wäre wünschenswert, wenn der Spülstrand in Maximallänge erhalten bleiben würde. Das Volumen des Sedimentationsbeckens hängt von der Jahresproduktion des Bergbauabfalles, von dem Betriebsjahren des Aufbereitungsbetriebes und von dem Volumengewicht des Abfalles ab. Nach der Kurve des Speichervolumens kann die Höhe der Dammkrone ermittelt werden. Der Wasserstand im Teich soll unter dem entsprechenden Wasserstand des Sekundärdamm sein. [13]

Sedimentationsbecken stellen eine Sonderform innerhalb der Klasse der Stauanlagen dar. Die Staubecken dieser Stauanlagen dienen ausschließlich dem Rückhalt absetzbarer, in Flüssigkeit suspendierter Schwebstoffe. Dabei handelt es sich um Anlagen, die meist dauernd Rückstände entsorgen, die im Zusammenhang mit der Gewinnung von Rohstoffen in großen Mengen und über größere Zeiträume anfallen.

Sedimentationsbecken unterscheiden sich von Stauanlagen anderer Art durch einige Besonderheiten, die aus dem Zweck der dauernden Ablagerung von Feststoffen resultieren:

- Die Sedimentationsbecken sind mit Deponien vergleichbar. Sie entstehen nach einem Planungskonzept entsprechend dem zeitlichen Anfall und den verschiedenen Qualitäten abzulagernder Feststoffe über einen Jahrzehnte langen Zeitraum. Am Ende einer Betriebsperiode werden die Becken verwahrt und rekultiviert.

- Aufgrund der langen Betriebszeiträume unterliegen diese Absperrbauwerke gewissen wirtschaftlichen und technischen Veränderungen. Dadurch kann es zu Umplanungen innerhalb der Betriebsperiode kommen. Das heißt, dass sich die Bauperiode mit der Betriebsperiode deckt [10]

Diese Anlagen werden in der Regel für eine begrenzte Nutzungsdauer und in vielen Fällen mit einem stufenweisen Ausbau geplant. Die Planung für Neubau, Erweiterung, Sanierung und Rückbau muss stets den vorgesehenen Endzustand der Gesamtanlage einschließen. Jedes Sedimentationsbecken strebt letztlich den Zustand eines Reliktes aus einer Aktivität zu, die in einer Periode einmal relevant gewesen ist.

II. Projekt spezifische Randbedingungen

„Dundee Precious Metals “ ist eine internationale kanadische Gold Bergwerksgesellschaft, deren Tätigkeit die Erhaltung, die Erkundung und die Verwendung der Vorkommen von Edelmetalle umfasst. Die Gesellschaft ist für folgende Aufgabengebiete zuständig:

- Eigentümer und Betreiber der Gold, Kupfer und Silberminen in Chelopech, Bulgarien.
- Eigentümer und Betreiber der Gold-, Kupfer-, Zink- und Silberminen in Kapan, Armenia.
- Eigentümer und Betreiber von Verarbeitungsanlagen in Tsumeb, Namibia.
- Mögliche Förderung von Goldvorkommen in „Khan Krum“ , Krumovgrad, Bulgarien.[11]

Der Bergwerksbetreib Chelopech Mining EAD wurde Ende September 2003 von Dundee Precious Metals mit circa 0,5 Mio. t/a übernommen. Die aktuelle Jahresförderung beläuft sich auf rund 1,2 Mio. t. bei einer Belegschaft von etwa 1 150 Mitarbeitern.

1. Standort

Das existierende Sedimentationsbecken der Fabrik „Chelopech“ befindet sich in Chiflik dere, 3km südlich vom Dorf Chelopech und liegt 600 m. ü. d. M. Es befindet sich zwischen den Dörfern Chavdar und Chelopech und besitzt insgesamt eine Fläche von 110,14 ha, diese verteilt sich folgendermaßen auf die beiden Gemeinden:

- Gemeinde „ Chavdar“ – mit einer Fläche von 37,79 ha.
- Gemeinde „ Chelopech“ – mit einer Fläche von 72,35 ha [2]



Abbildung 8: Standort vom Sedimentationsbecken „ Chelopech“
Quelle: googlemaps.com

2. Geologische Bedingungen

Das Gebiet, in dem sich das Sedimentationsbecken „Chelopech“ befindet, liegt in einem Bereich der von besonderer lithologischer und stratigraphischer Bedeutung ist. Der Untergrund besteht aus Bottinen-muskoviten Gneis und Schiefergneis. Die Oberfläche des Grundes wurde stark bis gänzlich durch Winderosion abgetragen und besteht aus mittel verwittertem Gestein.

Der Untergrund besitzt folgende lithologische Eigenschaften:

- Die Bodendeckschicht besteht aus sandigen bis kiesigen Ton und Proalluvialgestein, dieses baut die proalluvialische Schicht im Gebiet auf. Die Deckschicht ist braun, enthält fein bis mittel gerundet, erodierten Kies und besitzt eine minimale Schichtdicke von 0,50m.
- Die Bodenschichten bis in 15m Tiefe bestehen aus Gneis, der die Felsschicht im Gebiet aufbaut. Der obere Teil des Gneises ist beträchtlich verwittert.
- In 15 bis 30m Tiefe kommt vor allem magmatischer, glimmerhaltiger Gneis und fein geschichteter Schiefergneis vor, der schwach bis stark verwittert ist. [2] [Anhang 1]

3. Hydrogeologische Bedingungen

Aus den oben erwähnten geologischen Verhältnissen, ist in dem betrachteten Gebiet von Poren-, Kluft- und Karstgrundwasser auszugehen. Das Porengrundwasser kommt vor allem im proalluvialen Fels vor. Das Kluftgrundwasser sammelt sich in stark verwitterten Felsarten an. Das Karstgrundwasser sammelt sich an der Oberfläche von mittel bis frisch erodierten Fels an. Regen und Schnee versickern in den Untergrund und bereichern das Grundwasser. In der Untersuchungsregion ist das Porengrundwasservorkommen von großer Bedeutung. Es können sich Grundwassertiefen bis zu 10m ergeben

Der Gebietsniederschlag fließt größtenteils seitlich des Sedimentationsbeckens in den größten Fluss des Gebietes „Topolnica“ ab. [1] [2]

4. Hydrologische Bedingungen

Das betrachtete Gebiet befindet sich in dem Einzugsgebiet des Flusses „Topolnica“, indem die Flüsse aus den Gebieten Zlatishko- Pirdopskata Talkessel münden. Das Sedimentationsbecken ist in eine natürliche Schlucht gebaut worden. Dadurch wurden für das Becken Maßnahmen zur Retention, zur Hochwasserentlastung sowie eine organisierte Ableitung getroffen. Nach den Normen zur Konstruktion von Wasserkraftanlagen ist das Sedimentationsbecken eine Anlage erster Klasse und die Entlastungsbauwerke für dieses Objekt richten sich nach dem Hochwasser $HQ_{10\,000}$ mit einem Sicherheitswert $p=0,01\%$. Aufgrund dessen beträgt die maximale Abflussmenge $Q_{0,01\%} = 34\text{m}^3/\text{s}$, und das Hochwasservolumen ist $W_{0,01\%} = 0,367\text{ Mio. m}^3$. [1]

III. Charakteristische technische Daten für das Sedimentationsbecken „Chelopech“

1. Charakteristische Daten für das Sedimentationsbecken in 620m Höhe

Der Hauptdamm ist im Gebiet „ Chiflik dere“ errichtet worden und liegt 700m vom Fluss „ Topolnica“ entfernt. Der Damm ist im Jahr 1974 fertig gebaut worden. Die Talsperre ist auf einem Felsgrund auf verwitterten Gneis gegründet worden. Diese wurde nach der „Downstream“ Bauweise erbaut und ist wie der Raum zwischen den beiden Erdschüttdämmen (oberer- bis Höhe 570m und unterer- bis Höhe- 563m) mit hydrocyklonierte Abfall bis in eine Höhe von 585m gefüllt worden. Die beiden Erdschüttdämme wurden nach der klassischen „Upstream“ Bauweise errichtet, wodurch das Hauptprisma ausreichend stabilisiert wird. Die letzte Schicht mit einer Höhe bis zu 620 m besteht aus Erdschüttmaterial, das aus dem Dammgrund gewonnen wurde. Diese Schicht ist nach der „Downstream“ Bauweise erbaut, ohne Verwendung des Abfalls als Baumaterial. Die maximale Höhe des Hauptdamms beträgt 74m. Folgende Neigungen weist der Damm auf:

- Luftböschung
 - Oberer Teil 1:3
 - Unterer Teil 1:2,5
- Wasserböschung 1:2,5 [3] [4]

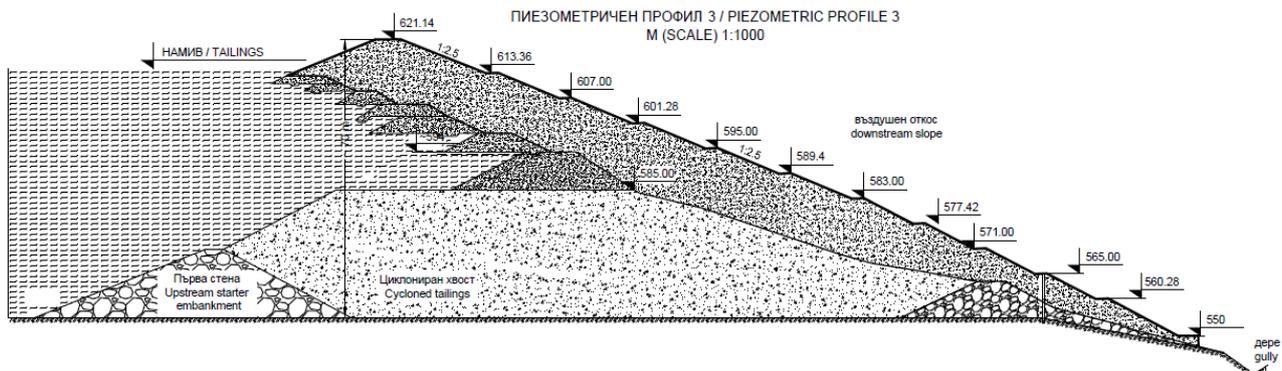


Abbildung 9: Profil 3 von dem Hauptdamm

Quelle: Projekt „Aufbauen des Hauptdamms von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe +620“,

2. Einzugsgebiet

Das gesamte Einzugsgebiet von Sedimentationsbecken „Chelopech“ beträgt 212 153 m². Westlich des Hauptdamms befindet sich das Einzugsgebiet mit einer Fläche von 28 600 m². Östlich des Hauptdamms befindet sich ein größeres Einzugsgebiet mit einer Fläche von 183 553 m².

Für das Einzugsgebiet östlich des Hauptdamms ist ein Entwässerungskanal vorgesehen. Dieser Kanal war Teil des Entwässerungssystems zum Zeitpunkt der Anfangsbetriebsperiode. Das Entwässerungssystem setzt sich aus drei Teilen zusammen: einen Kanal, drei Dämme und Entwässerungskollektoren. Der Kanal auf dem linken Abhang ist im Jahr 2012 wiederaufgebaut worden und der Oberflächenabfluss des nordöstlichen Einzugsgebiets wird außerhalb des Sedimentationsbeckens abgeleitet.

Der Kanal erstreckt sich vom nordöstlichen Damm mit einem minimalen Gefälle zum Hauptdamm. Der Entwässerungskanal endet mit einer Schussrinne und fließt dadurch ins Tal ab.

3. Fundierungsbedingungen

Aufgrund des oben beschriebenen Schichtenaufbaus, besteht das Fundament der Dämme im Süden, Nordwesten und Nordosten aus recycling Abfall, hingegen wird der westliche Damm auf vorhandenen natürlichen Material mit höherer Festigkeit gegründet. Die neue Erhöhung soll eine Höhe von 10m aufweisen und das Material, das durch neue Erdschüttungen belastet wird, ist den dichten Abfall. Für den tatsächlichen Ausbau im Jahr 2019 wird eine Schichtdicke des Materials von 8m erwartet.

Das Abfallmaterial ist ein weiches, schwach plastisches, unverdichtetes, wassergesättigtes, tonsandiges Pulver. Die geotechnischen Anforderungen sind folgende:

- Dichte $\rho_n = 2,09 \text{ g/cm}^3$
- Innere Reibungswinkel $\varphi = 28,70^\circ$
- Kohäsion $c = 4,6 \text{ kPa}$
- Filtrationskoeffizient $k_f = 1,84 \text{E-}08 \text{ cm/s}$ [3]

4. Charakterisierung der Bergwerkabfälle

Nach dem Artikel 137, Punkt 1 Gesetz für Territorialeinrichtung, Sedimentationsbecken „Chelopech“, ist diese Anlage eine Anlage erster Kategorie [5]. Nach der Norm für „Projektierung von Wasserbauanlagen – Hauptzustände“ Tabelle 4, Höhe des Sedimentationsbeckens von 70m weist die Anlage als Anlage erster Klasse aus [6].

Der Abraum ist als gefährlicher Abfall deklariert und das Sedimentationsbecken ist als Anlage für Bergbauabfall Klasse „A“ nach Direktive EU 2006/21/EU kategorisiert [7].

5. Sedimentationsdämme

Das Sedimentationsbecken „Chelopech“ besteht aus vier Sedimentationsdämmen:

- Der Hauptdamm wird nach der Bauweise „Central line“ erhöht. Die Talsperre ist auf einem Felsgrund aus Gneis, zuerst nach der „Downstream“ Bauweise und danach nach der „Upstream“ Methode errichtet worden, wodurch das Hauptprisma genügend stabilisiert wurde. Die letzte Schicht erstreckt sich in eine Höhe von 620m und wurde aus Erdschüttmaterial, das vom Dammuntergrund gewonnen wurde, erbaut. Diese Schicht ist nach der „Downstream“ Bauweise errichtet worden, der tritt nicht den existierenden Abfall auf. Die maximale Höhe des Hauptdamms beträgt 74 m. Die Neigungen des Dammes sind:

- Luftseitige Böschung
 - Oberer Teil 1:3
 - Unterer Teil 1:2,5
- Wasserseitige Böschung 1:2,5 [3] [4]

- Der nordöstliche Damm ist ein Erdschüttdamm. An der wasserseitige Böschung wurde eine Aufschüttung auf Höhe 619m aufgeschüttet, auf dem das Wasserumlauf-, das Berieselung- sowie das Sedimenttransportsystem montiert sind.

Haupt Charakteristiken des nördlichen Dammes sind:

- Luftseitige Böschung 1:3,5 und 1:2,5

- Wasserseitige Böschung 1:2,5
- Dammkrone Breite 6m.
- Aufschüttung Breite 6m.
- Länge der Dammkrone 202,50m.

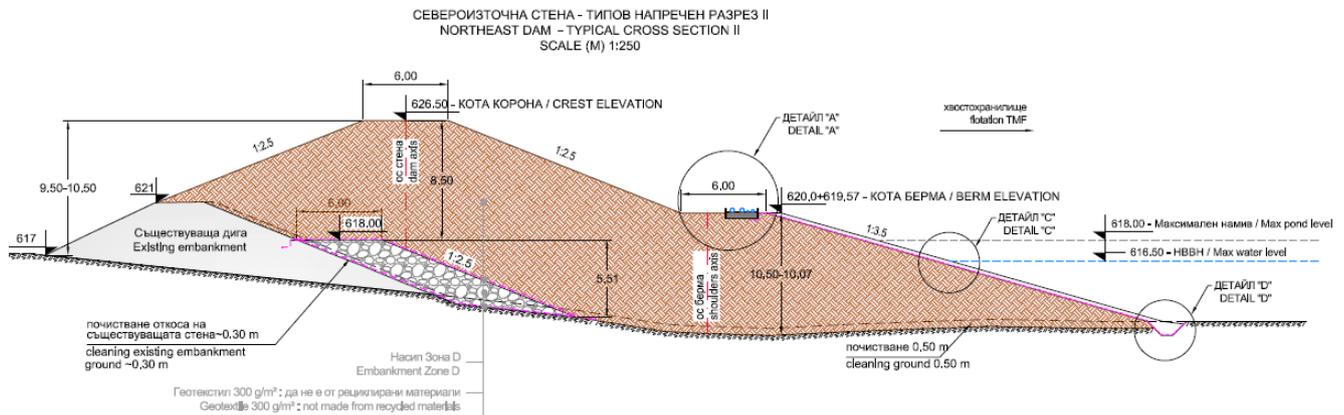


Abbildung 10: Typenprofil von dem nordöstlichen Damm“

Quelle: Projekt „Aufbauen des Hauptdammes von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe +620.00m“,

- Der nordwestliche Damm ist auch ein Erdschüttdamm, der auf eine Höhe von 620 m. aufgeschüttet worden ist. Dieser wurde als Erdschüttdamm mit Tonkern errichtet und unterhalb des Kerns befindet sich eine Bentonitwand. Hauptcharakteristiken des nordwestlichen Dammes:
 - Luftseitige Böschung 1:2,5
 - Wasserseitige Böschung 1:2,5
 - Dammkrone Breite 8m.
 - Länge der Dammkrone 629 m.

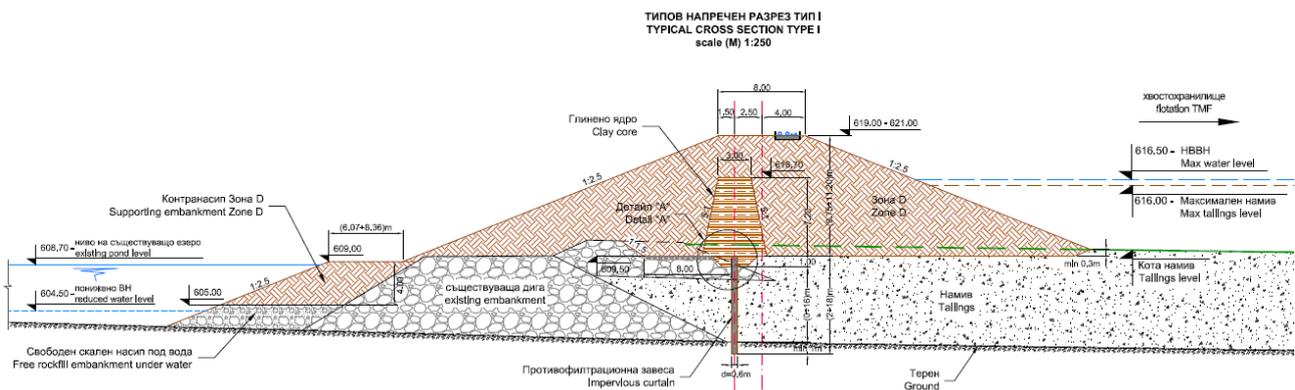


Abbildung 11: Typenprofil von dem nordwestlichen Damm“

Quelle: Projekt „Aufbauen des Hauptdammes von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe +620.00“,

- Der westliche Damm wurde als Erdschüttdamm mit einem Kern aus leichtdurchlässigen Ton gebaut. Die wasserseitige Böschung ist mit 30cm hohen Steinpanzer bedeckt, der auf einem Geotextil liegt. Die Hauptcharakteristiken des Dammes sind:

- Kronenbreite 8m.
- Dammhöhe 11m.
- Wasserseitige Böschung 1:2
- Luftseitige Böschung 1:2
- Kronenlänge L = 232m. [2]

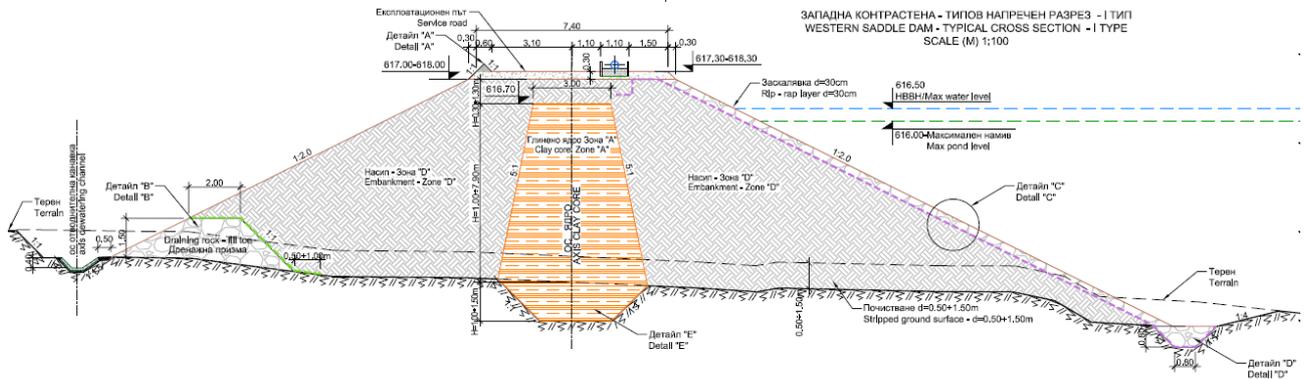


Abbildung 12: Typenprofil von dem westlichen Damm“

Quelle: Projekt „Aufbauen des Hauptdammes von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe +620.00m“,

6. System für Sedimenttransport

Dieses System besteht aus Polyethylen Rohren verbunden durch Stirnschweißnähte. Zwecks höherer Sicherheit für die Anlage, ist das System für den Sedimenttransport auf Stützen vom Betrieb bis zum Verteilungspunkt montiert. Das bestehende System ist wie folgt aufgebaut: Die ersten 200m liegen die Rohre in der Betonrinne, in den nächsten 2000m sind die Rohre auf einer Stahlkonstruktion montiert, jedoch bleibt die Betonrinne unterhalb der Stahlkonstruktion. Die Rohre liegen in den letzten 400m in der Betonrinne. Durch den Bau dieses Rohrsystems ist eine größere Betriebssicherheit gegeben. [8]

Das System teilt sich in folgende Abschnitte:

- Die Hauptrohrleitung führt vom Flotationsbetrieb bis zum Verteilungspunkt mit einem Durchmesser von $\varnothing 315$. Die gesamte Länge beträgt 2600m mit einer Neigung von 2-3‰.
- Der Verteilungspunkt befindet sich auf dem nordwestlichen Damm. In diesem Punkt wird der Sedimentfluss reguliert, ob er in den Hauptdamm oder in den nordwestlichen Damm fließt.
- Die westliche Rohrleitung mit einem Durchmesser von $\varnothing 315$ befindet sich auf der westlichen Grenze des Sedimentationsbeckens. Dieses Rohr ist vom Verteilungspunkt bis zum Hauptdamm mit 17 Notabzweigungen versehen.
- Die Rohrleitung auf dem Hauptdamm hat einen Durchmesser von $\varnothing 315$.
- Die nördliche Rohrleitung mit einem Durchmesser von $\varnothing 315$ befindet sich auf den beiden nördlichen Dämmen und umfasst die östlichen Teil des Sedimentationsbeckens.
- Die Rohrabzweigungen besitzen einen Durchmesser von $\varnothing 200$ und verteilen den Sedimentabfluss. An jeder Abzweigung ist ein Absperrhahn vorhanden.
- Die Notabzweigungen befinden sich auf dem westlichen und östlichen Damm. [2]

7. Äußeres Entwässerungssystem

Das Hauptziel des äußeren Entwässerungssystems ist die Vermeidung von Oberflächenwasserbildung aus den östlichen und nördlichen Einzugsgebieten und von

Hochwasser mit HQ 0,01%. Das Entwässerungssystem besteht aus folgenden Anlagen:

- Der nordöstliche Damm ist mit einer Höhe von 626,50m gebaut. Auf der Luftseite befindet sich in Höhe 619m eine Aufschüttung, auf dieser sind die Systeme für den Sedimenttransport, das Wasserumlaufsystem, das Berieselungssystem und den Betriebsweg montiert.

Hauptcharakteristiken des nördlichen Damms sind:

- Luftseitige Böschung 1:3,5 und 1:2,5
- Wasserseitige Böschung 1:2,5
- Dammkrone Breite 6 m.
- Aufschüttung Breite 6 m.
- Länge der Dammkrone 202,50 m.

- Der nordwestliche Damm

besitzt eine Höhe von 620 m. Hauptcharakteristiken des nordwestlichen Damms sind:

- Luftseitige Böschung 1:2,5
- Wasserseitige Böschung 1:2,5
- Dammkrone Breite 8 m.
- Länge der Dammkrone 629 m.

- Der Kanal führt das Oberflächenwasser von dem linken Hang weg. Dadurch wird der Zufluss in das Sedimentationsbecken stark vermindert. Der Kanal beginnt am nordöstlichen Damm und spielt eine große Rolle als Dammüberlauf. Der Ableitungskanal gelangt in den Hauptdamm. Der Entwässerungskanal endet mit einer Schussrinne, wodurch das Regenwasser ins Tal abgeleitet wird. Haupteigenschaften des Kanals sind folgende:

- Neigung $i = 5\text{‰}$
- Bodenbreite 2,50m.
- Kanallänge 1128m. [2]

8. Inneres Entwässerungssystem mit Wasserumlaufversorgung

Das Hauptelement des inneren Entwässerungssystems ist die Wasserumlaufversorgung. Nach der Modernisierung unterliegt das Wasserumlaufsystem einigen Änderungen. Das modernisierte Umlaufsystem ist zweistufig und besteht aus folgenden Anlagen:

- Die Schwimmpumpstation ist die erste Stufe. Diese besteht aus einem Tragrahmen, der auf verbundenen Schwimmelementen befestigt ist. Auf der Pumpstation sind vier Tauchpumpen „Flygt“ montiert.

- Die Küstenpumpstation ist die zweite Stufe des Wasserumlaufsystems. Die Station befindet sich auf der Küste mit zwei Tauchpumpen „Flygt“- eine Arbeits- und eine Reservepumpe. Die Station besteht aus einem Stahlbetonbehälter mit einer Größe von 7/4,50m und einer Höhe von 10,80m. Nach dem Aufbau des Damms wurde die Pumpstation bei einer Höhe von 619 überschüttet. Auf dem Behälter ist eine obere Konstruktion aufgesetzt.

- Die Druckrohrleitung verbindet die Küstenpumpstation mit dem Betriebsbehälter und besitzt eine Länge von 4712m.

- Freiwasser am Damm

Das Freiwasser bildet sich in der Mitte des Sedimentationsbeckens. Das Hauptziel ist die Bereitstellung von Wassermengen für Betriebszwecke. Die Teichgrenzen sind durch die regelmäßigen Ablagerungen von Sedimenten des nördlichen und südlichen Damms vorgegeben. Durch die Deponierung bildet sich eine trockene Abfallfläche. Infolge des Prozesses der Sedimentierung bilden sich Flächenneigungen mit trockenen Abfallflächen. Dieser Prozess hilft für nachfolgende Deponierung durch Gravitation. Nach der Ablagerung der größeren

Sedimente auf der Abfallfläche kann sich ein Teich mit einer Fläche von ungefähr 142 664 m² bilden.

9. Frischwassersystem

Der Betrieb nutzt den Staudamm „Kachulka“ als Frischwasserquelle auf der Basis der ausgestellten Bescheinigung für Wassernutzung. Das Frischwassersystem besteht aus folgenden technischen Anlagen:

- Die Zufuhrwasserleitung hat eine allgemeine Länge von 850 m. Die Rohrleitung beginnt vom Staudamm „Kachulka“ und ist in Höhe von 660 m montiert. Die Leitung ist an der Oberfläche errichtet worden, um die Konstruktion kontinuierlich überwachen zu können. Am Anfang der Zufuhrwasserleitung befindet sich das Wasserentnahmerohr und am Ende, vor den Pumpaggregaten, sind Absperrhähne Ø 220 montiert.

- Die Pumpstation befindet sich in einer Höhe von 640m und die Aggregate sind auf einem Betonfundament montiert.

Eine der beiden Pumpen ist im Arbeitsregime, während die andere im Wartungsregime ist. Beide Pumpen können nicht parallel arbeiten.

- Die Druckrohrleitung beginnt bei der Pumpstation in einer Höhe von 640m und endet bei dem Frischwasserbehälter in einer Höhe von 731m. Die Rohrleitung ist oberirdisch montiert und besitzt eine Länge von 2300m.

- Der Wasserbehälter besteht aus einer Stahlbetonkonstruktion und ist in einer Höhe von 731 m. errichtet worden. Der Behälter setzt sich aus zwei Kammern mit Runddurchschnitt zusammen. Die Trockenkammer befinden sich zwischen den beiden Sektionen, in der die Rohr- und Verteilungsarmaturen montiert sind. Das Behältervolumen beträgt 2x 750m³. [8]

10. Berieselungssystem

Das Hauptziel dieses Systems ist die Verminderung des Staubes, der vom Abfall verursacht wird. Die Wasserversorgung wird durch schwimmende Pumpen, die sich im Teich befinden, gewährleistet. Die Berieselung wurde auf dem südlichen und nordöstlichen Damm ausgeführt. Die Schwimmpumpstation hat zwei Pumpen für die Berieselung: eine Arbeits- und eine Reservepumpe. Die Berieselungsleitung beginnt bei der Pumpstation mit einem Durchmesser von Ø 200. Das Berieselungssystem besteht aus zwei Strängen:

- Erster Zweig befindet sich auf dem Hauptdamm.
- Zweiter Zweig ist in nördlicher Richtung montiert und liegt auf dem nordöstlichen Damm. [2]

11. Dränagesystem

Das Ziel dieses Systems ist die Verminderung der Depressionskurve und des Porenwasserdrucks im Hauptdammkörper. Das System besteht aus folgenden Anlagen:

- Die Dränagegalerie dient der Entwässerung, dadurch erhöht sich die Konsolidation und die Standsicherheit des Dammes.
- Das Dränageprisma besitzt die Form einer Flächendränage. Ihr Zweck ist die Entwässerung des Sedimentabfalles in den niedrigsten Horizonten. Das Prisma vermindert den Druck am Dammfuß. Nach der Modernisierung ist eine Rohrdränage in den Prismakörper vorgesehen, die die Gewässer in den Pumpspeicherschacht ableitet und sammelt.
- Die vertikale Dränage liegt in einer Höhe von 565 m. mit einer maximalen Tiefe von 12 m. Diese Entwässerungsanlage ist als präventive Maßnahme gebaut worden, falls sich ein

Schadensfall in der Dränagegalerie ereignet. Der Hauptzweck dieser Anlage ist die Verminderung des hydrostatischen Drucks im Dammkörper durch die Sammlung und Entlastung der anfallenden Wässer.

- Der Sammelschacht wird durch die Modernisierung des Hauptdammes bis in eine Höhe von 620m gebaut. Er sammelt das Dränagewasser aus der Dränagegalerie und leitet dieses hin in dem Pumpsammelschacht.
- Der Pumpsammelschacht wurde im Zuge des Projektes „Aufschüttung des Hauptdammes in eine Höhe von 620m“ errichtet. Im tiefsten Teil in einer Höhe von 545m befindet sich zwei Dränagen, die das Wasser aus dem östlichen und nördlichen Teil des Dränagenprismas sammeln. Der nördliche Drainagestrang endet bei einer Höhe von 557,50m Die westliche Dränage sammelt das Wasser aus der Dränagegalerie von dem Hauptdamm. Alle Dränagen bestehen aus perforierten PEHD Rohren mit einem Durchmesser von $\varnothing 200$. [8]

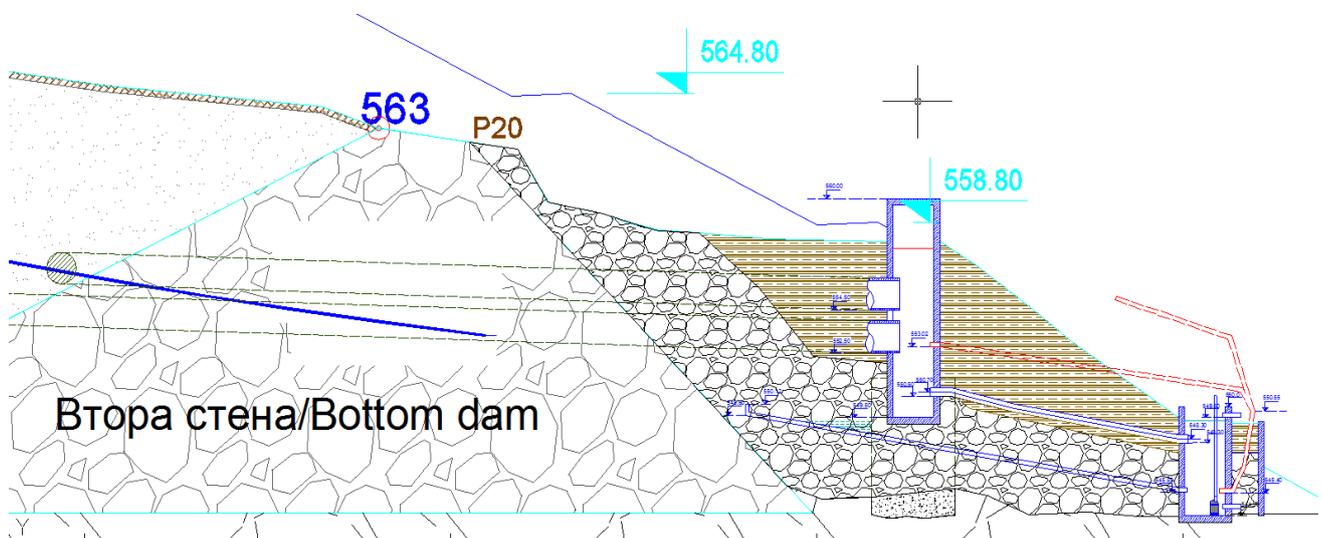


Abbildung 13 – Das Dränagesystem

Quelle: „Technologischer Jahresbericht 2015“ Dundee Precious Metals

12. Mess- und Kontrollsystem

Das Mess- und Kontrollsystem besteht aus zwei Teilen: geodätischen und piezometrischen Teil. Der Hauptdamm steht unter permanenten Kontrolle. Die Überwachungen, die von diesem System gemacht werden, sind wichtig für die Standsicherungsbewertung der gesamten Anlage.

- Das geodätische System ist aus Stützpeilern und Kontrollmarken zusammengestellt worden. Mit Hilfe dieses Systems werden horizontale und vertikale Deformationen aufgenommen. Die Pfeiler, die das Stützpeilersystem darstellen, sind im Hauptfels montiert, weil dieser Fels keine Bodensetzungen aufweist. Die Kontrollmarken sind in der Aufschüttung des Hauptdammes montiert. Alle drei Monate erfolgen Messungen.

Es ist mit 7 Kontrollmarken vorhanden - zwei befinden sich auf der nordwestlichen Dammkrone, zwei auf der westlichen Dammkrone und drei auf dem nordöstlichen Dammkörper sowie der Krone. [8] [2]

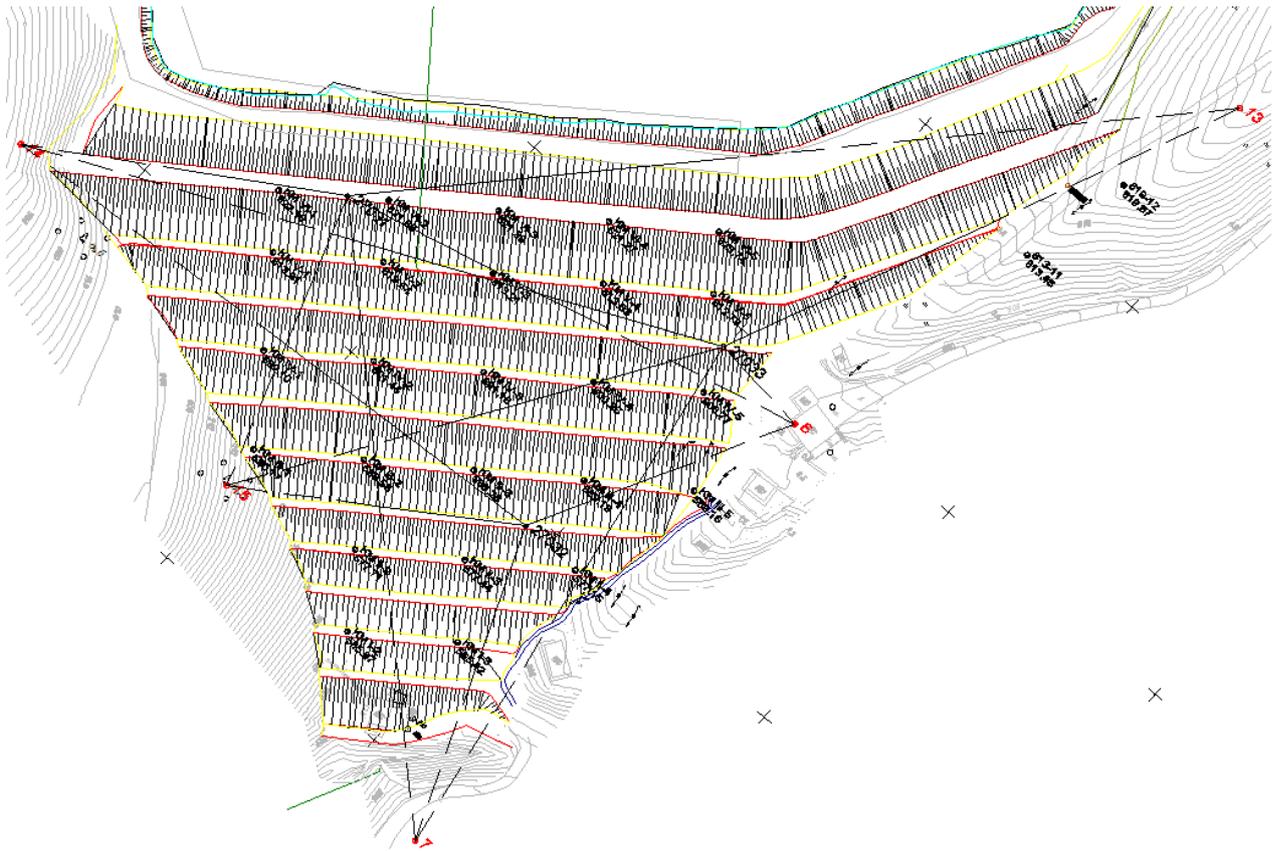


Abbildung 14 – Das Geodätische System des Hauptdammes
Quelle: „Technologisches Jahresprojekt 2015“ Dundee Precious Metals

- Das piezometrische System ist auf der Luftseite von jedem Damm gebaut werden. Jedes Piezometer besteht aus einem Filterteil zur Wasserzuleitung, einem Wasserempfangsteil, einem Ablagerungsteil und einem Deckel. Das Wasser läuft durch den Filterteil aktuellen und füllt das Piezometer. Der Piezometerwasserstand zeigt den Wasserstand. Die Piezometerwasserstände stehen in direkter Abhängigkeit mit dem Wasserstand im Sedimentationsbecken und mit der Dränagewassermenge. Die Piezometer sind wie folgt verteilt: 26 im Hauptdamm, zwei im nordöstlichen Damm, zwei im nordwestlichen Damm und zwei im nördlichen Damm. [8] [2]

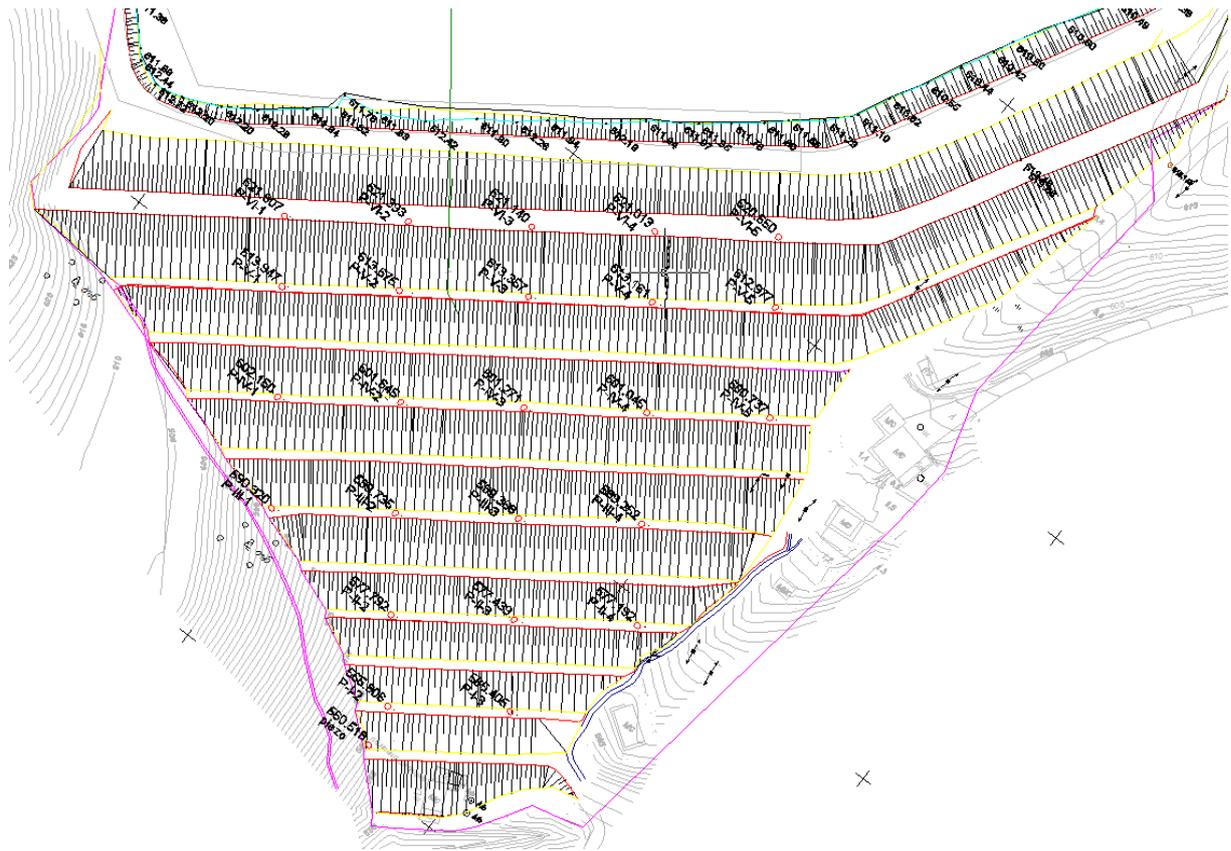


Abbildung 15 – Das piezometrische System des Hauptdammes
Quelle: „Technologisches Jahresprojekt 2015“ Dundee Precious Metals

IV. Konstruktive Lösungen für den Ausbau des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ in eine Höhe von 630.00m.

1. Ausgangsdaten für die Projektierung

Die Ausgangsdaten für die Projektierung sind wie folgt:

- Konzept zur „Modernisierung des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ inkl. der technischen Lösungen.
- Geodätischen Fotos des Hauptdammes nach dem Ausbau in 620m Höhe und Fotos des Abfallniveaus am 12.2011, die vom Auftraggeber zu Verfügung gestellt werden.
- Protokolle von Physikomechanische Daten des Abfalles.
- Physikomechanische Daten des Abfalles, die aus einem ingenieurgeologischen Forschungsprojekt für Sedimentationsmanagement zu Verfügung gestellt werden.

2. Alternative Ausbauvariante

Dieses Projekt ist eine alternative Variante zu der für Jahr 2019 bereits geplanten nachträglichen Erhöhung des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ auf eine Höhe von 630m. In dieser Diplomarbeit wird die alternative Variante für den Ausbauen untersucht. Diese Variante umfasst:

- Konzeptionelle- und konstruktive Lösung zur Realisierung der Erhöhung des südlichen Damm(Hauptdamm) nach der „Upstream“ Bauweise.
- Technische Lösung zur Erhöhung der Dämme im Nordwesten, Nordosten und Norden nach der „Downstream“ Bauweise.

Die gewählte alternative Ausbauvariante gibt ungefähre folgende Datenmengen vor:

- Volumenspeicher - 9 059 578m³
- Aufschüttung - 1 253 698m³
- Aushub - 210 368m³

3. Ziele und Gründe für den Ausbau

Der Hauptgrund für die nachträgliche Erhöhung des Sedimentationsbeckens ist das Bedürfnis an Zusatzvolumen für die Sedimentierung nach Jahr 2019. [12] Dadurch ergeben sich folgende Ziele:

- Dauerhafte Sicherung des Flotationsabfalles im Sedimentationsbecken.
- Erreichung von gleichmäßigen und verdichteten Abfall bei optimaler Nutzung des freien Volumens.
- Kontrollierung, Speicherung und Behandlung von allen Gewässern, die in das Sedimentationsbecken während der Explantation fließen und die in das Wasserumlaufsystem geleitet werden müssen

4. Bestimmung des freien Volumens für die Deponie

Die Ablagerung von Rückständen auf Sedimentationsbecken „Chelopech“ wird durch Sedimenttransportsystem durch Spültrube ausgeführt. Die Betriebsperiode ist eine Periode von Ausföhlung des freien Volumens.

Der freie Volume für Deponierung bei Höhe = 75,49m ist $V = 28,73 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Ausgangsdaten für Berechnung der Produktivität von festem Abfall in Tonnen pro Stunden:

- Jahre maximal Erzverarbeitung: 2 800 087 t/Jahr= 320 t/h
- Arbeitstagen in einem Jahr: 366 Tagen
- Minimal Erzverarbeitung: 250 t/h
- Abfallsmenge von Erzverarbeitung: 85%

$G_{T, \min}$ = Minimal Erzverarbeitung. 24h. Abfallsmenge von Erzverarbeitung
 $G_{T, \min} = 250 \cdot 24 \cdot 0,85 = 5100$ t/Tag = 212,5 t/h

$G_{T, \max}$ = Maximal Erzverarbeitung. 24h. Abfallsmenge von Erzverarbeitung
 $G_{T, \max} = 320 \cdot 24 \cdot 0,85 = 6528$ t/ Tag = 272 t/h

$$G_{T, \text{mitl}} = \frac{G_{T, \min} + G_{T, \max}}{2}$$

$$G_{T, \text{mitl}} = \frac{5100 + 6528}{2} = 5814 \text{ t/Tag};$$

$$G_{T, \text{mitl}} = \frac{212,5 + 272}{2} = 242,25 \text{ t/h};$$

Ausgangsdaten für Berechnung von Abfallvolumen, die in Sedimentationsbecken für bestimmte Zeit abgelagert werden:

- Spezifische Dichte von Abfall: $\rho_s = 2,87$ t/m³
- Verhältnis Abfall: Wasser 1:2
- Dichte von Skeleton $\rho_d = 1,60$ t/m³

$$V = \frac{G_{T, \text{cp.t.n}}}{\gamma_{sk} \cdot \eta}, [\text{m}^3], \text{ wo:}$$

- t [Jahre] Betriebsperiode
- n [Anzahl] Anzahl von Arbeitstage pro Jahr
- $\gamma_{sk} 1,60 \cdot 9,81 = 15,70$ kN/m³
- η Koeffizient für Ausföhlung des Sedimentationsbecken

$$\eta = 0,80 \div 0,85 \rightarrow V > 5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\eta = 0,75 \div 0,80 \rightarrow V < 5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$V = \frac{5814 \cdot 10 \cdot 366}{15,70 \cdot 0,85} = 1\,594\,547 \text{ m}^3/\text{Jahr}$$

Der freie Volume für Deponierung in Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe 630m ist 28 730 000 m³.

Die Zeit für Ausföhlung der freien Volumen ist:

$$T = \frac{28\,730\,000}{1\,594\,547} = 18,01 \text{ Jahre}$$

5. Bestimmung der Neigung und der Länge zwischen Ufer und Eintragstelle und des Seepegels

Erhöhung bis $\nabla 630,00\text{m}$.

$H_{\text{Damm}} = 75,49\text{m}$;

$i_{\text{Ufer}} = 1\%$

$L_{\text{Ufer}} = 3 \div 4 H_{\text{Damm}}$

$L_{\text{Ufer}} = 301,96 \approx 302\text{m}$.

$\nabla_{\text{WS Teich}} = \nabla_{\text{Ufer}} - L_{\text{Ufer}} \cdot i_{\text{Ufer}}$

$\nabla_{\text{Ufer}} = \nabla_{\text{Dammkron}} - \Delta h - h_{\text{Versicherung}}$

$\Delta h = 0,1\text{m}$ - Versicherung gegen Regen

$h_{\text{Versicherung}} = 0,5 \div 0,8\text{m}$

$\nabla_{\text{Ufer}} = 630,00 - 0,1 - 0,6 = 629,30\text{m}$

$\nabla_{\text{WS Teich}} = 629,30 - 302 \cdot 0,01$

$\nabla_{\text{WS Teich}} = 599,10\text{m}$

6. Untersuchungen der Standsicherheit des Hauptdammes

6.1. Filtrationsuntersuchungen

Die Untersuchung der Filtration ist notwendig zur Bestimmung der Depressionskurve, des hydrodynamischen Netzes und der Filtrationsdruckes.

Charakteristische Eigenschaften bei der Aufschüttung bei der Sedimentationsbecken sind die Homogenität und die Anisotropie. Deshalb ist die Untersuchung der Filtration bei Sedimentationsbecken schwieriger als bei Staudämmen. Der Körper des Sedimentationsbeckens lässt sich nach dem mittleren Durchmesser des Abfalles und nach dem Filtrationskoeffizient in Zonen einteilen. Mit dem Durchmesser des Abfalls kann der Querschnitt des Sedimentationsbeckens in drei Zonen mit einem Filtrationskoeffizienten, der in Richtung Teich hin kleiner wird, eingeteilt werden [Siehe Abbildung 6]. Die Filtrationsuntersuchungen werden in der letzten Bauetappe bei maximalen Wasserstand, minimaler Spülstrandlänge ($3 \div 4H$) und maximaler Dammhöhe (H) durchgeführt. Diese Untersuchungen werden nur für stationäre Filtrationen angewendet. Der Zustand der Depressionskurve in dem Untersuchungsprofil lässt sich von der Abfallspülung auf dem Spülstrand beeinflussen. Die Praxis zeigt, dass sich die Kurve bei einer Abfallspülung um $0,30 - 0,80\text{m}$ erhöht. [13]

Durch die Spülung verteilt sich der Abfall auf dem Strand gleichmäßig. Dies kann durch die Untersuchung der Abfallverteilung auf dem anderen Sedimentationsbecken bewiesen werden. Bei Filtrationsuntersuchung wird die gleichmäßige Abfallverteilung entlang des Spülstrandes mit einer stufenförmigen Verteilung verteilt, bei der einige Zonen mit geringeren Durchmesser formiert werden. Der geringere Durchmesser führt zu einem kleineren Filtrationskoeffizient.

Die Filtrationsuntersuchungen sind für die letzte Etappe von der Erhöhung beim höchsten Wasserstand durchgeführt. Der Untersuchungsfall ist nur bei stationäre Filtration durchgeführt. Das Wasser im Teich beeinflusst auf der Zustand von der Depressionskurve. Die Erhöhung von Depressionskurve bei Abfallsedimentierung ist zwischen $0,3 \div 0,8\text{m}$.

Das Darcy Gesetz lautet für alle Teile des Dammes.

$$V = k \cdot J = -\kappa_{\phi} \frac{dH}{ds}, \text{ wobei}$$

V - Filtrationsgeschwindigkeit

K_f - Filtrationskoeffizient

s - Der Abstand, der von der angenommenen Ebene bemessen wird

H - Druck, der von der angenommenen Ebene bemessen wird

$$H = y + \frac{p}{\gamma}, \text{ wobei}$$

y - Höhe bis die betrachtete Ebene

p - Hydrodynamische Druck

γ - Wichte von Wasser

Das Verhältnis $\frac{p}{\gamma}$ ist Druckhöhe genannt. Der Einfluss von kapillaren Kräfte ist vernachlässigt.

Der Filtrationskoeffizient ist bekannt, das Ziel dieser Aufgabe ist Bestimmung von Depressionskurve, der Hydrodynamische Druck (p) und der Gradient (J), die Geschwindigkeit (V) und die Wassermenge (q). Alle diese Charakteristiken sind abhängig von der Drückhöhe (H). Das Untersuchungsgebiet ist mit Constant Drückhöhe, wegen der Beziehung zwischen potenzielle Geschwindigkeit und Drückhöhe (H).

$$\varphi = -\kappa f \cdot H$$

Die Parameter der Drückhöhe können auch von dem hydrodynamischen Netz bestimmt werden. Die Filtrationsrichtung ist senkrecht zu der Äquipotentielllinien.

- Die Druckhöhe: $H = \varphi_r \cdot H_{max}$;
- Der Druck: $p = (H - y)\gamma_w = (\varphi_r \cdot H_{max})\gamma_w$;
- Der Gradient : $J = \frac{dH}{ds} = H_{max} \frac{d\varphi}{ds}$;
- Die Geschwindigkeit : $V = kJ = -\kappa\phi \cdot H_{max} \frac{d\varphi}{ds}$;
- Die Wassermenge für ein Meter von der Dammslänge $q = -\kappa\phi \cdot H_{max} \cdot T_{mitl} \frac{d\varphi}{ds}$, wobei T_{mitl} ist die mittlere Höhe von Filtration für Abstand ds.

Das Hydrodynamische Netz von Sedimentationsbecken „Chelopech“ kann nach folgenden Parameter bestimmt werden:

Die Filtrationsuntersuchungen von Sedimentationsbecken „Chelopech“ sind nach dem Finiten Elemente Methode mit der Hilfe von Programm „Geostudio“ 2007 -SEEP durchgeführt.

Tabelle 1– Charakteristische Daten für alle Schichten des Hauptdammes
Quelle: Dundee Precious Metals, Geotechnical parameters from analyses 2014

№	Schicht	Filtrationskoeffizient
		$k_f \cdot 10^{-5}$ [cm/s]
1	Gneis mitten verwittert	19,20
2	Oberer und Unterer Fußdamm	26,24
3	Hydrocyclonierte Sedimente	451,94
4	Anfangsdämme über Höhe 585,00m	13,24
5	Dämme über Höhe 612,00m	13,25
6	Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2	21,09
7	Verdichtetes Sediment	18,40
8	Damm über Höhe 620,00m	13,24

Finite Elemente Netz des Hauptdammes

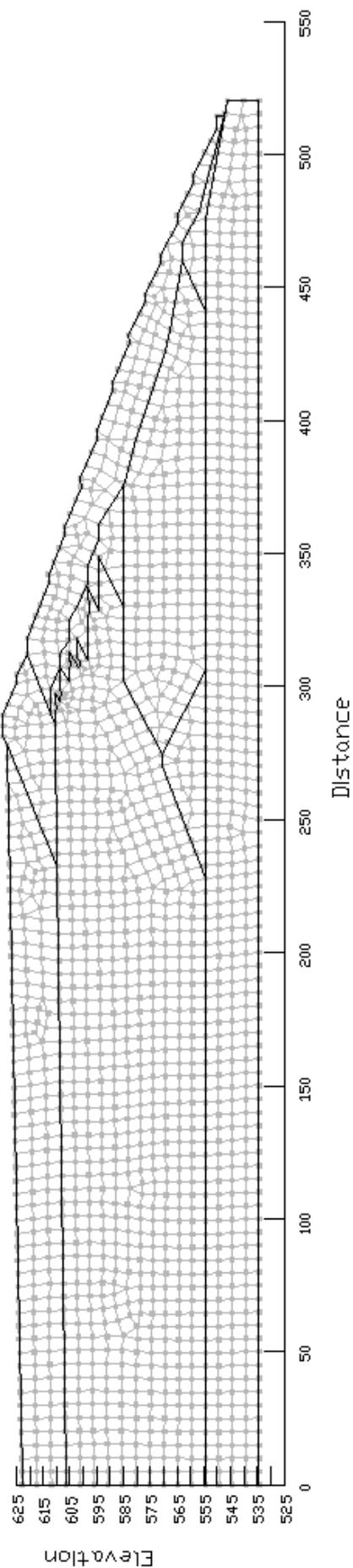


Abbildung 16 – Das Finite Elemente Netz des Hauptdammes
Quelle: Resultat von „Geostudio- SEEP-2007“

Filtration Untersuchung des Hauptdammes – Verteilung des Filtrationsdrucks

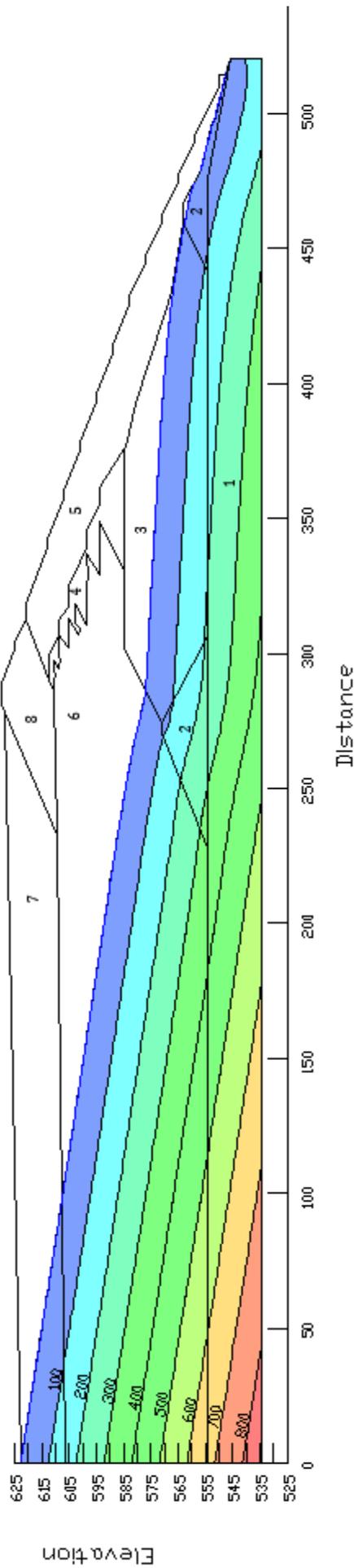


Abbildung 17 – Die Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes
Quelle: Resultat von „Geostudio- SEEP-2007“

Legende

Dammzonen

- 1- Gneis mittel verwittert
- 2- Oberer und Unter Fußdamm
- 3- Hydrocyclonierte Sedimente
- 4- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
- 5- Dämme über Höhe 612,00m
- 6- Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
- 7- Verdichtetes Sediment
- 8- Damm über Höhe 620,00m

Filtration Untersuchung des Hauptdammes – Verteilung des Filtrationsdrucks und Äquipotentiallinien

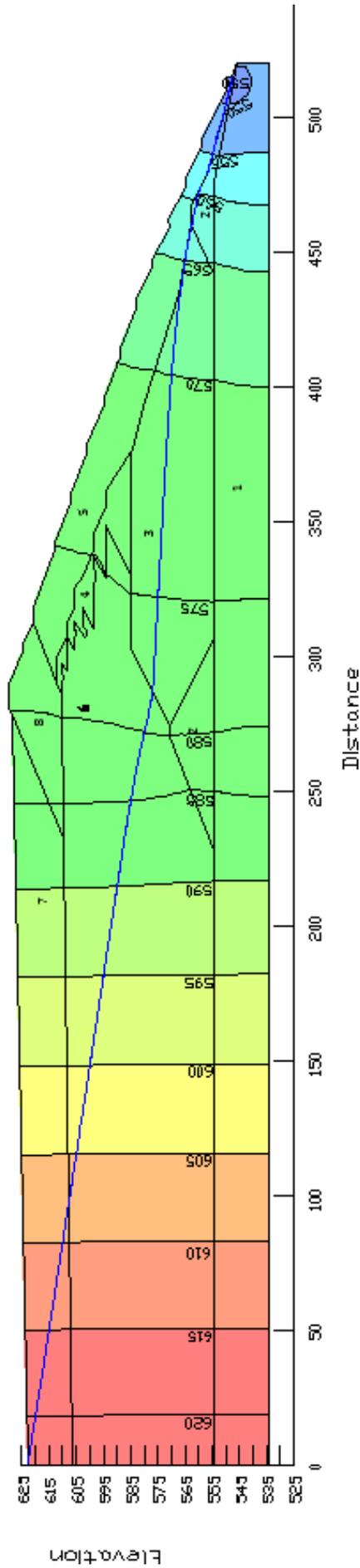


Abbildung 18– Die Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes
Quelle: Resultat von „Geostudio- SEEP-2007“

Legende

Dammzonen

- 1- Gneis mittel verwittert
- 2- Oberer und Unter Fußdamm
- 3- Hydrocyclonierte Sedimente
- 4- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
- 5- Dämme über Höhe 612,00m
- 6- Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
- 7- Verdichtetes Sediment
- 8- Damm über Höhe 620,00m

6.2. Statische Untersuchungen

Die statische Untersuchungen überprüfen die Stabilität der Luftböschung und des Stützprismas. Die Böschungsstabilität hängt von folgenden Parametern ab:

- der Dichte des Abfalles
- des Erdschüttmaterial
- von Physikomechanische Eigenschaften des Abfalles
- von der Filtration und dem Porendruck
- von seismischen Kräfte und von der dynamischen Lasten auf dem sekundären Dämme

Wegen der unterschiedlichen Verteilung des Abfalles besitzt dieser verschiedene Festigkeitskennziffern entlang des Spülstrands.

Die Böschungsstandsicherheit gegen Rutschung wird nach Fellenius- Terzaghi untersucht. Die Böschungsstabilität wird mit der Hilfe „Geostudio-Slope“ Programm untersucht.

Der Bruchmechanismus besteht aus einer Starrkörperrotation um das Bewegungszentrum. Der Mechanismus arbeitet mit kreiszylindrischen Gleitflächen mit Radius (R). Das Bewegungszentrum ist O. Die Fellenius- Methode vernachlässigt den Einfluss der Schnittkräfte S und L zwischen den Lamellen. Da die Bruchkörper meist zu kompliziert sind, um das Gleichgewicht impliziert anzuschreiben, wird bei den meisten Stabilitätsberechnungen eine Einteilung in „n“ Lamellen vorgenommen. Das Ergebnis F_s ergibt sich als Summe über alle n Lamellen. Die Einteilung der Lamellen geschieht meistens in den Schichten, wo sich die Randbedingungen ändern. [24]

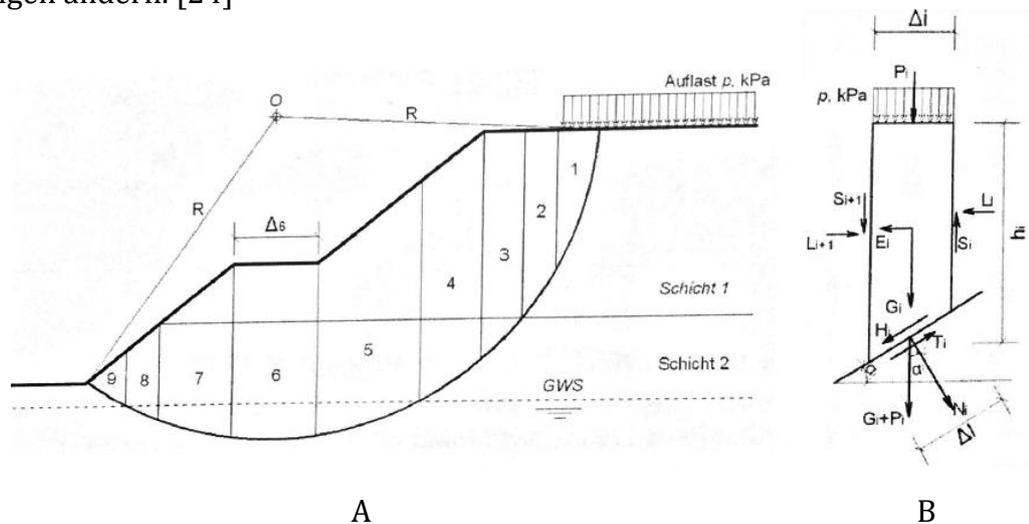


Abbildung 20 – A- Lamelleeinteilung; B- Lamelle mit angreifen Kräften
Quelle: Andrey Totsev, Studienunterlagen Grundbau ,2009“

G_i – Eigengewicht der Lamelle [kN/m]

T_i – Scherwiderstand in der Gleitfuge [kN/m]

$$T_i = C_i + N_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_i$$

N_i – wirksame Normalkraft in der Gleitfuge [kN/m]

L_i – seitlicher Erddruck [kN/m]

S_i – Reibungskraft [kN/m]

P_i – Verkehrslast [kN/m]

H_i – Gleitkraft [kN/m]

h_i – Höhe der Lamelle [m]

Δ_i – Breite der Lamelle [m]
 E_i - seismischen Kraft [kN/m]
 C_i - Kohäsionskraft [kN/m]

$$F_s = \frac{M_{\text{Rückhaltenden Momente um } O}}{M_{\text{Treibende Momente um } O}}$$

$$F_s = \frac{\sum_1^n [c \cdot \Delta_i + (G + P)] \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot R}{\sum_1^n [(G + P) \sin \alpha \cdot R + E \cdot e]}, \text{ worin:}$$

$G_i = \gamma_i \cdot h_i \cdot \Delta_i \cdot l$

$P_i = p_i \cdot \Delta_i \cdot l$

$E_i = G_i \cdot k_s$

Die seismische Kräfte sind für VIII Stufe von Erdbeben Skala nach bulgarischen Normen für Projektierung abgerechnet.

$E = C \cdot R \cdot k_s$, wobei:

I. Fall

$C = 1,5$ – Koeffizient für Signifikanz, erste Klasse Anlage bei bulgarischen Normen

$R = 0,25$ - Reagierungskoeffizient

$k_c = 0,15$ – seismische Koeffizient

$E = 0,05625$

II. Fall (Überprüfungsfall)

Die Daten sind von Dundee Precious Metals gegeben.

$C = 1,0$ – Koeffizient für Signifikanz, erste Klasse Anlage bei bulgarischen Normen

$R = 0,25$ – Reagierungskoeffizient

$k_s = 0,31$ – seismische Koeffizient

$E = 0,0775$

Die Gewichte von Materialien, die nach der Depressionskurve sich befinden, sind bei natürlichen Zustand genommen. Die Gewichte von Materialien, die unten der Depressionskurve sich befinden, sind bei feuchten Zustand genommen.

Tabelle 2- Charakteristische Daten für alle Schichten des Hauptdammes
 Quelle: Dundee Precious Metals

№	Schicht	Dichte	Reibungswinkel	Kohäsion
		ρ [t/m ³]	φ [°]	C[kPa]
1	Gneis mittel verwittert	2,30	36	50
2	Oberer und Unterer Fußdamm	2,10	36	0
3	Hydrocyclonierte Sedimente	2,00	26	0
4	Anfangsdämme über Höhe 585,00m.	1,80	29	0
5	Dämme über Höhe 612,00m.	2,08	29	7,4
6	Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2	1,97	23,5	12,3
7	Verdichtetes Sediment	2,09	28,7	4,6
8	Damm über Höhe 620,00m	2,08	29	7,4

Statische Untersuchung der Hauptdammees – Stabilität der Luftseite.
Slope stability resultat. Downstream slope stability resultat, slip circles,
safety factor – normale Einwirkung

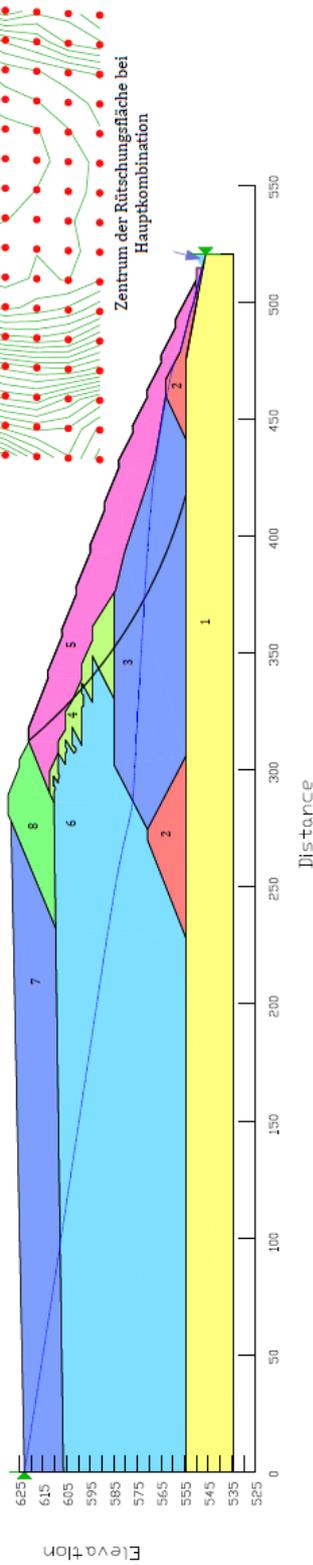


Abbildung 21 – Die statische Untersuchung des Hauptdammes
 Quelle: Resultat von „Geostudio- SLOPE-2007“, mit Daten von „Geostudio-
 SEEP-2007“ für die Depressionskurve

Legende

№	X	Y	R	Ks
	[m]	[m]	[m]	
1	472	756,66	209,39	1,447

Dammzonen

- 1- Gneis mittel verwittert
- 2- Oberer und Unter Fußdamm
- 3- Hydrocyclonierte Sedimente
- 4- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
- 5- Dämme über Höhe 612,00m
- 6- Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
- 7- Verdichtetes Sediment
- 8- Damm über Höhe 620,00m

**Statische Untersuchung der Hauptdammees – Stabilität der Luftseite.
Slope stability resultat. Downstream slope stability resultat, slip circles,
safety factor – normale Einwirkung**

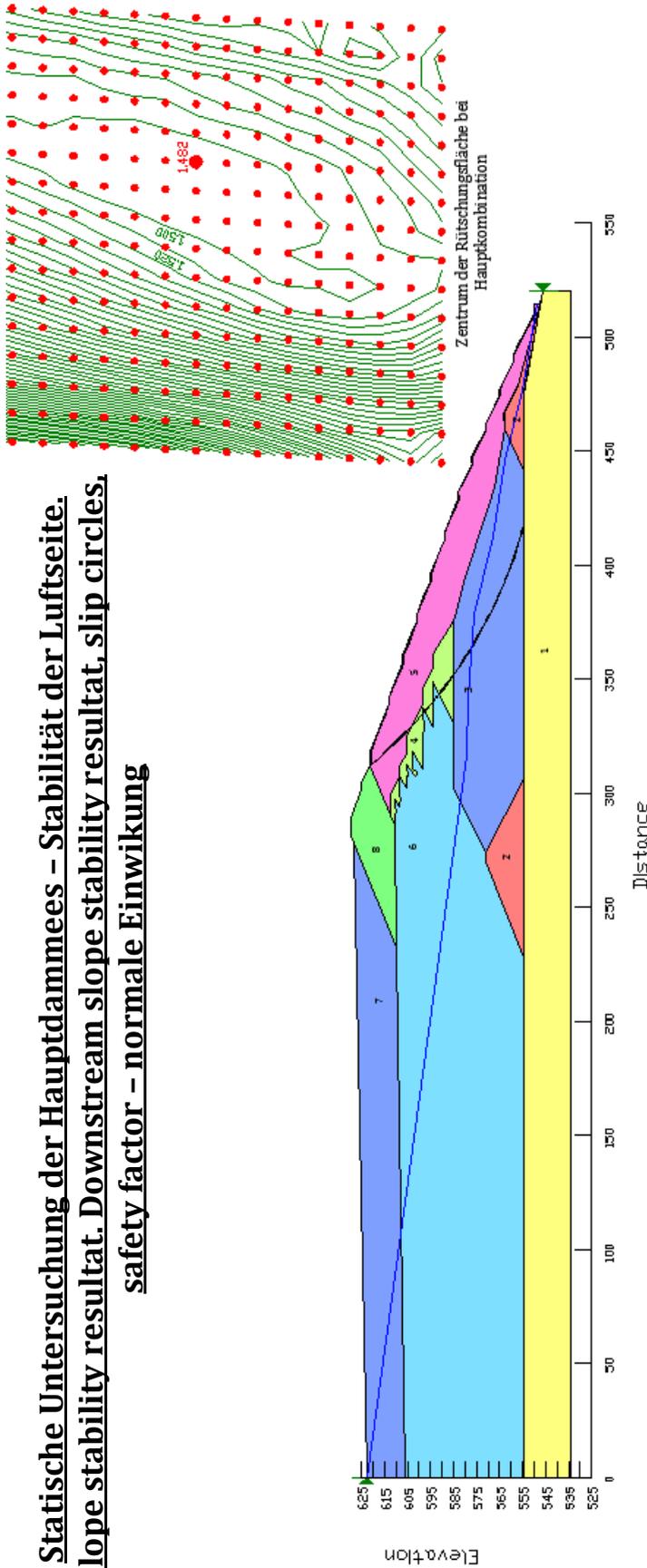


Abbildung 22 – Die statische Untersuchung des Hauptdammes
Quelle: Resultat von „Geostudio- SLOPE-2007“, mit Daten von piezometrischen Bericht von
02.08.2015 für die Depressionskurve

№	X	Y	R	Ks
	[m]	[m]	[m]	
1	472	756,67	209,46	1,482

Legende

Dammzonen

- 1- Gneis mittel verwittert
- 2- Oberer und Unter Fußdamm
- 3- Hydrocyclonierte Sedimente
- 4- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
- 5- Dämme über Höhe 612,00m
- 6- Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
- 7- Verdichtetes Sediment
- 8- Damm über Höhe 620,00m

Statische Untersuchung der Hauptdammees – Stabilität der Luftseite.
Slope stability resultat. Downstream slope stability resultat, slip circles,
safety factor – normale Einwirkung

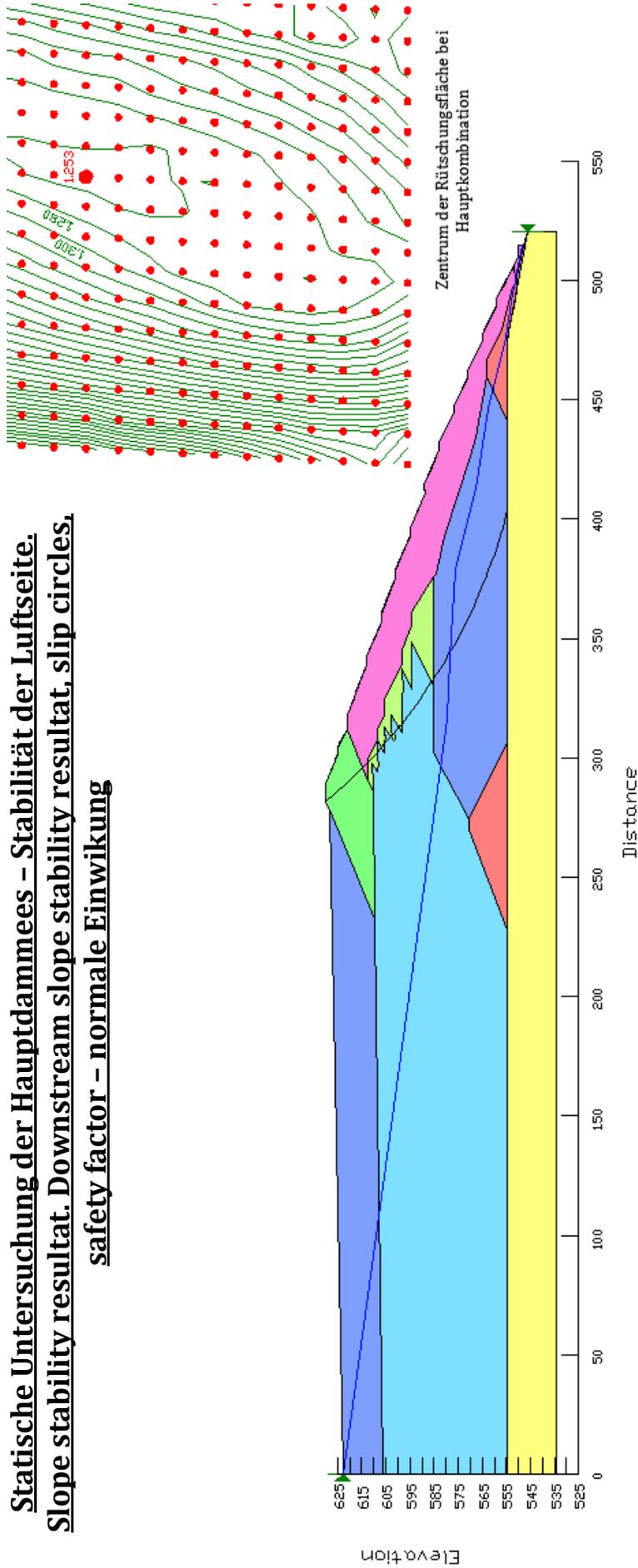


Abbildung 23 – Die statische Untersuchung des Hauptdammes
 Quelle: Resultat von „Geostudio- SLOPE-2007“, mit Daten von piezometrischen
 Bericht von 02.08.2015 für die Depressionskurve, Resultat für Seismik I. Fall

№	X	Y	R	Ks
	[m]	[m]	[m]	
1	460,66	783,33	235,79	1,253

Legende

Dammzonen

- 1- Gneis mittel verwittert
- 2- Oberer und Unter Fußdamm
- 3- Hydrocyclonierte Sedimente
- 4- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
- 5- Dämme über Höhe 612,00m
- 6- Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
- 7- Verdichtetes Sediment
- 8- Damm über Höhe 620,00m

Statische Untersuchung der Hauptdammees – Stabilität der Luftseite.
Slope stability resultat. Downstream slope stability resultat, slip circles,
safety factor – normale Einwirkung

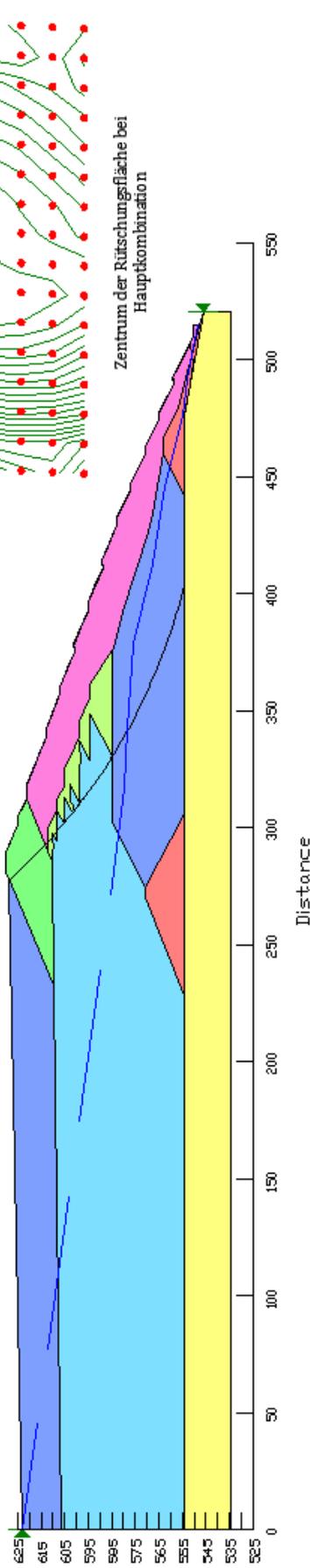


Abbildung 23 – Die statische Untersuchung des Hauptdammes
 Quelle: Resultat von „Geostudio- SLOPE-2007“, mit Daten von piezometrischen
 Bericht von 02.08.2015 für die Depressionskurve, Resultat für Seismik II. Fall

№	X	Y	R	Ks
	[m]	[m]	[m]	
1	461,33	796,66	249,13	1,177

Legende

Dammzonen

- 17-Gneis mittel verwittert
- 18-Oberer und Unter Fußdamm
- 19- Hydrocyclonierte Sedimente
- 20-Anfangsdämme über Höhe 585,00m
- 21-Dämme über Höhe 612,00m
- 22-Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
- 23-Verdichtetes Sediment
- 24-Damm über Höhe 620,00m

Statische Untersuchung der Hauptdammees – Stabilität der Luftseite.
Slope stability resultat. Downstream slope stability resultat, slip circles,
safety factor – normale Einwirkung

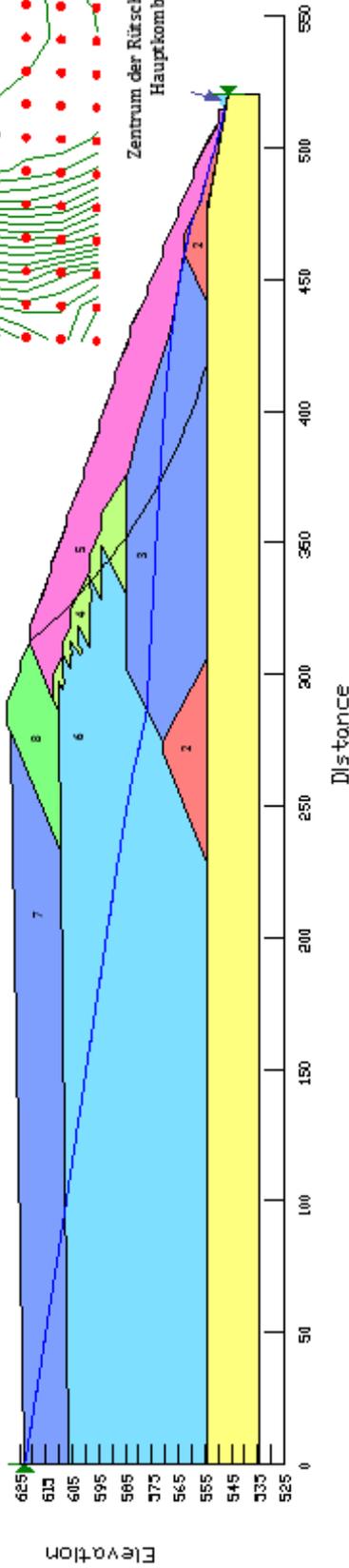


Abbildung 24 – Die statische Untersuchung des Hauptdammes
 Quelle: Resultat von „Geostudio- SLOPE-2007“, mit Daten „Geostudio- SEEP-2007
 von für die Depressionskurve, Resultat für Seismik I. Fall

№	X	Y	R	Ks
		[m]	[m]	[m]
1	472	756,66	209,39	1,223

Legende

- Dammzonen**
- 25- Gneis mittel verwittert
 - 26- Oberer und Unter Fußdamm
 - 27- Hydrocyclonierete Sedimente
 - 28- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
 - 29- Dämme über Höhe 612,00m
 - 30- Hydrocyclonierete fein Sediment 5.2
 - 31- Verdichtetes Sediment
 - 32- Damm über Höhe 620,00m

Statische Untersuchung der Hauptdammees – Stabilität der Luftseite.
Slope stability resultat. Downstream slope stability resultat, slip circles,
safety factor – normale Einwirkung

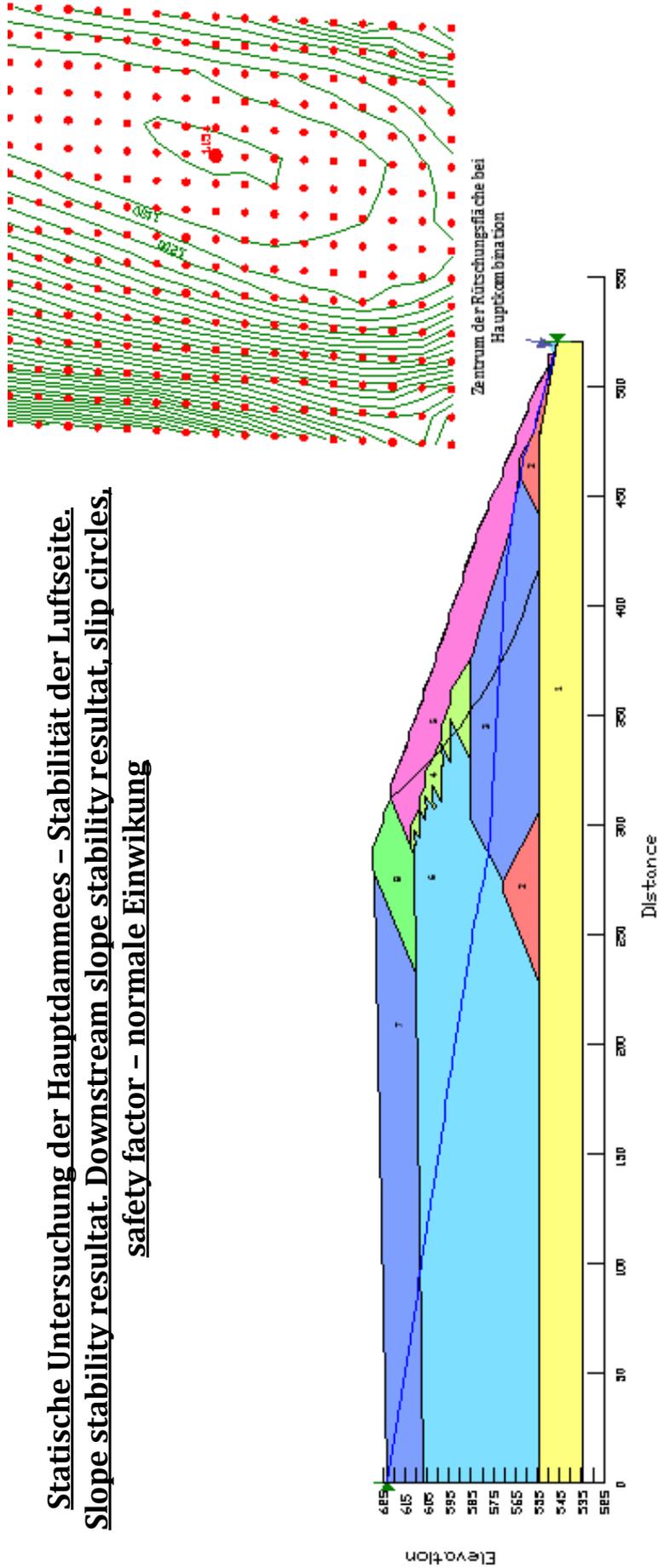


Abbildung 25 – Die statische Untersuchung des Hauptdammes
 Quelle: Resultat von „Geostudio- SLOPE-2007“, mit Daten „Geostudio- SEEP-2007
 von für die Depressionskurve, Resultat für Seismik II. Fall

Legende

- Dammzonen**
- 1- Gneis mittel verwittert
 - 2- Oberer und Unter Fußdamm
 - 3- Hydrocyclonierte Sedimente
 - 4- Anfangsdämme über Höhe 585,00m
 - 5- Dämme über Höhe 612,00m
 - 6- Hydrocyclonierte fein Sediment 5.2
 - 7- Verdichtetes Sediment
 - 8- Damm über Höhe 620,00m

№	X	Y	R	Ks
	[m]	[m]	[m]	
1	472	756,66	209,397	1,154

6.3. Schlussfolgerungen

Die durchgeführten Filtrationsuntersuchungen zeigen:

- Pore-water pressure
- Pressure Head
- Total Head
- Finite Elemente Netz

Der Teich soll in Grenze halten und die Länge zwischen Ufer und Eintragstelle soll $3 \div 4H$ sein.

Mit der Hilfe des Programms „Geostudio- SLOPE“ 2007 sind sechs Fälle berechnet:

- Stabilität Untersuchung mit Daten von „Geostudio- SEEP“ 2007 für die Depressionskurve
- Stabilität Untersuchung mit Daten von piezometrischen Bericht von 02.08.2015 für die Depressionskurve
- Stabilität Untersuchung mit Daten von piezometrischen Bericht von 02.08.2015 für die Depressionskurve, Resultat für Seismik I. Fall
- Stabilität Untersuchung mit Daten von piezometrischen Bericht von 02.08.2015 für die Depressionskurve, Resultat für Seismik II. Fall
- Stabilität Untersuchung mit Daten von „Geostudio- SEEP“ 2007 für die Depressionskurve, Resultat für Seismik I. Fall
- Stabilität Untersuchung mit Daten von „Geostudio- SEEP“ 2007 für die Depressionskurve, Resultat für Seismik II. Fall

Bei der durchgeführten statischen Untersuchungen alle kritischen Rutschungsebenen sind in Normen:

- Bei Hauptkombination $k_s=1,25$
- Bei seismischen Kräfte $k_s=1,10$

Tabelle 3- Koordinaten von Rutschungsebenen und k_s - Wert

Quelle: " Resultaten von Geostudio 2007"

nach „Fellenius- Terzaghi“ Methode

No	X [m]	Y [m]	R [m]	Ks
1	472	756,66	209,39	1,447
2	472	756,67	209,46	1,482
3	460,66	783,33	235,79	1,253
4	461,33	796,66	249,13	1,177
5	472	756,66	209,39	1,223
6	472	756,66	209,397	1,154

Tabelle 4- Koordinaten von Rutschungsebenen und k_s - Wert

Quelle: " Resultaten von Geostudio 2007"

nach „Bishop“ Methode

No	X [m]	Y [m]	R [m]	Ks
1	514,66	850,00	299,49	1,520
2	489,33	850,00	303,24	1,575
3	489,33	850,00	303,244	1,334
4	476,66	850,00	301,26	1,254
5	514,66	850,00	299,49	1,290
6	514,66	850,00	299,49	1,218

7. Neue Dimensionierung des Systems für Sedimenttransport

7.1. Beschreibung des Systems

Das Hauptkonzept des Sedimenttransportsystems besteht aus Druckrohrleitungen, die verdichteten Bergbauabfall transportieren. (Abraum). Die Druckrohrleitung leitet den Abfall vom Aufbereitungsbetrieb in eine Höhe von 709,14 m bis zu dem Sedimentationsbecken, das in einer Höhe von 630,00 m liegt. Im bestehenden Projekt besitzt die Rohrleitung einen maximalen Abfalldurchfluss von $Q = 98 \text{ l/s}$ und eine Dichte von $\gamma = 1,36 \text{ t/m}^3$.

Das System besteht aus folgenden Elementen:

- Die Hauptrohrleitung
- Der Verteilungspunkt
- Die westliche Rohrleitung
- Die Rohrleitung auf dem Hauptdamm
- Die nördliche Rohrleitung
- Die Rohrabzweigungen
- Die Notabzweigungen [2]

7.2. Ausgang Daten

- Jahre maximal Erzverarbeitung: $Q_P = 2,8 \cdot 10^6 \text{ t/Jahr}$
- Spezifische Dichte von Abfall: $\rho_s = 2,87 \text{ t/m}^3$
- Arbeitstagen in einem Jahr: 366 Tagen
- Arbeitsstunden in einem Tag: $k = 24 \text{ h}$
- Wassermenge aus dem Wasserumlaufversorgung: $Q_B = 0,12 \text{ m}^3/\text{s}$
- Länge der Sedimentrohrleitung: $L = 4668,56 \text{ m}$
- Geodätisches Gefälle zwischen dem Aufbereitungsbetrieb bis zu dem Sedimentationsbecken $H_G = 75,81 \text{ m}$
- Innerer Durchmesser der Sedimentrohrleitung: $D = 0,277 \text{ m}$

7.3 Berechnung der sekundären Aufwand von der Sedimentmischung

Der sekundären Aufwand von der Sedimentmischung ist Summe von dem sekundären Aufwand der transportierten Flüssigkeit Q_B und sekundären Gewinnung vom Abfall (Tailing) Q_T .

$$Q_C = Q_B + Q_T$$

$$Q_T = \frac{Q_P}{3600 \cdot k \cdot P \cdot \rho_T} = \frac{2,8 \cdot 10^6}{3600 \cdot 24 \cdot 366 \cdot 2,87} = 0,030 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_C = Q_B + Q_T = 0,12 + 0,030 = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.4 Physiko- mechanischen Eigenschaften des Abfalls (Tailing)

Die Haupt Eigenschaften vom Abfall sind:

- Dichte des Abfalls
- Kornzusammensetzung (Tabelle 5)

Tabelle 5– Kornzusammensetzung

Quelle: „Technologischer Jahresbericht 2015“ Dundee Precious Metals

d[mm]	<0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,1	0,16	>0,2
P[%]	32	7	10	19	8	12	5	7

Nach der Tabelle 5 ist die Kornzusammensetzung Sieblinie gezeigt. (Anhang D)

Nach der Kornzusammensetzung (Tabelle 5) und die Sieblinie (Anhang D) ist der mittlere Durchmesser des Abfalls berechnet.

$$d_{\text{mit}} = \frac{\sum d_i \cdot P_i}{\sum P_i} = 0,077 \text{ mm}$$

Wobei:

$$d_i = \frac{d_i \cdot d_{i+1}}{2} \text{ Mittlerer Durchmesser in einem Intervall von dem Durchmesser } d_i \text{ und } d_{i+1}.$$

P_i - Prozentgehalt

Aus der Sieblinie ist der mediale Durchmesser $d_{50} = 0,043 \text{ mm}$ bestimmt.

$$d_{60} = 0,064 \text{ mm}; d_{10} = 0,008 \text{ mm}; d_{90} = 0,175 \text{ mm}; d_{\text{max}} = 0,23 \text{ mm};$$

Δ - gleichartigen Kennwert

$$\Delta = \frac{3d_{10}}{d_{90}} = \frac{3 \cdot 0,008}{0,175} = 0,137$$

7.5 Gewichtskonzentration

$$C_T = \frac{G_T}{G_B} = \frac{3600 \cdot Q_T \cdot \rho_T}{3600 \cdot Q_B \cdot \rho_0} = \frac{0,030 \cdot 2,87}{0,12 \cdot 1} = 0,7175 \rightarrow 71,75\%$$

7.6 Volumenkonzentration

$$C = \frac{C_T}{C_T + \frac{\rho_T}{\rho_0}} = \frac{0,7175}{0,7175 + \frac{2,87}{1,0}} = 0,2 \rightarrow 2,00\%$$

7.7 Dichte von Abfall

$$\rho_c = \rho_0 + (\rho_T - \rho_0) \cdot C = 1 + (2,87 - 1) \cdot 0,2 = 1,374 \text{ t/m}^3$$

7.8 Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit

Die kritische Geschwindigkeit ist die minimale Flüssigkeitgeschwindigkeit, bei der die feste Teile lagern.

Die kritische Geschwindigkeit nach Sazonov:

$$V_{\text{kr}} = \beta_i \cdot \sqrt{\frac{2g \cdot d \cdot (\rho_T - \rho_0 + \rho_c - \rho_0)}{\rho_0}}$$

wobei:

$$\beta_i = \frac{\rho_r - 1}{1,70} = \frac{2,87 - 1}{1,70} = 1,10$$

$$V_{\text{mitl}} = \frac{4Q_c}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,277^2} = 2,49 \text{ m/s}$$

$$V_{\text{kr}} = 1,10 \cdot \sqrt{\frac{2,9 \cdot 8,0 \cdot 0,077 \cdot (2,87 - 1,28 + \rho_c - \rho_0)}{1}} = 1,98 \text{ m/s}$$

7.9 Hydraulische Verluste

Die hydraulischen Verluste in der Rohrleitung teilen sich nach Länge ($H_{\text{ver.L}}$) und Ort ($H_{\text{ver.O}}$). Die örtliche Verluste bei längen Rohrleitungen sind 10% von der Verluste nach Länge.

$$H_{\text{ver}} = H_{\text{ver.L}} + H_{\text{ver.O}} = 1,1 H_{\text{ver.L}}$$

$$H_{\text{ver.L}} = I_c \cdot L \text{ [m]}$$

Wobei:

I_c -Hydraulische Neigung

L- Länge der Rohrleitung

D- Innere Durchmesser der Rohrleitung

Nach der Aufgabe der innere Durchmesser $D = 0,277 \text{ m}$.

Nach der Sieblinie (Anhang D) und die oben vermerkte Berechnungen ist feinkörnige Material mit Geschwindigkeit größer als die kritische Geschwindigkeit ($V_{\text{mitl}} > V_{\text{kr}}$) transportiert.

Der hydraulische Sedimentzustand wird nach diesem Kriterium beurteilt:

$$V = 13,15 \frac{\omega_0}{\sqrt{\lambda_0}} \text{ [m/s] wobei:}$$

V- die notwendige Geschwindigkeit

ω_0 = hydraulische Größe des Abfalls d

λ_0 - Kennwert von hydraulischen Reibung der Flüssigkeit

$$\omega_0 = \omega \frac{\rho_r - \rho_0}{1,65} = \frac{1,312}{100} \cdot \frac{2,87 - 1,0}{1,65} = 0,01312 \cdot 1,133 = 0,01486 \text{ m/s}$$

$\omega = 0,01312$ - die Geschwindigkeit bei freie Sedimentation von Teilen mit Durchmesser $d_{85} = 0,14 \text{ mm}$

$$\lambda_0 = \left(\frac{0,31}{\lg \frac{v_{\text{mitl}} \cdot D}{v}} \cdot 10^6 - 1 \right)^2 = \frac{0,31}{\lg \frac{2,49 \cdot 0,277}{1,01}} \cdot 10^6 - 1)^2 = 0,0132$$

$$v = 1,01 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$V = 13,15 \frac{0,01486}{\sqrt{0,0132}} = 1,7138 \text{ m/s}$$

Die Sedimentbewegung ist turbulent des Zwangflusses. Der notwendige Druck ($H_{\text{transport}}$) wird nach folgenden Formeln berechnet:

$$H_{\text{Geodätisch}} = H_{\text{Anfangspunkt}} - H_{\text{Süddamm}}$$

$$H_G = 704,41 - 628,60 = 75,81 \text{ m}$$

$$H_{\text{tr}} = H_G \frac{\rho_c}{\rho_0} = 75,81 \cdot \frac{1,374}{1,00} = 104,16 \text{ m}$$

$$I_0 = \lambda_0 \frac{V_{\text{kr}}^2}{2 \cdot g \cdot D} = 0,01312 \cdot \frac{1,98^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,277} = 0,009$$

$$I_c = I_0 \frac{\rho_c}{\rho_0} = 0,009 \cdot \frac{1,374}{1,00} = 0,0123$$

$$H_{\text{Verlust}} = 1,1 \cdot I_c \cdot L = 1,1 \cdot 0,0123 \cdot 4668,56 = 63,16\text{m} < H_{\text{tr}}$$

$$H = H_{\text{tr}} - H_{\text{V}} = 104,16 - 63,16 = 41,00\text{m}$$

Schlussfolgerung: Die Druckhöhe $H=41,00\text{m}$ ist genug für Überwindung von Geschwindigkeitsverluste.

V. Umweltschutzmaßnahmen

Die Rohstoffe bilden die Grundlage für unsere gebaute Umwelt. Aus der Natur werden fossile Energieträger, Mineralien und metallische Erze entnommen, von der Wirtschaft in Güter umgewandelt und abschließend wird das Endprodukt als Abfall wieder in die Natur abgeladen. In den meisten Produkten steckt viel mehr Material, als ihr Gewicht ahnen lässt. Beim Abbau der Rohstoffe entsteht Abraum:

- für deren Erzeugung wiederum Brennstoffe verbraucht werden
- bei der Herstellung entstehen Abfälle
- für den Transport und die Verarbeitung wird Energie verbraucht

Die Rohstoffnutzung ist eine massive Umgestaltung natürlicher Stoffkreisläufe. [17]

Der Bergbau und die Verhüttung von Erzen gehören zu den wichtigsten Verursachern von globalen Umweltverschmutzungen. Die Schadstoffbelastungen aus Bergbauaktivitäten beeinflussen ganze Regionen noch lange Zeit nach der Rohstoffgewinnung [18].

Der Abbau von Metallen ist viel umweltbelastender als der von Mineralien: Erze enthalten nur einen kleinen Anteil reines Metall, Metalle kommen oft in chemischen Verbindungen mit Schwefel und gemeinsam mit Schwermetallen vor. Das Erz muss daher unter hohem Wasserverbrauch und mit oftmals giftigen Chemikalien behandelt werden, um das Metall zu gewinnen. Beim Abbau entsteht daher je nach Schwefelgehalt saures Abwasser, das einen hohen Schwermetallgehalt aufweisen kann. Schwefel, Schwermetalle und die Reste der verwendeten Chemikalien finden sich auch im Abraum wieder. [17] Ein wichtiges Ziel der Bergbauindustrie ist die langfristige Sicherung der Gewinnung heimischer mineralischer Rohstoffe unter Wahrung eines Gleichgewichts zwischen rohstoffwirtschaftlichen und rohstoffpolitischen Notwendigkeiten, den sozialen Anforderungen und den Zielen des Umweltschutzes [19].

Die Europäische Union hat Maßnahmen festgelegt um die negativen Auswirkungen für Mensch und Natur, die durch die Deponierung von Bergbauabfällen entstehen, zu vermeiden oder zu verringern.

Die Bergbauabfallrichtlinie gibt Klarheit über den Umfang der Abfälle der Bergbauindustrie und wie die Abfälle dieser Industrie behandelt werden. Die Bergbauabfallrichtlinie setzt den Mitgliedstaaten für die Regulierung der Bewirtschaftung von Abfällen einen verbindlichen Rahmen, der jedoch noch an zahlreichen Stellen durch das nationale Recht im Detail ausgeführt und ausformuliert werden muss.

Die Folgen des Abfalles der Bergbauindustrie reichen von physischen Auswirkungen auf die Umwelt bis hin zum Austritt von saurerem und giftigem Sickerwasser, das bei der Erzverarbeitung entsteht.

Die Europäische Union hat als neues rechtliches Instrument den Abfallwirtschaftsplan eingeführt. Dieser Plan soll sicherstellen, dass die Abfallentsorgung konkretisierte Grenze und Tätigkeiten hat.

Der Abfallwirtschaftsplan muss Maßnahmen für den gesamten Lebenszyklus der Bergbauanlagen beinhalten. Ziel des Plans ist die Vermeidung bzw. die Verringerung von Bergbauabfällen und ihrer Schädlichkeit.

Im Abfallwirtschaftsplan müssen folgende Punkte ausgearbeitet werden:

- eine Beschreibung der Abfälle und ihre Kategorisierung
- eine Beschreibung der für die Aufbereitung von mineralischen Rohstoffen verwendeten Substanzen
- eine Beschreibung der Abfallablagerung
- eine Beschreibung der Tätigkeiten des Aufbereitungsbetriebs;
- Kontroll- und Überwachungsmaßnahmen
- Beschreibung der Art des Sedimentationsbeckens
- Pläne zur Stilllegung und für die Nachsorgephase
- Maßnahmen zur Vermeidung der Verunreinigung von Gewässern und Böden
- eine Analyse des Areals, das durch die Abfallentsorgungsanlage belastet werden könnte

Sedimentationsbecken stellen Eingriffe in das naturräumliche Umfeld dar und bergen ein gewisses Gefahrenpotential aufgrund der mengenmäßigen und stofflichen Akkumulation in den betreffenden Stauanlagen. Die verbleibenden Sedimente lagern im Einflussbereich der Menschen, sind eingebunden in ökosystemare Zusammenhänge und unterliegen auf Dauer den Einflüssen aus dem natürlichen Umfeld. Es ist daher sicherzustellen, dass diese Anlagen dauerhaft sicher und umweltverträglich sind. Für die Prüfung und die eventuell notwendige Ertüchtigung gelten die allgemeinen Richtlinien von Europäische Union. [22]

1. Luft

Der Bergbauabfall enthält fein zermahlene Fels und kann leicht zerstreuen wenn der Abfall durch Wind- und Sonneneinwirkung getrocknet wird. Die Emissionsüberwachung von fein zermahlene Fels wird durch das Berieselungssystem. [21]

2. Grund- und Oberflächenwässer

Das äußere Entwässerungssystem sammelt die Oberflächenwässer und leitet das Wasser ins Tal ab. Das innere Entwässerungssystem sammelt das Grundwasser und leitet das Wasser ins Wasserumlaufsystem ab. Beide Systeme haben die Hauptziele den Wasserzufluss im Sedimentationsbecken zu reduzieren und kein kontaminiertes Wasser in die Natur fließen zu lassen.

3. Böden

Die Humusschicht, wird vollständig vor dem Bau beseitigt. Das restliche Bodenmaterial wird für eine weitere Nutzung aufbewahrt. Die Böden werden in eine spezielle Deponie gebracht, die von einem Rasen bedeckt ist. Der Pflanzenbestand schützt die Bodeneigenschaften von Winderosion und von Staubverschmutzung. Die Böden werden nach der Stilllegung des Sedimentationsbeckens rekultiviert. Die Wassereigenschaften werden stets überwacht-während der Betriebsperiode und nach der Stilllegung des Sedimentationsbeckens. Anhand von diesen Überwachungen erfolgt die Umweltrisikobewertung. [21]

4. Pflanze- und Tierwelt

Erhaltung des gesamten Artenspektrums an heimischen Pflanzen und Tieren des zerstörten Waldes in seiner genetischen Vielfalt durch geeignete Maßnahmen der Ansiedlung (Saat, Pflanzung, Bodenimpfung) in überlebensfähigen Populationen. [23] Vor diesem Hintergrund sind die ersten Begrünungsmaßnahmen als eine Art Initialzündung zu verstehen, die der Natur zur freien Enthaltung ihres Potenziales verhelfen soll. Dabei hat sich im Verlauf vielen Untersuchungen gezeigt, dass Tiere und Pflanzen die neu geschaffenen Gebiete und charakteristischer Weise neu besiedeln.

VI. Ideenlösung für Rekultivierung

Die Rekultivierung setzt sich die Wiederbewirtschaftung von verunreinigten/kontaminierten Flächen zum Ziel. Dies umfasst Maßnahmen im ingenieurechnischen, meliorativen, landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Bereich. [15]

Der Abbau von Edelmetallen hat zu Folge, dass viele Kulturlandschaften zerstört werden. Deshalb ist die Sanierung, Wiederherstellung sowie die Rekultivierung der zerstörten Landstriche eine wichtige Aufgabe der Bergbauindustrie, die von wachsender Bedeutung ist. Aus diesem Grund ist die Erforschung und Identifizierung der organischen Materialien in Abraumbereichen, dessen Umweltverhalten und die daraus resultierenden Möglichkeiten und Beschränkungen in Bezug auf die Landrückgewinnung eine bedeutende Fragestellung. Eine weitere wichtige Aufgabe ist die Untersuchung der mikrobiellen Abbauprozesse, die in den Absetzbecken stattfinden. Da konnten es dadurch so eine Abnahme der gefährlichen organischen Verbindung kommen könnten. [16]

Das Hauptziel des Projektes ist die endgültige Verhinderung der ökologischen Risiken und dessen Umweltfolgen. Daraus ergeben sich folgende Bedingungen:

- Beseitigung des Risikos von Zufluss von kontaminierten Wassers
- Feststellung stabiler Zone auf der Wasserfläche
- Verminderung des Dränagewasser

Die Rekultivierung besteht aus folgenden Schritten:

- Maßnahme für Stilllegung des Sedimentationsbecken und den vorhandenen Anlagen.
- Maßnahme für aktive Nachsorge
- Maßnahme für passive Nachsorge

Die Kontrolle der Maßnahme erfolgt alle fünf Jahre. [14]

1. Maßnahme für Stilllegung des Sedimentationsbecken und den vorhandenen Anlagen

1.1 Stilllegung des Abfallkörpers

Der Bergwerkabfall vom Sedimentationsbecken „Chelopech“ ist charakteristisch für seine hohe Konzentration von Schwefel, in Form von Schwefelkies.

Mit der Wiederherstellung der Schwefelkiesproduktion verkleinern sich die Abfallmenge um $\frac{1}{4}$ und der Schwefelkonzentrat um $\frac{1}{3}$. Nach dieser Modernisierung besitzt der Abfall nur noch

einen Säurecharakter. Daraus folgt eine Verschlechterung des Grundwassers. Aus diesem Grund werden die Dränagewasser nach der Stilllegung gesammelt.

Es wird eine Isolationsschicht auf der gesamten Oberfläche des Sedimentationsbeckens eingebaut. Das Hauptziel dieser Schicht ist die Anreicherung des Dränagewassers zu begrenzen. [14]

1.2 Absenken und Stabilisierung der Wasserfläche

Ohne zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Deponieabfalls ist eine direkte Aufschüttung für die Konservierung des Beckens unmöglich. Deshalb ist es notwendig eine Stahlschicht auf der Wasseroberfläche und noch 20 m von der Wasserumgebung entfernt zu verlegen. Diese Schicht besteht aus folgenden Teilen:

- einzelne hoch feste Geotextilien –diese Schicht verhindert, dass sich der Abfall mit dem Erdschüttmaterial vermischt. Die Geotextilschicht dient der Verstärkung der oberen Schicht.
- Geonetzschicht: das Erdschüttmaterial wird in den Netzlöchern verlegt, dadurch entsteht eine sehr feste und elastische Plattform. Diese Schicht erhöht die Tragfähigkeit des Abfalls und erlaubt sicheren Eintritt von Bautechnik.
- sortierte Erdschüttmaterial: das Material erlaubt die gute Arbeit zwischen der einzigen Steine und der Geonetzschicht. [14]

1.3 Liquidierung des inneren Entwässerungssystems mit Wasserumlaufsystem

Nach der Stabilisierung der Wasseroberfläche wird das Entwässerungssystem entfernt. Diese Tätigkeit umfasst:

- Demontage der Pumpaggregate
- Demontage der Küstenpumpstation

Die Entwässerungsdruckrohrleitung wird nicht entfernt, da sie für den Transport des Dränagewassers weiter benutzt wird. [14]

1.4 Liquidierung des äußeren Entwässerungssystems

Nach der Einstellung des Sedimentationsbeckens ist es notwendig den Niederschlagszufluss zu begrenzen. Für die Ableitung des Oberflächenabfluss sind folgende Anlagen erforderlich:

- der Kanal auf der östlichen Seite
- der nordöstliche Damm
- der nordwestliche Damm

Das Niederschlagsvolumen, das in das aufgeschüttete Sedimentationsbecken fällt, ist mit $p=0,01\%$ und $V=126\ 800\ m^3$ zu erwarten. Dieser Wasservolumen wird durch eine abgesonderte Zone auf dem nördlichen Damm mit Betonverkleidung weggeführt. [14]

1.5. Konservierung des Dränagesystems

Nach der Einstellung des Betriebes wird das Dränagewasser, das in dem Dränageschacht gesammelt wird, durch ein neues Pumpsystem in den radialen Ablagerungsbecher gesammelt. Danach wird das Wasser in der Kläranlage weggeführt. [14]

1.6 Liquidierung des Sedimenttransportsystems

Dieser Prozess umfasst die Demontage der Rohrleitungen auf dem südlichen, westlichen und nördlichen Damm mit einer gesamt Länge von 3400m. Ebenso werden alle Rohrabzweigungen und Notabzweigungen mit einer Länge von 1550m auch demontiert. [14]

1.7 Liquidierung des Berieselungssystems

Nach Einstellung des Sedimentationsbeckens „Chelopech“ wird das Berieselungssystem vollständig abgebaut. Das beinhaltet die Demontage von Pumpaggregaten, Rohrleitungen und von Berieselungsapparaten. [14]

1.8 Biologische Rekultivierung

Die biologische Rekultivierung ist mit ätherischen Kulturen auszuführen. Dies sichert die dauerhafte Nutzung der betroffenen Flächen.

Die Forstwirtschaftliche Universität Sofia hat Tests für die Periode Januar- Dezember 2013 durchgeführt. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass der Lavendel eine hohe Zuchteignung aufweist.

Als Ausgangsboden Bodenquelle für die technische Rekultivierung wurde das Erdmaterial um das Sedimentationsbecken verwendet, das vor der Abdämmung entnommen worden ist. Die Verbesserung der physikochemischen Eigenschaften des Bodens wurde mit einer Mineraldüngung aus Stickstoff, Phosphor und Kalium erreicht.

Der Lavendel wird im Herbst (Oktober - November) oder Frühling (Februar - März) angepflanzt. Anschließend muss der Lavendel gegossen werden. [14]

2. Etappe von aktive Nachsorge

2.1 Ausbeutung des Dränagesystems

Nach der ersten Etappe von Stilllegung wird das Dränagesystem weiterarbeiten. Das Dränagewasser von dem Hauptdamm fließt in der Pumpsammelschacht, der in dem Dammfuß sich befindet. Durch montierte Pumpen in dem Schacht und Druckrohrleitung wird das Dränagewasser bis zum radialen Ablagerungsbecher transportiert.

Der Pumpaggregat ist mit automatische Arbeitsregime- einschalten bei obere Wasserstand und ausschalten bei untere Wasserstand. Die mittlere Dränagewassermenge ist 8,0 l/s.

Es wird erwartet, Verminderung der Dränagewassermenge, in Folge dessen:

- obere Isolationsschicht
- Konsolidierung des Abfalles [14]

2.2 Überwachung

Die Hauptziele der Überwachung sind die Evaluierung des Zustandes nach der Rekultivierung und die Einwirkung des Beckens auf die Umwelt.

Die Hauptaufgaben sind folgende:

- Bewertung des Stabilitätszustandes der Dämme
- Bewertung aller Anlagen des Sedimentationsbeckens

Das Überwachungssystem ist nach der bulgarischen Normen errichtet. [14]

2.3 Überwachung des Beckenstandes

Zur Garantierung der Anlagensicherheit ist es notwendig das Verhalten der Dämme durch das Mess- und Kontrollsystem zu überwachen. Die Überwachung von Deformationen wird durch das eingerichtete geodätische System kontrolliert, das aus folgenden Teilen besteht:

- 26 Kontrollmarken auf dem Hauptdamm
- 2 Kontrollmarken auf dem nördlichen Damm
- 2 Kontrollmarken auf dem nordwestlichen Damm
- 3 Kontrollmarken auf dem nordöstlichen Damm
- 15 Kontrollmarken auf dem natürlichen Terrain

Die Durchführung dieser Überwachungen und Messungen haben folgende Ziele:

- die Messung der Setzungen (vertikale Deformationen)
- die Messung der horizontalen Bewegungen (horizontale Deformationen)

Die Durchführung dieser Überwachungen und Messungen haben folgende Ziele:

- die Messung der Setzungen (vertikale Deformationen)
- die Messung der horizontalen Bewegungen (horizontale Deformationen)

Diese Messungen werden einmal pro Jahr verrichtet.

Zur Kontrolle der Stabilität aller Dämme ist es notwendig auch visuelle Überwachungen durchzuführen. Diese Überwachungen beobachten folgende Merkmale:

- Setzungen von Dämmen
- Durchfallen von der Abfall zwischen dem Damm und Wasser
- Wasser auf den getrockneten Abfall
- Filtration und Wasserflecken auf der Luftböschung

Von dem Zustand und der Arbeit des äußeren Entwässerungssystems hängt in hohem Maße die Anlagensicherheit ab.

Die visuellen Überwachungen werden im Frühling und Herbst durchgeführt, auch nach Regenguss und Erdbeben. [14]

2.4 Überwachung von Piezometerstände

Um die Standsicherheit des Dammkörpers zu garantieren, muss der Wasserstand in den Piezometer überwacht werden. Das piezometrische Netz, mit dem der Wasserzustand überwacht wird, besteht aus 32 Piezometer: 26 auf dem Hauptdamm, 2 auf nordöstlichen Damm, 2 auf dem nordwestlichen Damm und 2 auf dem nördlichen Damm.

Diese technische Überprüfung wird einmal pro Jahr verrichtet. Bei einem Regenguss im Gebiet wird ebenfalls die vorgeschriebene Überwachung durchgeführt. [14]

2.5 Züchtungen des neuen Pflanzenwuchses

Um den Rekultivierungserfolg zu garantieren, muss während der Stilllegungsperiode die Lavendelkultur beaufsichtigt werden. Die Pflege ist in den ersten fünf Jahren von Bedeutung. Sie umfasst folgende Tätigkeiten:

- Umpflanzen von beschädigten Lavendel
- Besprühen mit Unkrautvernichter
- Düngung mit Mineralen

- Kultivierung
- Den Boden manuell umgraben
- Verschneiden der Lavendel
- Gießen der Pflanzen
- Anbauen der Ernte

Der Jahresertrag von Lavendel hängt von der Sorte, dem Alter der Pflanze und der Zuchtbedingung ab. Bei den aktuellen Gegebenheiten ist von einem mittleren Ertrag von 4500 kg/ ha Blüte und 50 kg/ ha ätherische Öle auszugehen. [14]

3. Etappe von passive Nachsorge

3.1 Abbauen von Bedienungsausrüstung und Anlagen

Alle übrige Anlagen und Ausrüstungen werden abgebaut.

Wenn der normative Index des Dränagewassers den normativen Index des Flusses „Topolnica“ erreicht, wird die Dränagerohrleitung abgebaut.

Für die Ableitung der Drainagewässer von dem Dränageschacht bis zum Fluss „Topolnica“ wird ein Kanal errichtet. Dieser Kanal wird vom Dränageschacht beginnen, durch die existierende Betonwand im Dammfuß führen und im Fluss „Topolnica“ enden. [14]

3.2 Überwachung der Böden und der Flora

In der Etappe von passiver Unterhaltung werden die Böden und die Flora inspiziert. Das Hauptziel von dieser Tätigkeit ist Überwachung der chemischen Prozesse im Boden, die Untersuchungen von Schwermetalle in den Pflanzen und falls notwendig Maßnahmen zur Verminderung der ökologischen Risiken.

Die Überwachung wird während fünf Jahre durchführt und umfasst:

- Probeentnahme
- Untersuchung der Bodenproben
 - Bestimmung des pH-Werts
 - Bestimmung von biogenen Elementen: Stickstoff, Phosphor, Kalium
 - Bestimmung von Schwermetallen
- Untersuchung der Pflanzenproben
 - Bestimmung von Schwermetallen und Arsen [14]

Diese Maßnahme beinhaltet eine systematische Überwachung von bestimmten Parametern und erlaubt die Prognose und die Kontrolle von Ökoprozessen zwecks Vermeidung oder Verminderung von langfristigen negativen Umweltauswirkungen. [14]

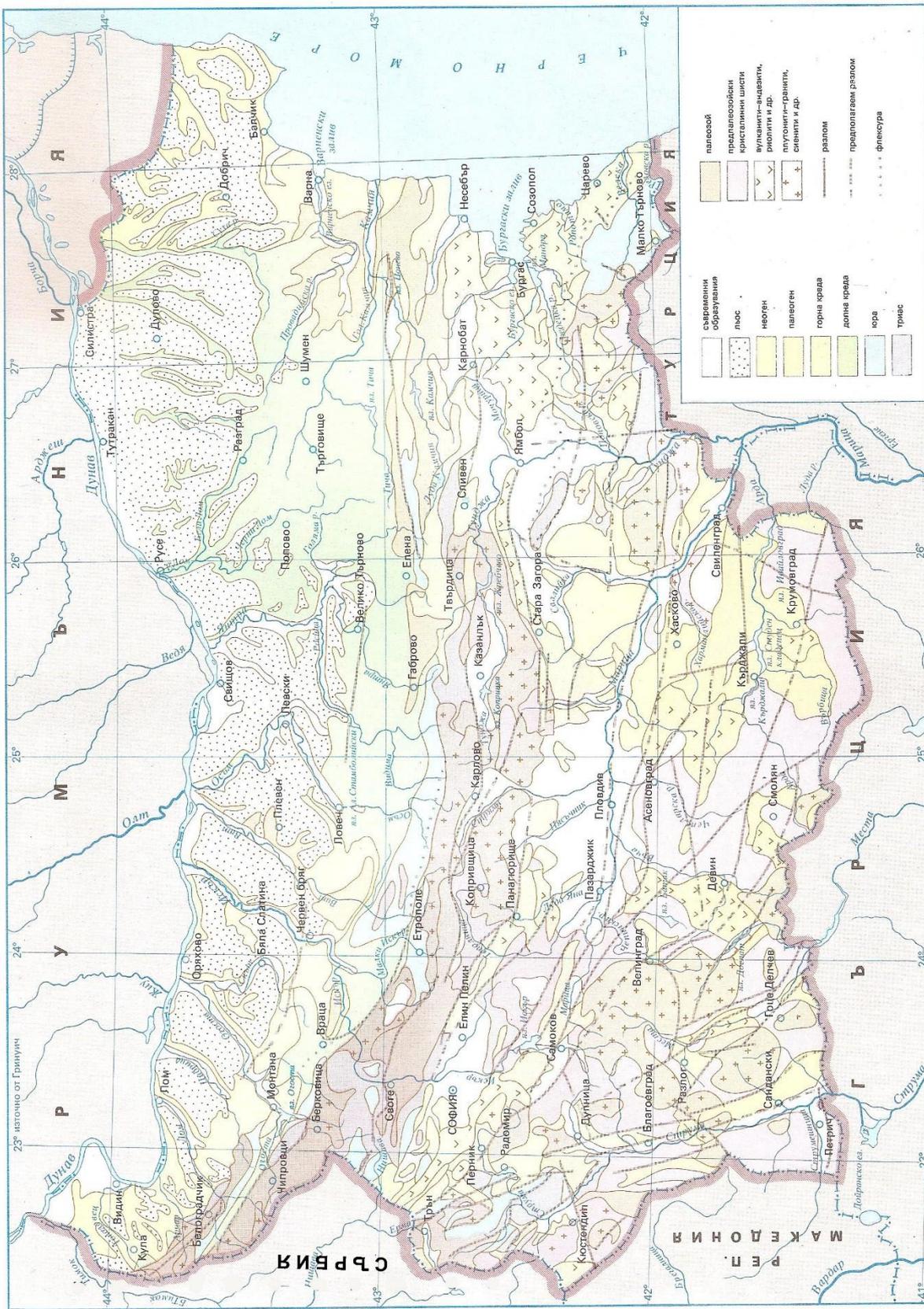
VII. Inhaltsverzeichnis

- [1] Projekt „Aufbau des Hauptdammes von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe +620,00“, 2007, Teil: Baukonstruktion, Wasserversorgung, Geodäsie; „Marin Blagiev CO“ d. o. o.
- [2] Projekt „Modernisierung von Sedimentationsbecken „Chelopech““, 2015; Teil: Betriebsanleitung; „CWECO“ AG
- [3] Projekt „Zone 78 für Erhöhung von Sedimentationsbecken „Chelopech“ bis Höhe+630,00“ 2014; Teil: Ingenieurgeologische Erforschung; „CWECO“ AG
- [4] Projekt „Standicherheit Untersuchungen des Hauptdammes mit laufenden Piezometerdaten“, 2015, Phase: Technischer Bericht; „CWECO“ AG
- [5] Gesetz für Gebietseinrichtung, Bulgarien
- [6] Normen für Projektierung von Wasserbauanlagen. Grund Zustände. Bulgarien
- [7] Direktive 2006/21 EU von Europäischen Parlament von 15.03.2006
- [8] „Technologischer Jahresbericht 2015“ – „Dundee Precious Metals Öffentliche Unternehmer“
- [9] DIN 19700-15 Stauanlagen- Teil 15 Sedimentationsbecken
- [10] Karl Kast, Ettlingen: „Besonderheiten des Stauanlagentyps - Sedimentationsbecken“
- [11] <http://www.dundeeprecious.com/Bulgarian/default.aspx> 28.09.2015
- [12] Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt „Bergbau“ – Konventionelles Abteufen eines Bunkers und eines Rollochs mit drei Kippstellen auf dem Erzbergwerk Chelopech in Bulgarien.
- [13] Doz. Dimitar Tashev, Doz. Rositsa Nikola, Doz. Ignat Ignatov, Doz. Liliana Scheitanova: „Handbuch für die Konstruktion von Wasserbauwerken“ 1989
- [14] Veränderung und Zusatz zu Projekt „Technische Liquidierung und Konservierung des Bergbauobjektes und Rekultivierung“, NIPRORUDA JSCo
- [15] <http://svemar.net/bg/rekultivacia-na-smetishta.html> 15.10.2015
- [16] <http://www.gfz-potsdam.de/sektion/organische-geochemie/projekte/vom-oelsand-zur-rekultivierten-flaeche-was-passiert-mit-dem-organischen-material/> 03.12.2015
- [17] <http://www.oekosystem-erde.de/html/rohstoffe.html><http://www.oekosystem-erde.de/html/rohstoffe.html> 08. 12. 2015
- [18] Ulrich Förstner: „Umweltschutztechnik“, Springer
- [19] <http://www.v-r-b.de/pages/layout1sp.php?id=1> 08.12. 2015
- [20] http://www.bezreg-arnsberg.nrw.de/themen/a/abfall_bergbau/bergbauabfallrichtlinie/index.php 08.12.2015
- [21] Ing. Irena Stambolova „Abfallwirtschaftsplan“, „Bolkan Mineral and Mining“ OG
- [22] ATV-DVWK-M 503 Grundlagen zur Überprüfung und Ertüchtigung von Sedimentationsbecken
- [23] Wolfram Pflug, Braunkohlen-tagebau und Rekultivierung, Springer
- [24] Andrey Totsev, Studien unterlagen Grundbau, 2009

VIII. Anhang

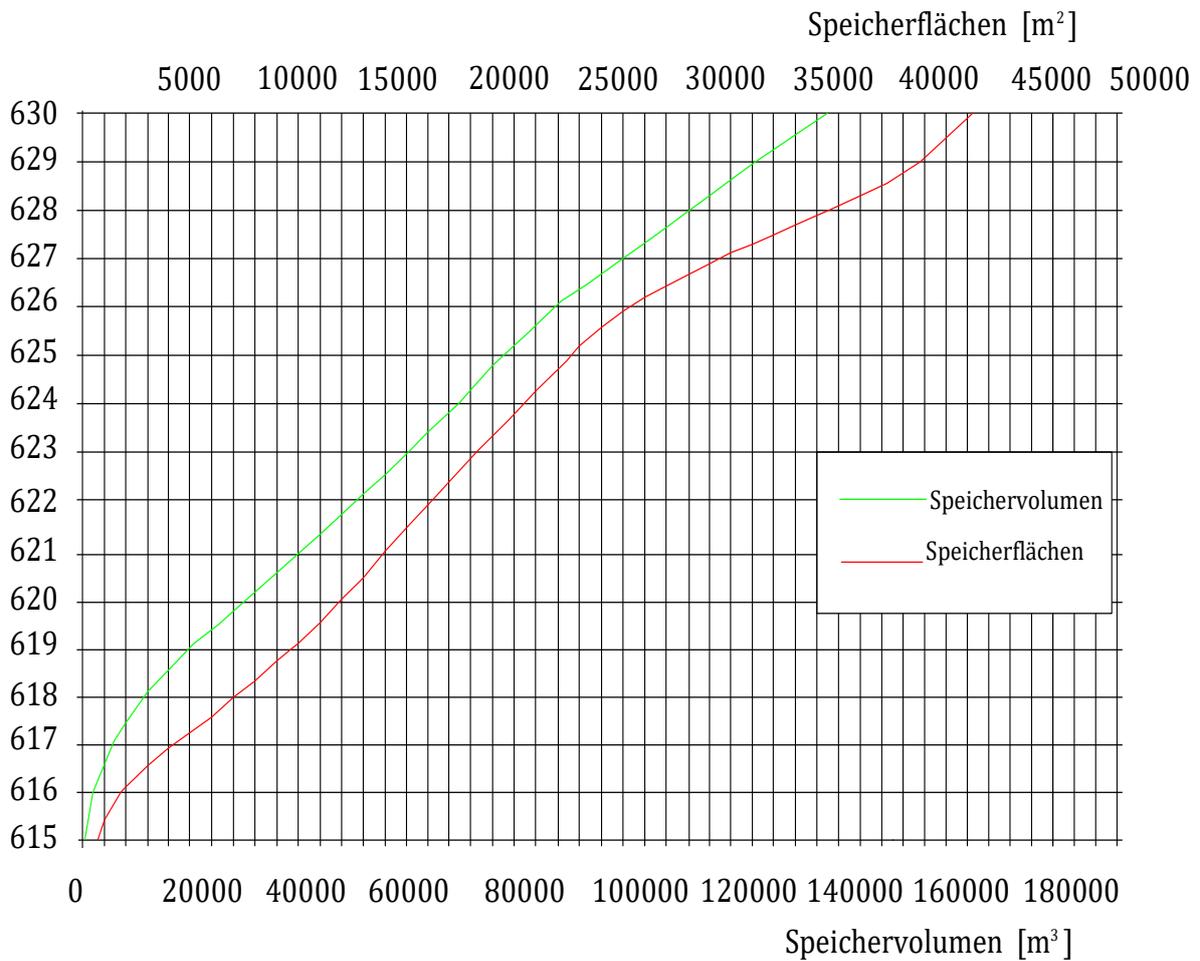
A. Geologische Karte von Bulgarien

ГЕОЛОЖКА КАРТА



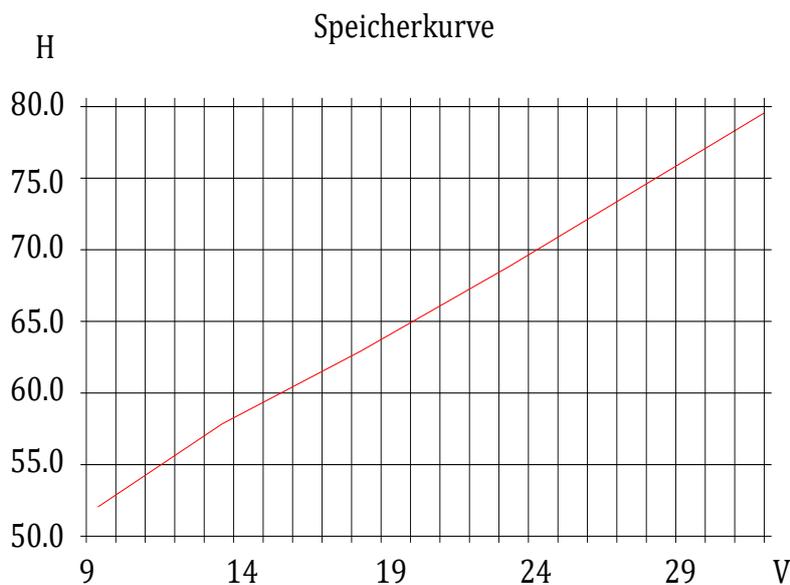
B. Die Speichervolumen - Flächen Kurve

Quelle: Projekt „Modernisierung von Sedimentationsbecken „Chelopez““, 2015; „CWECO“ AG



C. Die Speicherkurve

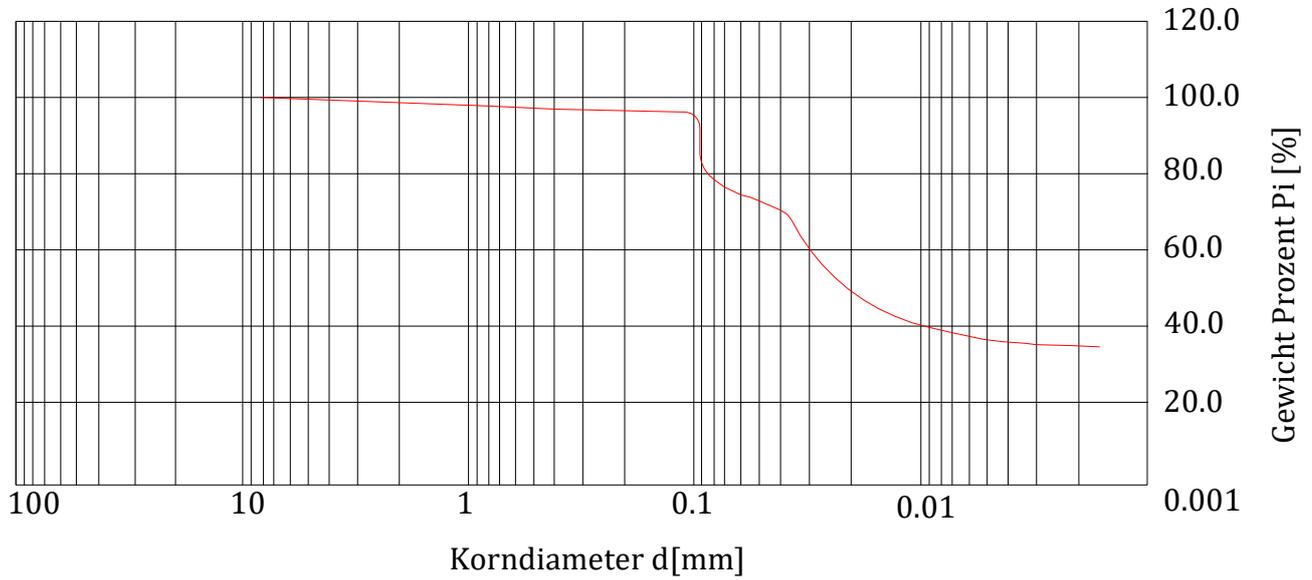
Quelle: Projekt „Modernisierung von Sedimentationsbecken „Chelopez““, 2015; „CWECO“ AG



D. Die Kornzusammensetzung Sieblinie

Quelle: „Technologischer Jahresbericht 2015“ Dundee Precious Metals

Kornteilzusammensetzung des Abfalls



IX. Zeichnungen

1. Situation Sedimentationsbecken „Chelopez“, M 1:1000
2. Querschnitt des Hauptdammes, M 1:1000
3. Längsschnitt Sediment Rohrleitung MH 1:2000, MV 1:200
4. Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes – Verteilung des Filtrationsdruck, M 1:1000
5. Filtrationsuntersuchung des Hauptdammes - Verteilung des Filtrationsdruck und Äquipotentiallinien, M 1:1000
6. Statische Untersuchung der Hauptdammes - Slope stability resultat, M 1:1000
7. Statische Untersuchung der Hauptdammes - Slope stability resultat. Seismische Einwirkungen Kombination I, M 1:1000
8. Statische Untersuchung der Hauptdammes - Slope stability resultat. Seismische Einwirkungen Kombination II, M 1:1000