



УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
Инженерство на животна средина
Штип

Љубиша Костадинов

**ИНЖЕНЕРСТВО СО СОВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ ЗА ЗАШТИТА
НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ОД ФЛОТАЦИСКИТЕ ЈАЛОВИШТА**

- МАГИСТЕРСКИ ТРУД -

Штип, јуни 2012

Комисија за оценка и одбрана

Ментор: Борис Крстев
Проф. д-р, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член Благој Голомеов
Проф. д-р, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член Мирјана Голомеова
Проф. д-р, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Членови на комисија за оценка и одбрана

Претседател Благој Голомеов
Проф. д-р, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член Мирјана Голомеова
Проф. д-р, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Член Борис Крстев
Проф. д-р, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

Научно поле: Инженерство на животна средина

Научна област: Инженерство со современи материјали

Датум на одбрана: _____

Датум на промоција: _____

Благодарност

Голема благодарност изразувам на мојот ментор проф. д-р Борис Крстев, за моралната и стручна поддршка, совети, сугестии и насоки за изработка на овој магистерски труд.

Посебна благодарност изразувам на мојот работодавец проф. д-р Љупчо Димитриевски и мојот извршен директор м-р Дарко Илиевски што ми овозможија да работам во „ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО“ - Скопје, што ми даваа стручна и морална поддршка во текот на моето работење, што ми ја даваа на располагање целокупната инженерска документација со која располага компанијата, организираа средби со еминентни стручњаци од областа на инженерство со современи материјали од Германија, Италија, Австрија, Полска и др. Благодарност и до сите колеги од „ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО“, од кои добивав информации за инженерството со современи материјали во сите области на нашето опкружување.

Голема благодарност изразувам и на мојот долгогодишен соработник, професорот Борис Фиданчев, еминентен стручњак од областа на подготовка и преработка на минерални сировини, од кого во изминатиот период добивав стручна надградба за нашите и за светските флотациски јаловишта.

Рецензирани и објавени трудови:

Ljubisa Kostadinov, Olgica Micevska, Ljupco Dimitrievski, Darko Ilievski, Dragan Dimitrievski: **ENGINEERING WITH MODERN MATERIALS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION FROM TAILING DUMPS** - XIV Balkan Mineral Processing Congress, Tuzla, Bosnia and Hercegovina 14th-16th june 2011;

Ljubisa Kostadinov, Boris Krstev, Boris Fidancev, Darko Ilievski, Aleksandar Krstev: **TECHNICAL SOLUTION FOR DRAINAGE CARPET FOR TAILING DUMP TORANICA - KRIVA PALANKA, MACEDONIA** - XIV Balkan Mineral Processing Congress, Tuzla, Bosnia and Hercegovina 14th-16th june 2011;

Boris Fidancev, Darko Ilievski, **Ljubisa Kostadinov**, Atanas Straseski: **SUPSTITUTION OF THE CONVENTIONAL METHOD WITH A NEW METHOD FOR BUILDING THE FUTURE OVER HEIGHT FLOTATION TAILING DISPOSAL FROM TORANICA LEAD AND ZINC MINE, KR. PALANKA, MACEDONIA** - XIV Balkan Mineral Processing Congress, Tuzla, Bosnia and Hercegovina 14th-16th june 2011.

ИНЖЕНЕРСТВО СО СОВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ ЗА ЗАШТИТА НА ЖИВОТНАТА СРЕДИНА ОД ФЛОТАЦИСКИТЕ ЈАЛОВИШТА

Краток извадок

Со технолошката постапка за подготовка на минералните сировини се генерираат големи количини на флотациска јаловина. Оваа флотациска јаловина се одлага на специјално уредени простори т.н. флотациски хидројаловишта. Флотациските хидројаловишта потребно е да обезбедат одржлив развој за заштита на животната средина.

Предуслов едно флотациско хидројаловиште да биде изработено и да функционира согласно современите светски стандарди е примената на современи материјали при неговата изградба. Современи материјали кои имаат широка примена за да се исполнат условите едно флотациско хидројаловиште да биде изработено според светските стандарди се геосинтетичките. Најчесто применувани геосинтетички се: геотекстили, геомембрани, геомрежи, геоцевки, геосинтетички глиненни слоеви, геокомпозити и др.

Геосинтетичките материјали вршат функција на сепарација, армирање, филтрација, дренажа, а по потреба и како бариера за задржување на течности и гасови, а со тоа се обезбедува висок степен на заштита на животната средина. Со примена на геосинтетички материјали целокупната флотациска јаловина се сместува во една т.н. „геобариера“ изградена од геосинтетички материјали.

Клучни зборови: Флотациска јаловина, геосинтетички, изолирана средина, рекултивација.

ENGINEERING WITH MODERN MATERIALS FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION FROM TAILING DUMPS

Abstract

With the technological process for preparation of mineral raw materials large of flotation tailing are generated. This flotation tailing is disposed in to the special arranged location so called flotation tailing dumps. Flotation tailing dumps should provide sustainable development for the environment.

Prerequisite for one flotation tailing dump to be constructed and to be functional according to the contemporary world standards is the application of the modern materials during its construction. Modern materials that have broad applications to meet the conditions for a flotation tailing dump to be constructed according to the international standards are the geosynthetics. Most frequently applied geosynthetics are: geotextiles, geomembranes, geogrids, geopipes, geosynthetic clay layers, geocomposites.

The geosynthetics are performing the function of separation, reinforcement, filtration, drainage, and if necessary, as a barrier to retain the fluids and gases, and thereby ensuring a high level of environmental protection. With the application of these materials the overall generated flotation tailing is placed in so called “geo barrier“, which is constructed of geosynthetic materials.

Key words: flotation tailing, geosynthetics, isolated space, recultivation.

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД.....	5
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА.....	6
3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО.....	7
4. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЧКАТА РАБОТА.....	9
5. ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА	10
5.1. Флотациски јаловишта.....	11
5.2. Генерирана флотациска јаловина во Република Македонија....	20
6. ВЛИЈАНИЕ НА ФЛОТАЦИСКИТЕ ЈАЛОВИШТА ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА	23
6.1. Влијание на флотациските хидројаловишта врз водите	24
6.2. Влијание на флотациските јаловишта врз воздухот	26
6.3. Влијание на флотациските јаловишта врз земјиштето	27
6.4. Влијание на хемикалиите и тешките метали врз здравјето на човекот	28
6.5. Влијание на флотациските хидројаловишта врз животната средина во случај на хаварија	35
7. УПРАВУВАЊЕ СО ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА	47
7.1. Законски и подзаконски акти	47
7.2. Постапка за добивање дозвола за изградба на флотациско јаловиште	52
7.3. Управување со флотациска јаловина во Република Македонија	54
7.4. Управување со флотациска јаловина во Европската унија	59
7.5. Извештај од Европската комисија за напредокот на Република Македонија во животната средина	62
8. ИНЖЕНЕРСТВО СО СОВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ КАЈ ФЛОТАЦИСКИТЕ ЈАЛОВИШТА	63
8.1. Геосинтетички материјали	63
8.1.1. Геотекстили.....	65
8.1.2. Геомембрани.....	66

8.1.3. Геомрежи.....	69
8.1.4. Геоцевки.....	70
8.1.5. Геосинтетички глиненни слоеви.....	70
8.1.6. Геокомпозити.....	71
8.2. Инженерство со геосинтетици за третирање на тло	73
8.3. Инженерство со цевководи кај флотациските јаловишта	78
8.4. Инженерство за санирање на цевководи	82
8.5. Инженерство со геотуби	83
8.6. Инженерство со Incomat	86
8.7. Инженерство за третман на води од флотациските јаловишта	88
8.8. Инженерство за случај на несакани хаварији кај јаловиштата...	95
8.9. Рекултивација на флотациските јаловишта со примена на современи материјали	98
8.10. Инженерство за можност за градби врз флотациски јаловишта	104
8.11. Инженерство со современи материјали кај јаловишта во светот	107
8.12. Инженерство со современи материјали кај јаловишта во Република Македонија	111
8.12.1. Јаловиште Саса - Македонска Каменица	111
8.12.2. Јаловиште Тораница - Крива Паланка	114
9. ТЕХНОЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ЗА СОВРЕМЕНО ФЛОТАЦИСКО ЈАЛОВИШТЕ	130
10. ПРИДОБИВКИ ОД СОВРЕМЕНО ФЛОТАЦИСКО ЈАЛОВИШТЕ.....	134
11. ЗАКЛУЧОК.....	135
12. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА.....	138

1. ВОВЕД

Да се избегнат непожелните последици кои ги предизвикуваат флотациските јаловишта, потребно е адекватно управување со јаловиштата според светските стандарди со безбедна локација на која на контролиран начин ќе се депонира флотациската јаловина.

Хавариите кои се случувале на флотациските хидројаловишта во минатото се секако аларм за примена на современи методи и техники со современи материјали, со цел заштита на животната средина од флотациските јаловишта и континуирано одлагање на флотациската јаловина. Некои од флотациските јаловишта и денес се соочуваат со одредени проблеми. Основните проблеми кои негативно влијаат врз квалитетот на животната средина произлегуваат од состојбите во организацијата на системот за одлагање на флотациската јаловина.

Проектирањето на современи флотациски јаловишта во денешно време е многу актуелна тема, пред сè, поради фактот што со ова проектирање би се решиле многу битни прашања за заштита на животната средина (контролирано депонирање и максимално можно намалување на влијанието врз животната средина).

Предуслов едно флотациско хидројаловиште да биде изработено и да функционира согласно современите светски стандарди и европското законодавство е примената на современи материјали при неговата изградба. Со примена на современи материјали се постигнува заштита на поттлото и се спречува загадување на околната почвена средина, односно се спречува негативното влијание врз животната средина.

Современи материјали кои имаат широка примена за да се исполнат условите едно флотациско хидројаловиште да биде изработено според светските стандарди се геосинтетичките материјали. Најчесто применувани геосинтетички материјали се: геотекстили, геомембрани, геомрежи, геоцевки, геосинтетички глинени слоеви, геокомпозити и др.

Геосинтетичките материјали вршат функција на сепарација, армирање, филтрација, дренирање, а по потреба и како бариера за задржување на течности и гасови, а со тоа се обезбедува висок степен на заштита на

животната средина. Со примена на геосинтетички материјали целокупната флотациска јаловина се сместува во една т.н. „геобариера“ изградена од геосинтетички материјали (еден вид на изолирана средина).

На овој начин се прави комплетна изолација на тлото и боковите од флотациската јаловина и се овозможува дренарање на процедурните води. Врз одложената флотациска јаловина повторно се поставуваат геосинтетички слоеви, потоа се распостила хумусен материјал и се врши биолошка рекултивација.

Оваа тема ќе биде фокусирана на флотациските јаловишта, влијанието кое тие го имаат врз животната средина и на мерките и активностите кои треба во иднина да се преземат за изградбата на флотациски јаловишта со примена на современи материјали.

Сметаме дека овој труд ќе претставува добра појдовна точка да се надминат и решат тековните проблеми во оваа област и иницијатива за понатамошна реализација на поголем број вакви трудови кои би имале големо теоретско и практично значење.

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА

При изработка на овој магистерски труд користена е обемна стручна литература составена од: стручни книги од домашни и странски автори, проекти за флотациски јаловишта, научно-истражувачки проекти, магистерски трудови, трудови од симпозиуми, каталози на производи, брошури, извештаи од проектантски надзор, закони, правилници, стандарди, планови, стратегии, интернет-страници, разни други извештаи и сл.

За потенцирање е Научно-истражувачкиот проект од 2003 година со наслов „Геотехничко-еколошки аспекти на проектирање на конструкции со геосинтетици“ изработен од Градежен факултет - Скопје, при што со овој истражувачки проект се поставени темелите за инженерство со современи материјали за заштита на животната средина во Република Македонија.

За одредени современи технички решенија во Република Македонија користени се проектите и извештаите од проектантски надзор на хидројаловиштето Тораница - Крива Паланка, изработени од „ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО“ - Скопје.

За статистичкиот метод за генериран флотациски отпад во Република Македонија, искористени се податоци земени директно од компаниите кои стопанисуваат со рударските капацитети.

Користена е литература со приказ на примената на геосинтетици во странство на најразлични проблематики, со цел задоволување на еколошките аспекти.

Користена е литература од објавени магистерски трудови кои третираат управување со комунален цврст отпад во Република Македонија, практики за одлагање на отпад усогласени со тековните европски стандарди и сл.

Користени се податоци од интернет-страници, списанија и статии каде се третирани проблематики од одлагање на отпад во светот.

Каталозите и брошурите, исто така, се значајна литература овој труд да биде збогатен со фотографии и податоци за третираните современи материјали.

3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Експлоатацијата со флотациските јаловишта треба да биде редоследно поставена и синхронизирана за флотациската јаловина да не биде причина за непожелни појави, како што се: загадување на површинските и подземните води, загадување на околното земјиште, загадување на воздухот, ширење на разни болести, проблеми со околното население и друго.

Да се избегнат негативните ефекти кои ги предизвикуваат флотациските јаловишта потребно е адекватно управување со јаловиштата според светските стандарди со избор на безбедна локација на која на контролиран начин ќе се одлага флотациската јаловина.

Во Република Македонија со флотациски јаловишта оперираат рудниците: Бучим - Радовиш, Саса - Македонска Каменица, Злетово - Пробиштип и Тораница - Крива Паланка. Во минатото речиси сите јаловишта имале одредени проблеми или хаварији, како што се оштетување на дел од инсталациите за одвод (колектор, опточен тунел, шахти и сл.) и излевање на флотациска јаловина низводно во реките, со нанесување штети на околното население и на животната средина. Во минатото овие рудници одредени периоди биле во експлоатација, па одредени периоди не работеле, како

резултат на нерентабилност, додека денес сите се приватизирани и се во експлоатација. Некои од јаловиштата и денес се среќаваат со одредени проблеми.

Основните проблеми кои негативно влијаат врз квалитетот на животната средина произлегуваат од состојбите во организацијата на системот за одлагање на флотациската јаловина.

Генерално, во доменот со управување со флотациската јаловина од страна на државата се донесуваат законски мерки во корелација со Европските директиви.

Имплементација на еден систем на одржливо управување со флотациските јаловишта во Република Македонија и поставување на стандардите за современи флотациски јаловишта со примена на современи материјали ја претставува и општата, односно, главната хипотеза на овој труд и кои би биле можните позитивни ефекти и придобивки за животната средина.

Од вака поставената хипотеза произлегуваат неколку поттези:

- имплементација и спроведување на потребните законски мерки и казни мерки за оние субјекти кои неадекватно управуваат со флотациските јаловишта;
- постоечките флотациски јаловишта во иднина ќе бидат во согласност и според политиката на ЕУ;
- модерните флотациски јаловишта ќе бидат усогласени со условите и карактеристиките на реонот на кој се планира нивната изградба и притоа ќе бидат рационално согледани економските, технолошките и техничките решенија;
- примена на еколошки погодни и современи материјали како што се геосинтетичките при изведбата на флотациските јаловишта;
- во иднина со посовремени методи на минералната технологија од флотациската јаловина ќе се извлекува заостанатиот концентрат од корисните елементи;
- доброто менаџирање со флотациските јаловишта ќе резултира со заштита на животната средина и безбедно експлоатирање со јаловиштата.

Може да се констатира дека интегрираниот пристап при управување со флотациските јаловишта и изградбата на современи флотациски јаловишта во иднина ќе значи и почиста животна средина и побезбедна околина.

Целта на истражувањето е да се утврди фактичката состојба на полето на управување со флотациските јаловишта во Република Македонија и да се истражи можноста за примена на современи материјали со цел поголема заштита на животната средина, односно:

- да се утврдат количините на генерирана флотациска јаловина на јаловиштата во Република Македонија;
- да се анализираат продуктите од процесот на разградување на одложениот материјал на јаловиштата/депониите и нивното влијание врз животната средина;
- да се изврши преглед на постоечките законски и подзаконски акти;
- да се прикаже и направи компаративна анализа на постоечките практики на управување со флотациските јаловишта во светот и во Македонија;
- да се опише инженерството со современи материјали (за македонски услови) за намалување на негативното влијание врз животната средина;
- да се направи техноекономска анализа за едно флотациско јаловиште со примена на современи материјали;
- да се сублимира постапката за добивање дозвола за изградба на флотациско јаловиште;
- да се изврши анализа на неопходните мерки и активности за проектирање и уредување на современите флотациски јаловишта, како и на мерките и активностите кои треба да се преземат за заштита на животната средина по завршување на експлоатациониот век на флотациските јаловишта;
- да се даде приказ на придобивките од успешно управување со флотациските јаловишта.

4. МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЧКАТА РАБОТА

При изработката на овој труд ќе бидат користени повеќе методи. Еден од нив ќе биде дескриптивниот метод, кој ќе се користи при описот на состојбата со управувањето со флотациските јаловишта во Република Македонија.

За определување на влијанието на флотациските јаловишта врз животната средина ќе се искористи каузалниот метод, кој ќе биде применлив при разгледувањето на негативните последици кои ги предизвикуваат флотациските јаловишта врз животната средина. Статистичкиот метод ќе се искористи за табеларен приказ на вкупната генерирана флотациска јаловина во Република Македонија.

Во истражувањето ќе се примени и компаративниот метод, со кој ќе се овозможи споредување на состојбата со управување со флотациската јаловина помеѓу Република Македонија и другите поразвиени земји од светот. При користењето податоци од интернет, печатените медиуми, стручни семинари, релевантни стратешки документи, законски и подзаконски акти, ќе се искористи методот анализа на содржина.

Во главното излагање, проблематиката ќе биде заокружена во една целина со приказ на можните идни решенија со примена на современи материјали и начинот на кој ќе се подобри состојбата со постојните флотациски јаловишта и инженерство со идните флотациски јаловишта во Република Македонија.

5. ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Во Република Македонија со флотациска јаловина оперираат рудниците:

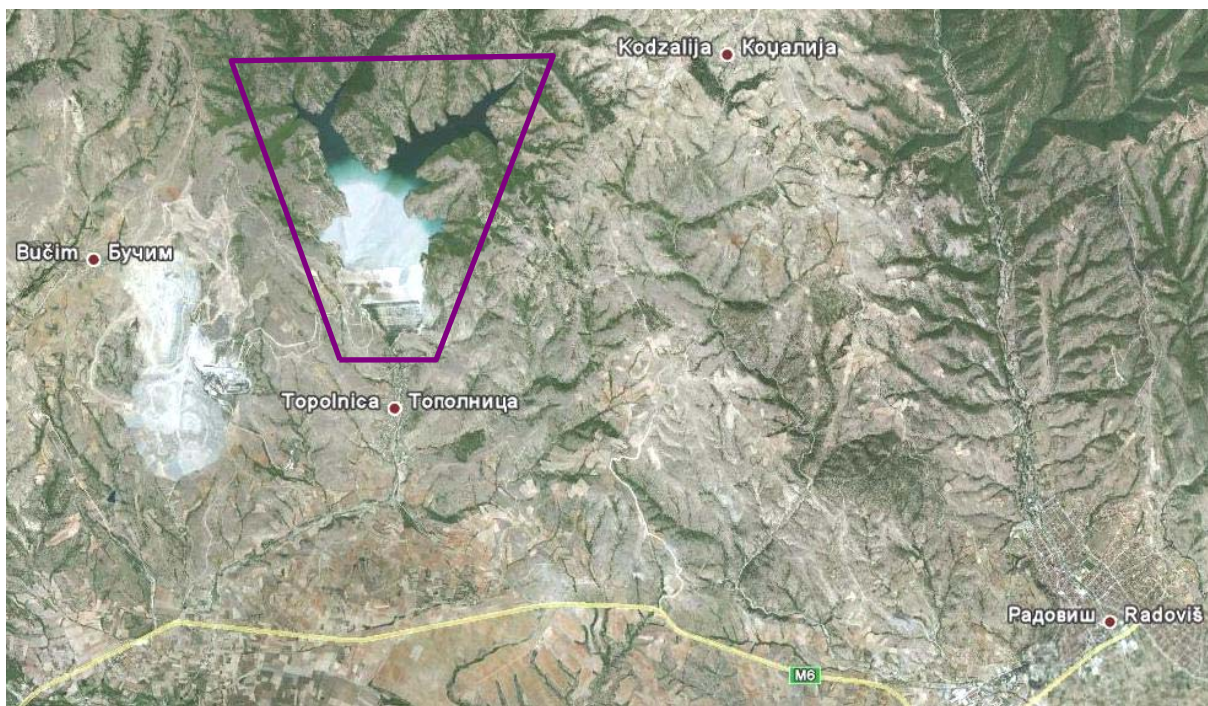
- Рудникот Бучим - Радовиш за бакарна руда;
- Рудникот Злетово - Пробиштип за олово-цинкова руда;
- Рудникот Саса - Македонска Каменица за олово-цинкова руда;
- Рудникот Тораница - Крива Паланка за олово-цинкова руда.

Овие рудници флотациската јаловина ја одлагаат на специјално уредени простори т.н. флотациски јаловишта (хидројаловишта). Во досегашниот период на експлоатација на споменатите рудници депонирани се големи количини на флотациска јаловина. Флотациските хидројаловишта потребно е да обезбедат одржлив развој за заштита на животната средина и потребно е постојано унапредување при управувањето со флотациска јаловина.

Во минатото при експлоатација на руда на хром, арсен и антимон во рудникот Лојане - Куманово, формирано е јаловиште Лојане. Ова јаловиште е старо повеќе од 30 години и сè уште има негативни влијанија по животната средина. Исто така, јаловиште е создадено и од рудникот за хром Југохром - Јегуновце, кое јаловиште е санирано преку проект на Министерството за животна средина и Европската унија.

5.1. Флотациски јаловишта

Јаловиште Тополница - служи за акумулирање/депонирање на флотациската јаловина во вид на пулпа. Локациски јаловиштето е поставено на околу 1,5 km од погонот флотација и на околу 10 km од градот Радовиш (сл. 1).



Слика 1. Сателитска снимка на хидројаловиште Тополница

Figure 1. Satellite image of Topolnica tailing dump

Акумулираниот простор се наоѓа по течението на реката Тополница, при што преградата е составена од иницијална брана, а потоа со самиот процес на флотација се изградува телото на браната со хидроциклониран песок - флотациска јаловина, додека преливот се одлага во таложно езеро. Избистрената/одлежаната вода од таложното езеро со систем на пумпи

(понтони) се враќа во технолошкиот процес (флотација), односно се врши рециркулација на водата, што од еколошки аспект е поволно. Земајќи ја предвид висината на браната (сл. 2) на јаловиштето од околу 120 m, ова јаловиште претставува едно од највисоките хидројаловишта во Европа. Почетокот на експлоатација на јаловиштето е од 1979 година, а од март 2003 до средината на 2005 рудникот не работел. Во досегашниот период на одлагање на флотациска јаловина во ова јаловиште е одложено 104.883.605 t јаловина (заклучно со 2011 година). За идна експлоатација се предвидува надвишување до кота 654 mНВ, а во моментот браната на јаловиштето е изградена до кота 642 mНВ.



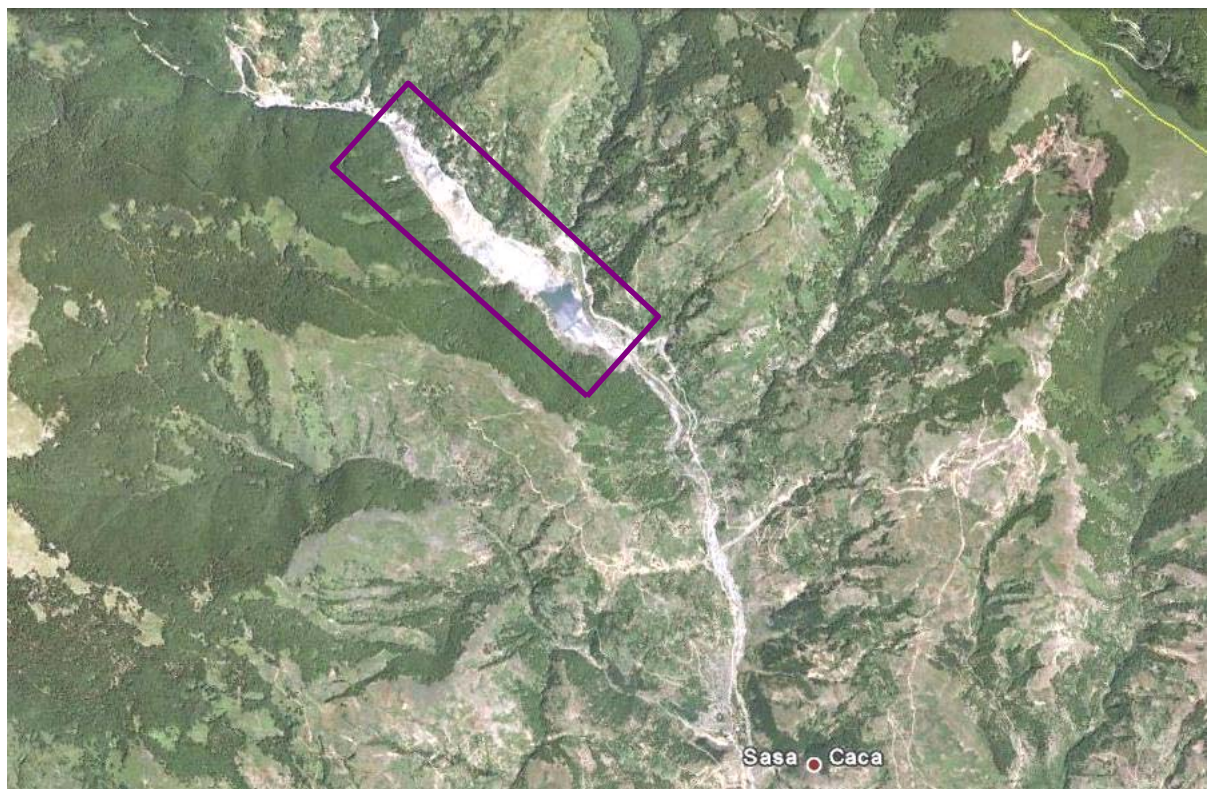
Слика 2. Хидројаловиште Тополница

Figure 2. Topolnica tailing dump

Потенцијална опасност од хидројаловиштето е загрозување на селото Тополница, кое има население од околу 1.000 жители и се наоѓа непосредно до ножицата на браната од хидројаловиштето, загрозување на водотекот од реката Тополница, која се влева во Лакавичка Река, а од која се наводнуваат земјоделски површини повеќе од 40.000 ha.

Јаловиште Саса - лоцирано е на околу 12 km од градот Македонска Каменица, околу 4 km од селото Саса (сл. 3) и непосредно до погонот флотација, во долината на Саска Река.

За потребите на флотациското јаловиште е извршена девијација на Саска Река со опточен тунел. Јаловиштето Саса е составено од три каскадни јаловишта од кои две се стари и не се во употреба. Сите јаловишта се преградени со сопствени брани, а меѓусебно се споени каскадно. Браните се изградуваат со хидроциклониран песок - флотациска јаловина, додека преливот од хидроциклонот се одлага во таложни езера. Избистрената вода од активното јаловиште прелива преку евакуациониот преливен орган - колектор во водотекот на Саска Река.



Слика 3. Сателитска снимка на хидројаловиште Саса

Figure 3. Satellite image of Sasa tailing dump

Јаловиштето бр.1 било во функција од 1964 до 1974 година со висина од 44 m и изградено до кота 1.033 mНВ. Јаловиштето бр.2 било во функција од 1974 до 1990 година со висина од 62 m и изградено до кота 1.032 mНВ. Од 1990 година во експлоатација е Ново јаловиште со градба во две фази, при

што Ново јаловиште I фаза е завршено, а во моментот во експлоатација е Ново јаловиште II фаза (сл. 4), кое ќе се надвишува до кота од 975 мНВ.



Слика 4. Хидројаловиште Саса

Figure 4. Sasa tailing dump

Рудникот Саса не работел од декември 2002 година до втората половина од 2006 година.

Во досегашниот период од обработените податоци за флотациска јаловина од рудникот Саса, пресметани се количини од 16.535.019 t јаловина (заклучно со 2011 година, а без податоци за 2001 и 2002 година), од кои количини, мал дел е искористен за пополнување на подземните простори во рудникот, додека најголем дел се депонирани на јаловиштата во рудникот Саса.

Потенцијална опасност од активното јаловиште е загрозување на селата низводно по Саска Река со население од околу 1.500 жители, како и градот Македонска Каменица со население од 10.000 жители и загрозување на водотеците од реката Брегалница и акумулацијата Калиманци, а кои служат за наводнување на земјоделските посеви (>150.000 ha).

Јаловиште Злетово - е лоцирано во непосредна близина на градот Пробиштип (сл. 5) и непосредно до погонот флотација.

Вкупниот акумулационен простор се наоѓа по течението на Киселичка Река (девијација со отворен канал). Постојат пет јаловишта, од кои четири се заедно, а петтото (ново) е независно. Начинот на изградба на браните е со хидроциклониран песок - флотациска јаловина, додека преливот од хидроциклонот се одлага во таложни езера. Избистрената вода од новото (активно) јаловиште прелива преку евакуациониот преливен орган - колектор во Киселичка Река.



Слика 5. Сателитска снимка на активно хидројаловиште Злетово

Figure 5. Satellite image of Zletovo tailing dump

Јаловиштето бр.1 било во функција од 1928 до 1944 година, јаловиштето бр.2 и бр.3 биле во функција од 1945 до 1970 година, јаловиштето бр.4 било во функција од 1970 до 1976 година, а потоа е започнато со експлоатација на Ново јаловиште со градба во две фази, при што во експлоатација е Ново

јаловиште I фаза (сл. 6) кое ќе биде во функција до кота 495 mНВ и висина од 51 m. За наредно одлагање во функција ќе биде Ново јаловиште II фаза, кое ќе се гради до кота од 505 mНВ и висина од 61 m.



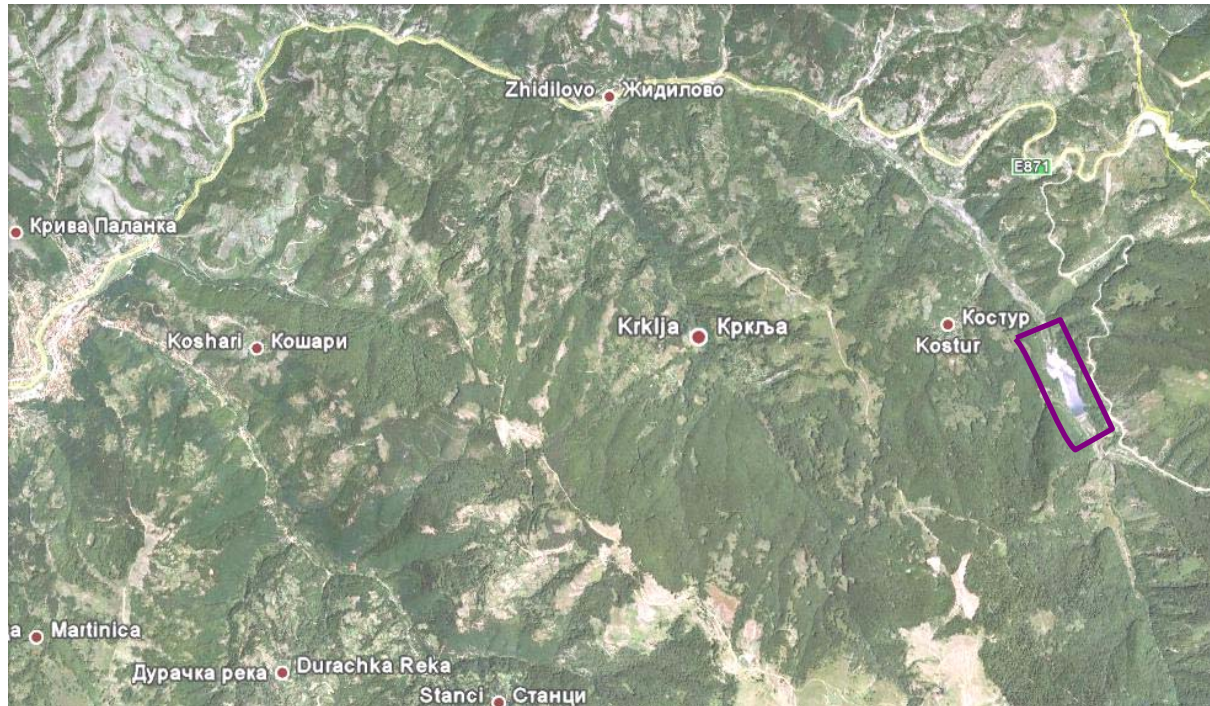
Слика 6. Хидројаловиште Злетово
Figure 6. Zletovo tailing dump

Рудникот Злетово не работел од септември 2002 година до јануари 2007 година.

Во досегашниот период на одлагање на флотациска јаловина во јаловиштата на рудникот Злетово е одложено околу 18.353.437 t јаловина (заклучно со 2011 година).

Потенцијална опасност од јаловиштето е загрозување на селата низводно по Киселичка Река со население од околу 500 жители, загрозување на водотеците од Киселичка Река која се влива во реката Брегалница, а која вода служи за наводнување на земјоделските посеви (>50.000 ha).

Јаловиште Тораница - се наоѓа во долината на Крива Река, на 4 km низводно од погонот флотација и на околу 10 km од градот Крива Паланка (сл. 7).



Слика 7. Сателитска снимка на хидројаловиште Тораница
Figure 7. Satellite image of Toranica tailing dump

За потребите на флотациското јаловиште е извршена девијација на Крива Река со опточен тунел, а просторот возводно е заграден со камено-земјена ретензиона брана. Песочната брана се гради низводно со хидроциклониран флотациски песок, додека преливот од хидроциклонот се одлага во таложно езеро. Избистрената вода од таложното езеро во минатото преливала преку евакуационен преливен колектор, додека во моментот поради надградба на ретензионата брана евакуацијата на вода од таложното езеро се врши со помош на пумпа преку колекторот, а водата од колекторот преку таложни базени се испушта во Крива Река.

Почетокот на експлоатација на јаловиштето е од 1987 година, а од јануари 2001 до октомври 2007 рудникот не работел. Во досегашниот период на одлагање на флотациска јаловина во ова јаловиште е одложено 3.466.931 t јаловина (заклучно со 2011 година). За идна експлоатација се предвидува

надвишување до кота 990 mНВ, односно вкупна висина на песочната брана од околу 70 m. Во тек се активности за надвишување на ретензионата брана до кота од 990 mНВ. Ретензионата брана се надвишува со флотациски песок со примена на современи материјали, а таложното езеро е во централниот дел од јаловиштето (сл. 8).



Слика 8. Хидројаловиште Тораница

Figure 8. Toranica tailing dump

Потенцијална опасност од јаловиштето е загрозување на селата низводно по Крива Река, со население од околу 750 жители, загрозување на водотекот од Крива Река, како и градот Крива Паланка со население од околу 15.000 жители.

Јаловиште Лојане - се наоѓа на 10 km од градот Куманово, помеѓу селата Ваксинце и Лојане (сл. 9), лоцирано непосредно до асфалтниот пат Ваксинце-Лојане. Ова јаловиште е формирано во периодот од 1953 до 1979 година.

Ова јаловиште не е санирано, и при врнежи, честички од контаминирани материјали од јаловиштето се разнесуваат по околниот терен (сл. 10).

Потенцијална опасност од јаловиштето е загрозување на околното население и земјоделските посеви, а најкарактеристично е што во непосредна близина на јаловиштето се наоѓаат училиште и спортски игралишта.



Слика 9. Сателитска снимка на јаловиште Лојане
Figure 9. Satellite image of Lojane tailing dump



Слика 10. Јаловиште Лојане
Figure 10. Lojane tailing dump

Во склоп на јаловиштето Лојане е и депонијата за концентрат на арсен и антимон со количина од околу 10.000 t материјал, која постои повеќе од 30 години (како што е прикажано на сл. 11), а во непосредна близина на депонијата има училиште. И оваа депонија за концентрат има негативни ефекти по околината, а посебно на учениците кои учат и спортуваат во непосредна близина.



Слика 11. Депонија на концентрат на арсен и антимон во Лојане
Figure 11. The arsenic and antimony dump of concentrate in Lojane

5.2. Генерирана флотациска јаловина во Република Македонија

Вкупната количина на генерирана флотациска јаловина на активните јаловишта во Република Македонија е прикажана во следната табела (таб. 1), додека на следната слика (сл. 12) е прикажано процентуалното учество со кое активните рудници учествуваат во вкупната флотациска јаловина генерирана во Република Македонија.

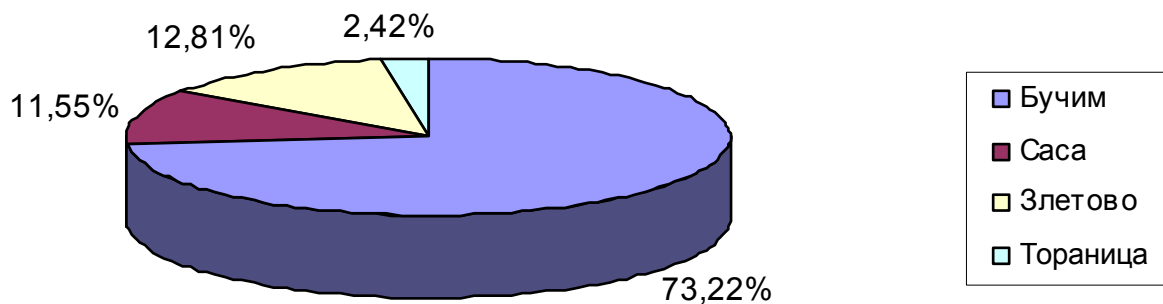
Табела 1. Генерирана флотациска јаловина во Република Македонија¹

Table 1. Flotation tailing generated in Republic of Macedonia

Година Year	Рудник Злетово Zletovo mine (t)	Рудник Саца Sasa mine (t)	Рудник Бучим Bucim mine (t)	Рудник Тораница Toranica mine (t)	Вкупно по година Total per year (t)
1939 ÷ 1953	880.000				880.000
1954					
1955					
1956					
1957					
1958					
1959					
1960					
1961					
1962					
1963					
1964					
1965					
1966		87.820			87.820
1967		179.652			179.652
1968		221.333			221.333
1969		220.234			220.234
1970		236.294			236.294
1971		243.262			243.262
1972		226.142			226.142
1973	6.800.000	239.488			7.039.488
1974		257.396			257.396
1975		304.662			304.662
1976		335.377			335.377
1977		366.369			366.369
1978		412.640			412.640
1979	3.000.000	413.222	504.087		3.917.309
1980	402.568	401.963	2.602.647		3.407.178
1981	405.707	430.620	2.366.779		3.203.106
1982	422.157	410.811	3.363.510		4.196.478
1983	412.958	444.344	3.775.862		4.633.164
1984	411.196	463.626	3.133.820		4.008.642
1985	417.451	476.759	3.197.975		4.092.185
1986	417.876	496.355	3.485.772		4.400.003

¹ Податоци добиени од компаниите кои стопанисуваат со рударските капацитети

Година Year	Рудник Злетово Zletovo mine (t)	Рудник Сага Sasa mine (t)	Рудник Бучим Bucim mine (t)	Рудник Тораница Toranica mine (t)	Вкупно по година Total per year (t)
1987	433.685	495.655	3.562.409	37.933	4.529.682
1988	413.991	509.413	3.849.620	193.745	4.966.769
1989	445.472	504.941	3.753.838	236.999	4.941.250
1990	383.341	515.003	3.628.610	289.073	4.816.027
1991	360.617	528.060	3.519.841	258.996	4.667.514
1992	306.773	489.621	3.558.099	200.859	4.555.352
1993	303.435	479.828	3.696.046	211.174	4.690.483
1994	235.132	423.526	3.376.522	171.265	4.206.445
1995	193.865	409.307	3.853.662	153.923	4.610.757
1996	167.824	378.889	3.859.977	184.014	4.590.704
1997	185.926	326.000	4.072.629	221.771	4.806.326
1998	131.871	355.800	3.664.653	255.977	4.408.301
1999	130.230	324.100	3.267.194	145.756	3.867.280
2000	172.826	331.358	3.674.197	145.912	4.324.293
2001	166.688	-	2.537.573	0	2.704.261
2002	76.909	-	2.271.465	0	2.348.374
2003	0	0	319.877	0	319.877
2004	0	0	0	0	0
2005	0	0	2.418.610	0	2.418.610
2006	0	0	3.969.371	0	3.969.371
2007	114.675	668.360	3.910.381	19.155	4.712.571
2008	112.131	760.336	4.109.952	227.028	5.209.447
2009	157.195	769.480	3.619.230	183.411	4.729.316
2010	152.650	722.130	4.023.918	172.732	5.071.430
2011	138.288	674.843	3.935.479	157.208	4.905.818
Вкупно Total	18.353.437	16.535.019	104.883.605	3.466.931	143.238.992



Слика 12. Процентуално учество на генерирана флотациска јаловина

Figure 12. Share of flotation tailing generated

Од презентираниите податоци за генерирана флотациска јаловина следува дека во 2008 година е генерирана најголема количина на флотациска јаловина од 5.209.447 t. Во досегашниот период на депонирање на флотациска јаловина, најголема количина е депонирано од рудникот за бакар Бучим и тоа количина од 104.883.605 t јаловина, односно во вкупната генерирана количина во Република Македонија рудникот Бучим учествува со 73,22 %.

6. ВЛИЈАНИЕ НА ФЛОТАЦИСКИТЕ ЈАЛОВИШТА ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА²

Флотациските јаловишта во одредени услови и периоди можат да бидат големи загадувачи на непосредната околина, на површинските и подземните води и на воздухот. Значи, преку земјиштето, водата и воздухот, флотациските јаловишта влијаат на животната средина и на целокупниот растителен и животински свет. Флотациските реагенси кои се употребуваат во технолошкиот процес, како и растворените соли на тешките метали обично се присутни во водите кои се испуштаат од јаловиштата. Овие води, покрај остатоци од флотациските реагенси (ксантати, феноли, цијанидни соединенија, висока базичност или киселост), содржат и јони на тешки метали (Pb, Zn, Cu, Cd, Fe и др.), како и ниска содржина на кислород и други нечистотии.

Влијанието на флотациските јаловишта врз животната средина, во услови на проектирање и контролирана експлоатација,

може да се разгледува низ следните елементи:

- заземање на земјиштето за нивно формирање;
- загадување на површинските водотеци со испуштање на вишокот или целокупните води од таложното езеро и со испуштање на дренажните води;
- загадување на подземните водни текови со филтрационите и провирните води;
- загадување на воздухот со најситни честички од исушената јаловина, кои се разнесуваат под дејство на воздушните струења;
- загадување на земјиштето при таложеење на честичките разнесени со воздушните струења или негова контаминација со загадените води;

² Крстев, Б., Голомеов, Б., (2008). Флотациски хидројаловишта, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип

- потенцијална опасност од хаварии при рушење на браните, при продор на јаловина низ објектите (колектор, опточен тунел, шахти, други цевководи и сл.), кои може да резултираат со големи материјални штети и можни човечки жртви.

6.1. Влијание на флотациските хидројаловишта врз водите

Најсериозен проблем од еколошки аспект, поврзан со складирањето на флотациската јаловина во јаловиштата е испуштањето на контаминираниите води во површинските и подземните текови. Овој проблем е покомплексен кај површинските текови.

Влијанието врз површинските води е лесно видливо. Имено, вишокот на избистрена вода, или на некои јаловишта целокупната избистрена вода се испушта. Приемници на тие води се најблиските водотеци. Најголемиот дел од водите се испуштаат преку преливниот колектор, а додека мал дел (филтрациони и процедурни води) се испуштаат во вид на дренажни води. Еден дел од дренажните води се филтрира во подземните текови. Покрај сите мерки за контрола и подобрување на квалитетот (избистрување по пат на повеќедневно одлежување) на водата која се испушта, во некои периоди можно е испуштање на контаминирани води.

Растворените тешки метали заедно со флотациските реагенси формираат мошне стабилни и каустични раствори, кои бавно се деконцентрираат во природни услови. Овие раствори директно влијаат на опстанокот на животинскиот и растителниот свет во водите. Недостатокот на растворениот кислород во водата исто така има негативно влијание, поради тоа што е неопходен за сите форми на живот кои егзистираат во водите.

Долготрајното испуштање на контаминираниите води во водите на реките, доведува до тоа најголем дел од растителните и животинските форми во водите на едно мошне големо подрачје да бидат уништени, а нивното место заземено од оние растенија и животни што имаат поголем степен на резистентност. Под дејство на штетните компоненти овие растителни и животински форми трпат низа физиолошко - биохемиски промени, истовремено натрупувајќи големи количини на штетни материи во своите органи. Овие

материи, преку организмите кои се дел на глобалниот ланец на исхрана, стигнуваат до други животински форми, па дури и до човекот.

Исто така, како резултат на долготрајно испуштање на контаминирани води доаѓа до таложење на штетни материи по страните на коритото и околу него, со што доаѓа до контаминација и на околното земјиште. Значи, водата претставува транспортер на штетни материи.

Сите погоре изнесени констатации за влијанието на јаловинските депонии врз површинските водотеци се однесуваат на услови на нивна контролирана експлоатација. Во пракса многу често, како резултат на разни објективни и субјективни фактори, настануваат неконтролирани состојби, кои доведуваат до тоа, во краток временски период емисијата на штетности во водата да се зголеми повеќекратно. Причина за нивна појава најчесто се помали или поголеми откажувања во транспортниот систем на флотациската јаловина, како и дефекти на другите помошни системи на јаловинската депонија. Посебно е опасно ако дојде до директно излевање на флотациска јаловина во водотеците.

Во случај да дојде до заматување на водата во таложното езеро, преливниот колектор треба да се зачепува сè до избистрување на водата. Квалитетот на преливните и дренажните води подлежат на контролни мерења со кои се опфаќа одредување на нивната физичко - механичка чистота (цврст остаток), хемиско - токсични елементи и рН вредноста на водите.

Дел од водата од јаловиштето понира (поради немање изолационен слој), при што можат да бидат загрози и подземните води. Меѓутоа, негативното влијание врз подземните води е во значително помала мера. При секое надградување на браната доаѓа до истекување на дел од водата низ почвата, сè до моментот на самохидроизолација (самозатнување).

Кај рамничарските јаловишта посебен проблем е појавата на бари во околното земјиште. Карактеристично е за подрачјата со висок подземен водостој. Значи, водата продира преку јаловиштето и низ околниот терен избива на површината и на тој начин создава водени бари со барска вегетација, кои немаат никакво значење.

6.2. Влијание на флотациските јаловишта врз воздухот

Влијанието на флотациските јаловишта врз воздухот е изразено со аерозагадување. Под дејство на воздушните струења, исушените честички од исталожената флотациска јаловина се разнесуваат по околниот простор. Овие влијанија се перманентни и неизбежни без оглед на применетата технологија на депонирање. Тие се во директна зависност од климатските фактори, така што аерозагадувањето е посебно интензивно во летниот период.

Аерозагадувањето се карактеризира со лесна воочливост, така што окоlnото население најмногу и најчесто реагира поради него. Ваквото загадување неповолно се одразува како на растителниот, така и на животинскиот свет, а пред сè на луѓето кај кои предизвикува цела низа заболувања, особено на респираторните органи. Причина за тоа е агресивноста на прашината, што е резултат на специфичниот минералоски состав на истата, која може да содржи тешки метали, силициум и сл.

Најголемо аерозагадување се јавува од активните јаловишта, при што како извори на аерозагадување се јавуваат во прв ред од круната на браната, од косините на браната, но и од сувите плажи од акумулационото езеро. За аерозагадувањето значајно е каква е климата во подрачјето на јаловиштето, дали јаловиштето е ограничено со високи брда, како и правецот на простирање на јаловиштето. Сепак, најзначајно е дали подрачјето изобилува со воздушни струења.

Под дејство на воздушните струења, од големите слободни површини на косините, како и од круната на браната можат да се дигаат големи облаци од прашина, кои зависно од интензитетот на ветерот можат да се шират на мошне големи површини. Ова дејство е со голем интензитет посебно во летниот период кога површините на јаловиштата се суви. Притоа, воздушните струења можат значително да ја оштетуваат круната на браната така што оштетувањето на годишно ниво може да биде и од поголеми размери. Како резултат на еолската ерозија се јавуваат проблеми во обликувањето на завршната форма на насипот, кои бараат дополнително ангажирање за потребните поправки.

Јаловинската прашина е мошне агресивна, што се должи на нејзиниот специфичен минералоски состав, а со тоа е мошне опасна по здравјето на луѓето. Покрај тоа, големите количини на прашина дополнително

предизвикуваат цела низа проблеми кај околното население и тоа од најразлична природа.

Исто така, како резултат на аерозагадувањето, преку воздушните струења ситните честички од јаловината се таложат на околниот простор при што доаѓа и до контаминација на земјиштето. Зависно од интензитетот на воздушните струења можат да бидат зафатени мошне големи површини.

6.3. Влијание на флотациските јаловишта врз земјиштето

Влијанието на флотациските јаловишта врз земјиштето е двојно:

- директно влијание, изразено преку физичкото заземање на земјиштето на кое се формира јаловиштето, и

- индиректно влијание, изразено преку загадувањето на околното земјиште со контаминирани води и со дисперзија на јаловинската агресивна прашина со воздушните струења.

Заземањето на земјиштето за формирање на хидројаловиштето е нужност која произлегува од технолошкиот процес на валоризацијата на минералните сировини.

Изборот на микролокација за хидројаловиште е комплексен проблем, чие решение претставува компромис од голем број различни спротивставени услови (технолошки, геотехнички, економски, еколошки, урбанистички). Посебно се проблематични јаловиштата кои се формираат во рамничарските предели, бидејќи на тој начин го заробуваат плодородното земјиште. Со формирање на јаловишта доаѓа до промена на релјефот, како и до климатски промени на микролокацијата, коишто промени се доста значајни за растителниот и за животинскиот свет. По завршување со експлоатација на јаловиштата, со одредени постапки на рекултивација овие терени можат пак да заживеат.

Загадувањето на околното земјиште е посебно значаен проблем од повеќе причини. Како прво, со индиректното загадување на земјиштето се деградираат многу големи површини. Поради долготрајното емитување на штетностите (со водата и воздухот како транспортни медиуми), нивната концентрација во почвата постојано се зголемува, со што доаѓа до глобално деградирање во почвата на еден голем регион. Оваа појава посебно е

изразена по должината на водните текови, во кои се испуштаат отпадните води од флотациските јаловишта.

Високата содржина на тешки метали во земјиштето директно се одразува на квалитетот на почвата, при што ги нарушува процесите на формирање на хумусниот материјал. Тешките метали кои заемно дејствуваат со хумусните материји ги раскинуваат нивните врски со минералниот дел на почвата, што доведува до деструкција на почвената структура и делумно губење на хумусот, како и до намалување на антиерозивната способност на почвата.

Од загадената почва тешките метали навлегуваат во растенијата, предизвикувајќи низа физиолошко - биохемиски нарушувања кај нив. Голем дел од овие растенија покажуваат висока толерантност и способност за натрупување на тешките метали во нивните органи, така што успешно опстануваат и на вакви метализирани подлоги. Оваа резистентност на одредени растенија, меѓу кои и кај некои градинарски култури, може да биде посебно опасна, бидејќи истите се користат во човековата исхрана. На реоните околу флотациските јаловишта треба да се вршат контаминациски анализи на почвата. Доколку се утврди дека некои почви се контаминирани, би требало да се забрани земјоделско производство на тие почви и да се преземат мерки за рекултивирање и враќање на бонитетот на тие загроени почви.

6.4. Влијание на хемикалиите и тешките метали врз здравјето на човекот³

Во процесот на влажната хемиска обработка на рудата при влажнењето, после мелниците и спиралните класификатори се користат различни додатоци и реагенси за постигнување на потребниот рН фактор и за флотирање на металните руди.

Според расположливите податоци, за флотирање на металните руди се користат следните хемикалии: натриум цијанид, бакар сулфат, калциум оксид (варно млеко), калиумамилксантат, калциум карбонат и пенливци дауфрот 250.

³ ГИМ (2006), Студија за санација и рекултивација на старото хидројаловиште РОЦ „Злетово“ - Пробиштип, Точка 4.8, 4.9 и 4.11

Податокот дека се користат хемикалии во процесот на подготовка и преработка на рудата за добивање на олово-цинкови и бакарни концентрати, а притоа не е користен системот за пречистување, укажува дека истите во оригинален или во видоизменет хемиски состав се депонирани на хидројаловиштата и се содржат во јаловината.

Во продолжение се презентирани карактеристиките на некои хемиски материји кои се користат како додатоци при подготовка и преработка на олово-цинковата и на бакарната руда.

Цијаниди: Јоните на цијанидот, обично одат заедно со други елементи како што се водородот, натриумот и калиумот. Јонскиот цијанид обично се наоѓа придружен од други елементи како што се водородот, натриумот или калиумот.

Изложувањето на ниски концентрации на цијанид можат да предизвикаат проблеми во дишењето, срцеви болки, повраќање, промени во крвта, главоболки, вртоглавици и зголемување на тироидната жлезда. Цијанидот е екстремно токсичен, така што и кусото изложување на високи концентрации предизвикува речиси моментален колапс, престанок на дишењето и смрт.

Ксантати: Ксантатите се добиваат од алкохол и од јаглеродендисулфид во присуство на алкалните метали, како што се натриумот, калиумот, рубидиумот, цезиумот или франциумот. Најважната група ксантати се натриумовите соли добиени од целулозата.

Некои ксантати се употребуваат како флотациони агенси за концентрирање на извесни метални руди. Опасноста за здравјето на луѓето и за околината зависи од видот на ксантатите за кои станува збор.

Тешки метали е заедничкото име за металите и металоидите кои имаат атомска маса поголема од 6 gr/cm^3 . Многу од овие метали се токсични во многу ниски концентрации. Тие се постојани во природата и имаат потенцијал да се биоакумулираат во синџирот на исхрана. Тешките метали ослободени во водената средина најмногу се врзуваат со одложените материјали и на крајот се акумулираат во седиментите.

Металите се присутни во сите делови од човековата околина. Некои од металите во одредени количини се важни за одржување на животните функции, додека некои метали можат да бидат штетни за човечкиот организам.

Со развојот на рударството во одредени периоди (неконтролирани услови), доаѓа до зголемување на количините на некои тешки метали во елементите од животната средина.

За разлика од природните извори, металите настанати со човековата активност се појавуваат во необични физички и хемиски форми, спрема кои организмот сè уште нема развиено одбранбен механизам. Еден од критериумите на штетното влијание (токсичност) претставува функционирањето на клетките на органите во присуство на одредена количина метал. Во извесна оптимална концентрација металите се неопходни за нормално функционирање на клетките, меѓутоа со зголемување или опаѓање на концентрациите, металите предизвикуваат намалување на основните функции на клетките (раст и метаболизам).

Границата помеѓу оптималната концентрација и концентрација при која се јавуваат штетни ефекти (токсичност), односно дефицит за поедини метали е различна. Сосема мало покачување на металите во елементите од животната средина може да биде опасно по човековото здравје. Вистинските вредности и области на концентрација варираат од метал до метал. Токсичноста на металите се гледа во тоа што на различни начини доаѓа до пречки во метаболизмот. На пример, тешките метали како бакарот, среброт, живата се врзуваат за аминокислотни и сулфидни групните ензимски системи, со што се блокира ензимската активност. Другата група како златото, кадмиумот, бакарот и оловото ја менуваат пропустливоста на клеточната мембрана, бидејќи реагира на сидовите од клетката.

Металите имаат големи влијанија при срцевите заболувања и заболувањата од рак. Пронајдено е, или има сомневање дека рак предизвикуваат металите: кадмиум, кобалт, хром, сребро, никел и олово, а кои метали се дел од жаловиштата во Република Македонија.

Во продолжение ќе биде даден опис на некои од тешките метали кои претставуваат опасност за животната средина.

Олово (Pb): Оловото е природен елемент со синкаво-сива боја и е тежок метал кој се наоѓа во мали количини во Земјината кора. Нема посебен мирис, ниту вкус. Оловото се користи во производството на муниција, за метални производи (цевки и сл.), батерии, бои и како заштита од X-зраци.

Загадувањето на животната средина се спроведува преку топењето и рафинирањето на оловото и со согорувањето на нафтените горива што содржат оловни адитиви. Во домаќинството оловните цевки и боите кои содржат олово се исто значаен извор на изложување. Земјените и водните растенија се познати по тоа што го акумулираат оловото во индустриски загадените средини. Оловото е сериозна закана за здравјето на луѓето и може сериозно да му наштети речиси на секој орган од човековото тело. Најчувствителен од сите е централниот нервен систем, но исто така, лесно можат да бидат погодени бубрезите како и имунолошкиот систем. Децата се особено чувствителни на труење со олово поради тоа што тие апсорбираат и задржуваат повеќе олово, во однос на нивната тежина, од возрасните. При вакви изложувања, кај децата се појавуваат тешкотии при учењето и намален раст. Поради здравствените проблеми во последните години значително е намалено нивото на оловото во бензинот, во боите, во керамичките производи и во други производи.

Оловото во Македонија се експлоатира во рудниците: Саса, Злетово и Тораница. По флотацијата во вид на оловен концентрат или мешан концентрат заедно со цинкот се транспортираат во Топилниците за натамошна преработка. При преработката на рудата еден помал дел од оловото останува во јаловинскиот материјал, кој потоа може да има последици по животната средина.

Ризикот од прашина на оловна руда за здравјето на рударите и работниците при дробење и мелење на рудата е во зависност од нејзиниот хемиски состав. Во нашите рудници рудата е составена од оловен сулфид, придружен со цинк сулфид и др. Ризик за здравјето на рударите постои таму каде што рудата е составена од оловни соединенија, лесно растворливи во вода, како што е церузитот ($PbCO_3$).

Особено голем е ризикот од оловни пареи и оловни оксиди во обоената металургија, при топењето на оловната руда.

Внесувањето на оловото во организмот може да биде преку белите дробови и преку дигестивниот тракт. Нормално здрав организам на човек содржи олово по потекло од храната, водата и воздухот. Познат е ризикот од оловен оксид (PbO), кој меѓу другото се употребува за оловна глазура на

садовите, во производството на акумулатори, во производството на кристално стакло и друго стакло. Широка примена има и оловниот оксид (PbO_2).

Некои индустриски процеси продуцираат оловни прадини кои по различен пат доаѓаат во допир со атмосферата и во допир со воздухот. По извесно разнесување на оловните прадини во атмосферата, оловните концентрации за краток временски период се таложат на површината на почвата, од каде понатаму се дистрибуираат низ почвата, површинските и подземните води.

Присуството на оловните материи во животната средина, на индиректен начин, може да дојде во допир со изворите за вода, до концентрации кои можат да бидат сериозна закана на здравјето на човекот, секако и на животинските видови и вегетацијата. Оловото преку аерозагадувањето и преку изворите на вода доаѓа во контакт со земјоделските површини кои служат за производство на земјоделски производи, кои пак производи директно се користат во исхраната на човекот и животните.

Цинк (Zn): Цинкот е тежок метал кој слободно се наоѓа во природата. Сепак, испуштањето на цинкот во животната средина од антропогените извори широко го надминува испуштањето на цинкот од природните извори.

Извори под влијание на активностите на човекот кои го испуштаат цинкот се: електроцентралите, топилниците, преработката на рудата како и рудните дренажи и ефлуентите од хемиските процеси.

Иако цинкот не се смета како особено токсичен, понекогаш кога се испушта во поголеми количини може да има многу трагични ефекти кај извесни водени видови. Цинкот е битен олигоелемент, но внесувањето на повисоки концентрации од препорачаните, дури и за кусо време, може да има многу штетни ефекти за здравјето како што се: стомачни грчеви, мачнина и повраќање. Внесувањето на високи концентрации во период од неколку месеци може да предизвика анемија и оштетување на панкреасот.

Цинкот во Република Македонија се експлоатира во рудниците: Саса, Злетово и Тораница. При преработката на рудата еден помал дел од цинкот останува во јаловинскиот материјал, кој потоа преку воздухот или водата може да се разнесе на околниот терен и да има последици по животната средина.

Бакар (Cu): Бакарот е мек тежок метал со црвеникаво-кафеава боја. Се наоѓа во природата во различни видови минерални соли и во органски соединенија, а исто така и во форма на метал.

Бакарот во Република Македонија се експлоатира во рудникот Бучим. При преработката на рудата еден помал дел од бакарот останува во јаловинскиот материјал, кој потоа преку воздухот или водата може да се разнесе на околниот терен и да има последици по животната средина.

Бакарот во мали количини е полезен за животот, но тој е токсичен во големи количини. Кај луѓето, внесувањето на количина од еден грам бакарни соли може да предизвика остра стомачна болка, повраќање, дијареја, појава на крв и на белковини во урината, зголемен притисок, кома и смрт.

Кадмиум (Cd): Кадмиумот е тежок метал со сино-бела и сиво-црна боја. Во природата кадмиумот е редок елемент, а најчесто доаѓа асоциран со оловото и цинкот. Главни извори на кадмиумот во атмосферата се процесите на екстракција и рафинирање на металите, како и преработка на останатите метали кои се содржат во мали количини како примеси (цинк, олово, бакар). При преработка на олово-цинковите руди дел од кадмиумот останува во флотациската јаловина.

Кадмиумот нема биолошки позната функција и тој е многу отровен, како за животните, така и за растенијата. Со вдишување на кадмиум, кадмиумот прво се задржува на белите дробови, а потоа се распределува по целиот организам и се акумулира во цигерот, бубрезите и слезината. Примањето поголеми количини кадмиум, во подолг период, доведува до оштетување на бубрезите и на црниот дроб, до слабеење на коските и оштетување на сетилото за мирис. Симптомите на благо труење со кадмиум се препознаваат со печење и болки во очите, суво и иритирано грло, притисок во градите и главоболка. Хроничното изложување на кадмиум предизвикува емфизема (иреверзибилна промена на белодробното ткиво), што резултира со смалување на вкупната површина на белите дробови, која е потребна за размена на кислород со јаглероден диоксид. Исто така, преку внесувањето храна и вода за пиење со високи концентрации на кадмиум, може многу опасно да се надразни stomакот, да дојде до повраќање и дијареја. Кадмиумот и неговите соединенија се канцерогени.

Железо (Fe): Железото е тежок метал со сиво-метална боја. Речиси целото комерцијално производство на железото се користи во челичната индустрија и се произведува во високи печки за топење. Чистиот метал хемиски е многу активен и брзо кородира, особено во влажен воздух или на повисоки температури. Железото е есенцијален диетален елемент кој се користи во крвните клетки за врзување на кислородот.

Железото во одредени количини го има застапено во олово-цинковите руди и во бакарните руди, а со тоа по преработката на рудите го има и во јаловинскиот материјал.

Прекумерното внесување железо се поврзува со зголемениот ризик од кардиоваскуларните болести и ракот на дебелото црево. Различни студии укажуваат на тоа дека прекумерното внесување железо може да го оштети црниот дроб и панкреасот, во некои случаи да предизвика дијабетес. Сепак, железото не претставува значајна опасност за здравјето на човекот и за околината.

Арсен (As): Арсенот е природен елемент без карактеристичен вкус и мирис. Тој е цврст и по боја е сребреникаво-сив или бело-метален. Органскиот арсен е помалку штетен од неорганскиот. Неорганскиот се сепарира за време на топењето на бакарот и оловото и се употребува во хемиската индустрија, како, на пример, во производството на пестицидите и хербицидите. Испуштен во природата тој не се разложува, но може да се менува во разни форми. Испуштен во водена средина, се таложи во ткивата на некои риби и школки. На работниците, изложени на неоргански арсенов прав во воздухот, им се иритира лигавицата на носот и на душникот. Подолгото изложување го зголемува ризикот од кардиоваскуларни заболувања и од различни видови канцер, вклучувајќи ги оние на белите дробови, на кожата, на бубрезите и на црниот дроб.

Изложувањето на помали дози на арсен може да предизвика мачнина, повраќање, дијареја, намалена продукција на црвени и бели крвни зрнца, нерегуларен срцев ритам, оштетување на крвните садови.

Во однос на испитување на тешки метали во почвата вршени се анализи во реонот на рудникот Злетово. Според расположливите податоци од анализите со кои се дефинира содржината на тешки метали во градинарските производи и тоа во листот и плодот на домотот, листот и плодот на пиперот и

тоа во пет мерни места, од кои Злетово како контролна точка, Киселица, Глобича, Стрмош и Бучиште, евидентирано е присуството на тешки метали и тоа олово, цинк, бакар, кадмиум и железо. Највисоки вредности на тешките метали се измерени во локалитетите Киселица и Стрмош, што значи дека во овие локалитети водата и почвата се најмногу контаминирани.

6.5. Влијание на флоотациските хидројаловишта врз животната средина во случај на хаварија

Излевањето на флоотациска јаловина надвор од границите на флоотациското јаловиште е сериозна опасност за животната средина и тоа посебно кога излевањето е со големи размери. До излевање може да дојде при рушење на браната или при попуштање на некој од придружните објекти. Можно е и излевање на флоотациска јаловина при дефект (пукање) на флоотацискиот пулповод, но тоа би било во помали размери, бидејќи работниците кои работат на јаловиштето благовремено би интервенирале, што не е случај кога доаѓа до рушење на браната или попуштање на некој од придружните објекти, кога излевањето трае и по неколку часови или денови без можност за интервенција.

Потенцијална опасност од рушење на браната, со што би дошло до сериозни нарушувања на екосферата, а би резултирало и со можни човечки жртви и голема материјална штета, е посебен проблем на којшто е потребно да се посвети големо внимание. Во современата светска пракса податоците покажуваат дека рушењето на браната настанува под влијание на различни фактори, при што како најдоминантни се:

- нестабилност на косините;
- преголема количина на дренажни води;
- земјотреси;
- поплави;
- ерозија на околното земјиште, и
- други влијанија.

Голема е опасноста и при излевање на флоотациска јаловина преку некој од објектите како што се: преливни колектори, опточни колектори, заштитни

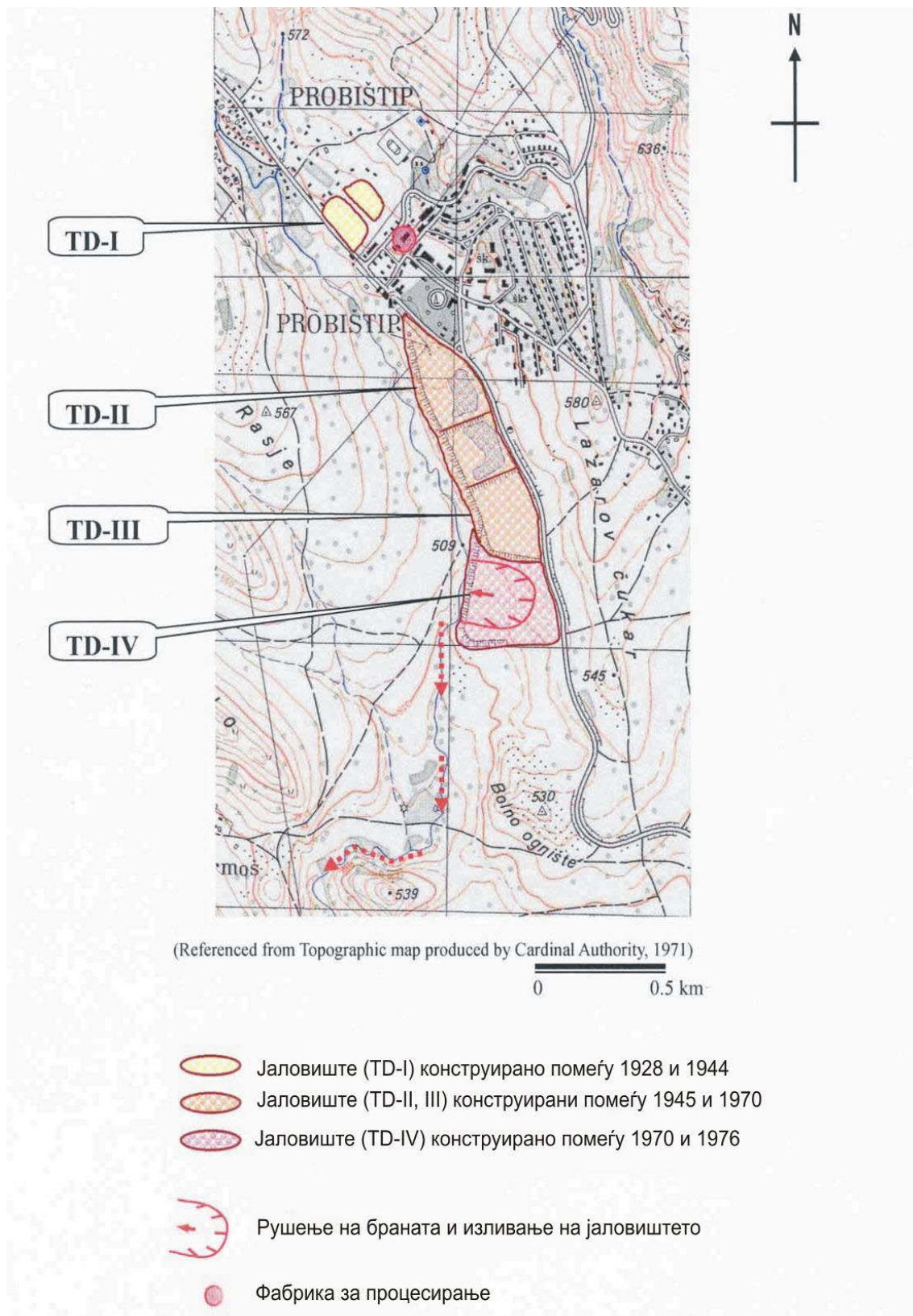
колектори и други објекти. Фактори кои влијаат на попуштање на овие објекти се:

- лошо изведени фундаменти;
- лоша проценка за продолжување на векот на објектите;
- ненавремено преземени мерки за санација на некој од објектите, и
- други влијанија.

Значи, при несакани хаварии големи количини флотациска јаловина со водата како транспортер се разнесуваат на големи далечини, понекогаш и на неколку десетици километри. Најчесто тоа се подрачја околу речните корита, а понекогаш флотациската јаловина стигнува и до некои езера. На тој начин, доаѓа до нарушување на природната рамнотежа во тие подрачја наталожувајќи се со флотациска јаловина. Големи површини можат да бидат зафатени од флотациската јаловина. Штетните материји (хемикалии, тешки метали и др.) од флотациската јаловина навлегуваат во земјиштето врз кое е наталожена јаловината и можат да ги загрозат и подземните води.

Во нашата држава досега се евидентирани три поголеми хаварии на флотациските јаловишта, кои прилично нанесоа штети на водите, воздухот, а особено на земјиштето. Тоа се хавариите на јаловиштата од рудниците Злетово, Бучим и Саса.

Во рудникот за олово и цинк Злетово - Пробиштип на 01.03.1976 година се случува хаварија на јаловиштето бр. 4 (сл. 13), кое јаловиште било со висина од 15 m. Како резултат на филтрациони нарушувања доаѓа до рушење на насипот од браната и излевање на околу 300.000 m³ флотациска јаловина од вкупно депонираната 1.000.000 m³. Излеаната јаловина ги загрозила и загадила водите од речните текови, при што градот Штип останал без вода 24 часа.



Слика 13. Хаварија на јаловиштето Злетово⁴

Figure 13. Incident of Zletovo tailing dump

⁴ Годишен извештај од обработени податоци за квалитетот на животната средина за 2006 година (Почва)

Во рудникот Бучим на 20.07.1998 година, како резултат на пробој на флотациска тиња во колекторот, истекоа неколку илјади кубни метри флотациска јаловина, која се наталожи по коритото на реката Тополница. Оваа појава потоа делумно се санира, но на 25.01.1999 година доаѓа до повторно истекување на јаловина од колекторот, но овој пат со помал интензитет од оној во јули 1998 година.

Во рудникот Саса, катастрофата беше од многу поголеми размери и се случи во време кога рудникот беше во прекин со работа. Се случи на 30.08.2003 година, кога дошло до пробој на флотациската јаловина во ревизиона шахта, па во оптичниот тунел и на тој начин истекоа 160.000 m³ флотациска јаловина, а на јаловиштето се формира кратер (сл. 14) со дијаметар од 120 m до 160 m и длабина од околу 35 m.



Слика 14. Кратер на јаловиштето Саса

Figure 14. Crater of Sasa tailing dump

Флотациска јаловина беше разлеана околу речното корито на Каменичка Река (сл. 15), а еден помал дел, стигна и го загрози и езерото Калиманци. Оваа јаловина со суспендирани материи со тешки метали, подолго време ќе влијае на флората и фауната на Каменичка Река, езерото Калиманци и земјиштето на потегот Саса - Македонска Каменица.



Слика 15. Излеана флотациска јаловина од јаловиштето Саса
Figure 15. Flotation tailing spilled from Sasa tailing dump

Во рудникот Тораница во минатото се имаат случувано помали хаварии на пулповодот за флотациска јаловина, во делот помеѓу погонот флотација и флотациското јаловиште, а една од тие хаварии се случи на 11.11.2011 година, кога поради слегнување на теренот во зоната на пулповодот и пукање на цевка се излеа одредена количина јаловина во Крива Река.

Последиците од ваквите хаварии, посебно хавариите со поголеми размери, се огромни. Се загрозуваат земјиштата на поширок терен (сл. 16), а се загрозуваат и речните и езерските води. Дел од хемикалиите и тешките метали го загрозуваат земјиштето покрај реките, се загрозуваат водите за

пиење, а на тој начин се загрозува и здравјето на човекот. Па токму затоа, флотациските хидројаловишта често пати се нарекуваат „флотациски атомски бомби“, бидејќи понекогаш знаат и многу да ја загрозат животната средина и да го загрозат здравјето на човекот.



Слика 16. Последици по излеана флотациска јаловина

Figure 16. Consequences after spilled flotation tailing

Неколку комитети меѓу кои и Меѓународниот комитет за високи брани (ICOLD - Interantional Committee on large dams) вршат следење на хавариите на јаловиштата во цел свет. Во периодот од 1917 до 2000 година се обработени 226 случаи на хаварии кои се имаат случено на јаловиштата во светот⁵. Во последните години се имат случено уште неколку поголеми хаварии. Во Табела 2 се прикажани некои карактеристични хаварии кои се случиле на јаловиштата ширум светот.

⁵ <http://www.tailings.info/accidents.htm>

Табела 2. Листа на хаварији на јаловишта во светот

Table 2. List of tailing dumps with incidents in world

Рудник и локација, Mine name & location	Тип на руда, Ore type	Тип на брана, Dam type	Висина на брана, Dam height	Волумен на јаловиште, Storage volume	Тип на хаварија, Incident type	Дата на хаварија, Incident date	Излеана јаловина (m ³), Tailings released (cubic meters)	Транспорт на јаловина (m), Tailings travel (m)
Aitik mine, near Gällivare, Sweden		низводна	15	15.000.000	ерозија	08.09.2000	1.500.000	
Amatista, Nazca, Peru		возводна			земјотрес	12.09.1994	300.000	600
Arcturus, Zimbabwe	злато	возводна	25	1,7-2,0 Mt	отвор на објект	31.01.1978	39.000 t	300
Bafokeng, South Africa	платина	возводна	20	13.000.000	продирање	1974	3.000.000	45.000
Baia Mare, Romania	злато	низводна, па возводна	неколку метри	800.000	структурна	30.01.2000	100.000	
Balka Chuficheva, Russia	железо	возводна	25	27.000.000	нестабилност	20.01.1981	3.500.000	1.300
Barahona, Chile	бакар	возводна	61	20.000.000	земјотрес	10.01.1928	2.800.000	
Bellavista, Chile	бакар	возводна	20	450.000	земјотрес	28.03.1965	70.000	800
Captains Flat Dump 3, Australia	бакар				непознато	1942	40.000	
Castle Dome, Arizona, USA	бакар	возводна			продирање		150.000	100
Cerro Negro No. 3,	бакар	возводна	20	500.000	земјотрес	28.03.1965	85.000	5.000
Cerro Negro No. 4,	бакар	возводна	40	2.000.000	земјотрес	03.03.1985	500.000	8.000
Cerro Negro, near Santiago, Chile, 2	бакар	возводна			ерозија	03.10.2003	80.000	
Climax, Colorado, USA	ураниум				непознато	02.07.1967	12.000	
Cobrex Mine, Chile, 2, 3, 4, 5	бакар	возводна			отвор на објект	22.09.2002	8.000	
Cobrex Mine, Chile	бакар	возводна			отвор на објект	08.11.2002	4.500	
Deneen Mica Yancey County, North Carolina, USA		возводна	18	300.000	нестабилност	06.01.1974	38.000	30
El Cobre New Dam, Chile	бакар	низводна	19	350.000	земјотрес	28.03.1965	350.000	12.000
El Cobre Old Dam, Chile	бакар	возводна	35	4.250.000	земјотрес	1965	1.900.000	12.000
Hierro Viejo, Chile	бакар	возводна	5		земјотрес	28.03.1965	800	1.000

Рудник и локација, Mine name & location	Тип на руда, Ore type	Тип на брана, Dam type	Висина на брана, Dam height	Волумен на јаловиште, Storage volume	Тип на хаварија, Incident type	Дата на хаварија, Incident date	Излеана јаловина (m ³), Tailings released (cubic meters)	Транспорт на јаловина (m), Tailings travel (m)
Hokkaido, Japan		возводна	12	300.000	земјотрес	1968	90.000	150
Homestake, N. Mexico, USA	ураниум	возводна	21		структурна	01.02.1977	30.000	
Kimberley, BC, Canada	железо	возводна			нестабилност	1948	1.100.000	
La Patagua New Dam, Chile	бакар	возводна	15		земјотрес	28.03.1965	35.000	5.000
Los Frailes, nr Seville, Spain	олово, цинк, бакар	ретензиона	27	15.000.000	фундамент	24.04.1998	6.800.000	40.000
Los Maquis No. 3, Chile	бакар	возводна	15	43.000	земјотрес	28.03.1965	21.000	5.000
Madjarevo, Bulgaria	олово, цинк, злато	возводна	40	3.000.000	структурна	04.1975	250.000	
Maggie Pye, United Kingdom	каолин	возводна	18		нестабилност	1970	15.000	35
Marcopper, Marinduque Island, Philippines	бакар				структурна	24.03.1996	2,4 Mt	25.000
Merriespruit, nr Virginia, South Africa, 2, 3	злато	возводна	31	10 Mt	отвор на објект	22.02.1994	2,5 Mt	2.000
Mike Horse, Montana, USA	олово и цинк	возводна	18	750.000	отвор на објект	1975	150.000	
Mobil Chemical, Florida, USA	фосфат				непознато	1967	250.000	
Mochikoshi No. 1, Japan	злато	возводна	28	480.000	земјотрес	14.01.1978	80.000	7.000
Mochikoshi No. 2, Japan	злато	возводна	19	480.000	земјотрес	15.01.1978	3.000	150
No.2 Tailings Pond, Padcal, Luzon, Philippines	бакар			80 Mt	фундамент	01.92	80 Mt	
No.3 Tailings Pond, Sipalay, Phillipines	бакар	ретензиона		37 Mt	фундамент	11.08.1982	27 Mt	
Phelps-Dodge, Tyrone, New Mexico, USA	бакар	возводна	66		нестабилност	13.10.1980	2.000.000	8.000
Pinchi Lake, BC, Canada	жива	ретензиона	12		ерозија	30.11.2004	6.000-8.000	
Placer Bay, Surigao del, Philippines	злато	ретензиона	17		нестабилност	02.09.1995	50.000	

Рудник и локација, Mine name & location	Тип на руда, Ore type	Тип на брана, Dam type	Висина на брана, Dam height	Волумен на јаловиште, Storage volume	Тип на хаварија, Incident type	Дата на хаварија, Incident date	Излеана јаловина (m ³), Tailings released (cubic meters)	Транспорт на јаловина (m), Tailings travel (m)
Ramayana No. 1, Chile	бакар	возводна	5		земјотрес	28.03.1965	150	
Riltec, Mathinna, Tasmania		централна	7	120.000	продирање	06.01.1995	40.000	
Sgurigrad, Bulgaria	олово, цинк, бакар	возводна	45	1.520.000	нестабилност	01.05.1996	220.000	6.000
Silver King, Idaho, USA	бакар	низводна	9	37.000	отвор на објект	16.01.1974	6.000	
Stava, North Italy, 2, 3	флуорит	возводна	29	300.000	нестабилност	19.07.1985	190.000	4.000
Tailings dam No 1, Omai, Guyana	злато	ретензиона	44	5.250.000	ерозија	19.08.1995	4.200.000	
TD 7, Chingola, Zambia	бакар	возводна	5		отвор на објект	08.1993	100 t	
Unidentified, Hernando, County, Florida, USA	варовник	возводна	12	3.300.000	отвор на објект	01.09.1988	4.600	
Unidentified, Southern USA	бакар	возводна	43	500.000	нестабилност	1973	170.000	25.000
Unidentified, Texas, USA	гипс	возводна	16		продирање	1966	130.000	300
Union Carbide, Green River, Utah, USA	ураниум				отвор на објект	19.08.1959	8.400	
United Nuclear, Churchrock, New Mexico, USA	ураниум	ретензиона	11	370.000	фундамент	01.07.1979	370	110.000
Veta de Agua No.1 Chile	бакар	возводна	24	700.000	земјотрес	03.03.1985	280.000	5.000
Xishimen, China	железо	возводна	31		нестабилност	21.03.1987	2.230	
Zletovo No. 4, Macedonia	олово и цинк	возводна	25	1.000.000	нестабилност	01.03.1976	300.000	

Во Табела 3 се прикажани некои карактеристични случаи на хаварији во светот со големи последици (смртни случаи, затрупани куќи, загадени води, загадени земјишта и сл.).

Табела 3. Карактеристични случаи на хаварији на јаловишта во светот

Table 3. Typical cases of incident tailing dump in the world

Рудник, Држава Mine name & location	Време на хаварија Incident date	Последици од хаварија Consequences of incident
Stava, Италија	19 јули 1985	Пробој на 190.000 m ³ јаловина, излеана до 8 km, 269 загинати, затрупани 62 куќи
Buffalo Creek САД	февруари 1972	500 куќи уништени, 125 загинати
Vratsa, Бугарија	1966	450.000 m ³ јаловина, 107 загинати
Mufilira, Замбија	септември 1970	68.000 m ³ тиња, излеана во рудник, 89 загинати
Marriespruit Јужна Африка	февруари 1994	600.000 m ³ тиња, излеана до 4 km, 17 загинати
Bafokeng, Јужна Африка	ноември 1974	3.000.000 m ³ тиња, излеана до 45 km, 12 загинати
Placer Filipini, Филипини	март 1996	50.000 m ³ излеана јаловина, 12 загинати
Kolontar, Унгарија	04 октомври 2010	700.000 m ³ излеана токсична тиња, покриено 8 km ² земјиште, 10 загинати
Xiangxi Autonomous Prefecture, Кина	14 мај 2009	50.000 m ³ излеана јаловина, 3 загинати
Arcturus, Зимбабве	јануари 1978	20.000 m ³ јаловина, излеана до 300 m, 1 загинат
Aznalcollar, Шпанија	април 1998	1.500.000 m ³ излеана јаловина, покриено 4.500 ha земјиште,
Omai, Гијана	19 август 1995	4.200.00 m ³ излеана тиња, затруена со цијаниди
Marcopper, Филипини	март 1996	1.500.000 t излеана јаловина
Placer, Suriago del Norte, Филипини	април 1999	700.00 m ³ излеана јаловина, затрупани 17 куќи
Baia Mare, Романија	јануари 2000	100.000 m ³ излеана контаминирана јаловина, загадени реките Тиса и Дунав
Haelva, Шпанија	декември 1998	50.000 m ³ излеана загадена вода
Borsa, Романија	март 2000	22.000 m ³ излеана контаминирана јаловина, стигнала до реката Тиса

Од евиденцијата за хаварији на јаловишта се гледа дека најмногу хаварији се случиле кај браните кои се градат возводно, а како причина за хавариите се нестабилност на браните, земјотреси, продор на јаловина низ отвори на објектите, лоши фундаменти и сл. На следната слика (сл. 17) е прикажана хаварија на брана на јаловиште лоцирано во рамничарски предел.



Слика 17. Хаварија на јаловиште
Figure 17. Incident of tailing dump

Во продолжение следи сателитска снимка (сл. 18) на јаловиштата за флуорит Stava - Италија (пред хаварија и после хаварија), од кои јаловишта при хаваријата на 19 јули 1985 година со рушење на браната прво на повисокото јаловиште, а потоа и на пониското и со излевање и движење на јаловината со брзина до 90 km/h, загинале 269 лица и биле уништени 62 куќи.



Слика 18. Сателитска снимка на јаловиштето Stava
Figure 18. Satellite image of Stava tailing dump

Причината зошто се посветува големо внимание на хавариите на јаловиштата, најдобро го има кажано претседателот на ICOLD Pierre Londe, кој во 1980 година изјавува: „човекот малку учи од успехите, а многу од грешките“⁶. За да не учиме повеќе од грешките, потребно е да ги применуваме современите успешни техники за градба на јаловиштата и за денешни услови да важи паролата „човекот многу учи од успехите и усовршува нови техники за да нема грешки“.

Со оглед дека јаловиштата содржат одредени количини хемикалии и тешки метали кои се штетни по животната средина, потребен е посебен пристап при инженерството со флотациските јаловишта. Потребно е флотациските јаловишта да се градат стабилно и да бидат изолирани од околината и тоа и во фаза на експлоатација и во фаза по експлоатација.

Инженерството со современи материјали зазема сè поголема улога за заштита на животната средина во многу области, па потребно е поголема примена на современи материјали и кај флотациските јаловишта.

7. УПРАВУВАЊЕ СО ФЛОТАЦИСКА ЈАЛОВИНА

7.1. Законски и подзаконски акти

За управување со флотациска јаловина важечки се следните закони и подзаконски акти (преглед од мај 2012 година⁷):

- **Закон за животна средина** „Службен весник на РМ“ бр. 53/05, 81/05, 24/07, 159/08, 83/09, 48/10, 124/10 и 51/11;
- Правилник за опасните супстанции, граничните вредности (прагови) за присуство на опасните супстанции и критериумите или својствата според кои супстанцијата се класифицира како опасна „Службен весник на РМ“ бр. 25/10;
- Правилник за содржината на информациите за мерките за безбедност, како и начинот на постапувањето на лицата на кои би влијаела хаваријата предизвикана од системот „Службен весник на РМ“ бр. 22/11;

⁶ Кнежевиќ (2002), Одлагање индустријског отпада, скрипта, верзија 1.1

⁷ Листа на законски и подзаконски акти од областа на животна средина подредени по постапка_Мај 2012

- Правилник за професионалните активности со чие вршење може да настапи одговорност за еколошка штета, критериумите за определување на постоење на еколошка штета, како и случаите во кои нема да настапи одговорност за еколошка штета „Службен весник на РМ“ бр. 31/11;
- Правилник за мерките за ремедијација на сторена еколошка штета „Службен весник на РМ“ бр. 31/11;
- **Закон за управување со отпад** „Службен весник на РМ“ бр. 68/04, 71/04, 107/07, 102/08, 143/08, 124/10, 09/11 и 51/11;
- Правилник за поблиските услови што треба да ги исполнуваат правните лица што вршат стручно оспособување, програмата за спроведување на обуката како и формата и содржината на потврдата за учество на обука за стручно оспособување за управување и/или постапување со отпад „Службен весник на Република Македонија“ бр. 74/11;
- Правилник за формата и содржината на дневникот за евиденција за постапување со отпад, формата и содржината на формуларите за идентификација и транспорт на отпадот и формата и содржината на обрасците за годишни извештаи за постапување со отпад „Службен весник на Република Македонија“ бр. 7/06;
- Правилник за изменување на Правилникот за формата и содржината на барањето за добивање на дозвола за преработка, третман и/или за складирање на отпад, формата и содржината на дозволата како и минималните технички услови за вршење на дејноста преработка, третман и/или складирање на отпад „Службен весник на Република Македонија“ бр. 76/07;
- Правилник за формата и содржината на барањето за добивање дозвола, како и формата и содржината на дозволата за оператор на депонија „Службен весник на Република Македонија“ бр. 140/07;
- Правилник за начинот и условите за складирање на отпад, како и за условите кои треба да ги исполнуваат локациите на коишто се врши складирање на отпад „Службен весник на Република Македонија“ бр. 29/07;
- Правилник за начинот и постапката за работа, следење, работа и контрола на депонијата за време на работењето, како и следење и контрола на депонијата во фазата на затворање и натамошна грижа за депонијата по затворањето,

како и начинот и условите за грижа за депониите откако тие ќе престанат да работат „Службен весник на Република Македонија“ бр. 156/07;

- Правилник за условите кои треба да ги исполнуваат депониите „Службен весник на Република Македонија“ бр. 78/09;

- Стратегија за управување со отпад на Република Македонија (2008-2020) „Службен весник на Република Македонија“ бр. 39/08;

- Национален план за управување со отпадот (2009-2015) на Република Македонија „Службен весник на Република Македонија“ бр. 77/09;

- **Закон за водите** „Службен весник на РМ“ бр. 87/08, 6/09, 161/09, 83/10, 51/11 и 44/12;

- Правилник за начинот и постапката за користење на тињата, максималните вредности на концентрациите на тешки метали во почвата во која се користи тињата, вредности на концентрациите на тешки метали во тињата, согласно со нејзината намена и максималните годишни количини на тешки метали што може да се внесат во почвата „Службен весник на РМ“ бр. 73/11;

- Правилник за поблиските услови, начинот и максимално дозволените вредности и концентрации на параметрите на прочистени отпадни води за нивно повторно користење „Службен весник на РМ“ бр. 73/11;

- Правилник за опасните и штетните материи и супстанции и нивните емисиони стандарди што можат да се испуштат во канализација или во систем за одводнување, во површински или подземни водни тела, како и во крајбрежни земјишта и водни живеалишта „Службен весник на РМ“ бр. 108/11;

- **Закон за квалитет на амбиентален воздух** „Службен весник на РМ“ бр. 67/04, 92/07, 35/10 и 47/11;

- Правилник за методологијата за мониторинг на квалитетот на амбиентниот воздух „Службен весник на РМ“ бр. 138/09;

- Правилник за содржината и начинот на преносот на податоците и информациите за состојбите во управувањето со квалитетот на амбиентниот воздух „Службен весник на РМ“ бр. 138/09;

- Правилник за максимално дозволените концентрации и количества и за други штетни материи што можат да се испуштаат во воздухот од одделни извори на загадување „Службен лист на СФРЈ“ бр. 3/90;

- Правилник за методологијата за инвентаризација и утврдување на нивото на емисии на загадувачките супстанции во атмосферата во тони годишно за сите

видови дејности, како и други податоци за доставување на Програмата за мониторинг на воздухот на Европа (ЕМЕП) „Службен весник на РМ“ бр. 142/07;

- Правилник за деталната содржина и начинот на подготвување на програмата за намалување на загадувањето и подобрувањето на квалитетот на амбиентниот воздух „Службен весник на РМ “ бр. 108/09;
- **Закон за минерални сировини** „Службен весник на РМ“ бр.24/07, 88/08, 52/09, 6/10, 158/10, 53/11 и 136/11.

Во законот за животна средина во начелото на висок степен на заштита (член 6) е дефинирано дека секој е должен при преземање активности или вршење дејности да обезбеди висок степен на заштита на животната средина и на животот и здравјето на луѓето, додека во начелото на одржлив развој (член 8) е дефинирано дека заради задоволување на потребите за здрава животна средина, како и социјалните и економските потреби на сегашните генерации, без притоа да се загрозат правата на идните генерации да ги задоволат сопствените потреби, при преземањето на секоја активност или вршење на која било дејност задолжително треба да се води сметка за рационалното и одржливото користење на природните богатства.

Законот за управување со отпад дефинира неколку начела при што во начелото на заштита на животна средина при управување со отпадот (член 8) е цитирано:

(1) При преземањето на одредени дејности и активности во врска со управувањето со отпадот, правните и физичките лица се должни да обезбедат висок степен на заштита на животната средина, животот и здравјето на луѓето.

(2) Правните и физичките лица кои преземаат одредени активности во процесот на производството, се должни да употребуваат сировини со чија преработка се создава помалку отпад, да применуваат технологии кои обезбедуваат почисто производство и кои ги штедат природните ресурси, односно да произведуваат производи коишто, при нивното производство и употреба, не ја загадуваат животната средина или загадувањето да го сведат на најмала можна мера, во согласност со начелата за одржлив развој.

(3) При преработката и отстранувањето на отпадот мора да се користат најдобрите достапни техники и технологии.

Во законот за води (член 115) - Испуштање на индустриски отпадни води, дефинирано е дека секое испуштање на индустриски отпадни води, се врши на

начин и под услови определени со дозволата за испуштање, односно интегрираната еколошка дозвола согласно со законот за животна средина.

Законот за квалитет на амбиентален воздух ги дефинира начелата на управување со квалитетот на амбиентниот воздух и во член 5 (Начело на внимателно и одговорно однесување) е цитиран односот кон воздухот: за време на активностите што би можеле да имаат влијание врз квалитетот на амбиенталниот воздух, секој е должен да се однесува внимателно и одговорно за да се избегне и спречи загадувањето на амбиентниот воздух и штетните ефекти врз човековото здравје и животната средина во целина. Управувањето со квалитетот на амбиентниот воздух (член 17) се врши преку оценување на квалитетот на амбиентниот воздух и донесување и спроведување на плански документи.

Во законот за минерални сировини во член 70 (Заштита на животна средина) се дефинирани обврските на концесионерот за управување со хидројаловишта и заштита на животната средина:

(1) Имателот на дозволата и концесијата за вршење на детални геолошки истражувања или концесионерот што изведува рударски работи, односно експлоатација на минерални сировини и минерална технологија е должен да се придржува кон овој закон и Законот за животната средина и другите прописи од областа на животната средина;

(2) Имателот на дозволата и концесијата за вршење на детални геолошки истражувања и концесионерот што изведува рударски работи, односно експлоатација на минерални сировини и минерална технологија мора да ги спроведува мерките за заштита на животната средина од потенцијалните опасности и штетните влијанија;

(3) Концесионерот што врши експлоатација на минерални сировини е одговорен за управувањето, одржувањето и заштитата на одлагалиштата и хидројаловиштата коишто се создаваат при минералната технологија на експлоатација на минералните сировини без оглед на просторот и површината на која се наоѓаат;

(4) Експлоатацијата на минералните сировини кои се наоѓаат во одлагалиштата и хидројаловиштата од ставот (3) на овој член може да се врши на начин и под услови утврдени со закон.

7.2. Постапка за добивање дозвола за изградба на флотациско јаловиште

За добивање на дозвола за изградба на флотациско јаловиште, најпрво до Министерството за животна средина и просторно планирање се доставува известување за намерата за изведување на проектот според Правилникот за информациите што треба да ги содржи известувањето за намерата за изведување на проектот и постапката за утврдување на потребата од оцена на влијанието на проектот врз животната средина - „Службен весник на РМ“ бр. 33/06.

Од Министерството за животна средина и просторно планирање се определува потребата од оцена на влијанието на проектот врз животната средина (Елаборат или Студија), при што за вакви објекти (флотациски јаловишта) се изработува Студија за оцена на влијанието на проектот врз животната средина, според Правилникот за содржината на барањата што треба да ги исполнува студијата за оцена на влијанието на проектот врз животната средина „Службен весник на РМ“ бр. 33/06. Со јавни расправи и со преглед на Студијата од стручна комисија се утврдува дали Студијата за оцена на влијанието на проектот врз животната средина се одобрува.

За инсталации за управување со отпад од рудници (како што е флотациско јаловиште) потребна е А-интегрирана еколошка дозвола според Уредбата за определување на активностите на инсталациите за кои се издава интегрирана еколошка дозвола односно дозвола за усогласување со оперативен план и временски распоред за поднесување на барање за дозвола за усогласување со оперативен план - „Службен весник на РМ“ бр. 89/05. Постапката за добивање на А-интегрирана еколошка дозвола се врши според Правилник за постапката за добивање А-интегрирана еколошка дозвола - „Службен весник на РМ“ бр. 04/06.

Исто така и според Правилникот за формата и содржината на барањето за добивање дозвола, како и формата и содржината на дозволата за оператор на депонија „Службен весник на Република Македонија“ бр. 140/07, утврдена е постапката за добивање дозвола за оператор на депонија/јаловиште:

1. Операторот на депонијата треба да поседува дозвола за вршење на дејноста депонирање на отпад којашто ја издава органот на државната управа надлежен за работите од областа на животната средина.

2. Барањето за добивање дозвола за вршење на дејноста депонирање на отпад, операторот на депонијата ја поднесува до органот на државната управа надлежен за работите од областа на животната средина.

3. По приемот на барањето за добивање на дозволата, органот на државната управа надлежен за работите од областа на животната средина е должен да утврди дали:

- операторот е материјално и технички способен за вршење на дејноста;
- организационите и раководните капацитети на операторот овозможуваат совесно управување со депонијата;
- кадровската екипираност и обученоста на вработените кои постапуваат со отпадот овозможува непречена и безбедна работа на депонијата;
- капацитетот на депонијата соодветствува со временскиот период за кој се бара дозволата;
- видот и количеството на отпад што треба да биде отстрануван на депонијата соодветствува со класата и со капацитетот на депонијата;
- е изготвена програма за работење, мониторинг и за контрола на работењето на депонијата и дали таа е во согласност со одредбите на овој закон и со прописите донесени врз основа на овој закон;
- лицето определено да биде управител со отпадот на депонијата ги исполнува условите определени со овој закон;
- се изготвени програми за постојано стручно и техничко усовршување на лицата вработени во депонијата;
- се донесени и усвоени планови и програми за избегнување и за намалување на последиците од хавариите;
- износот на финансиската гаранција може да ги покрие трошоците за реализација на обврските на депонијата за време на работењето, затворањето и натамошната грижа по затворањето на депонијата;
- проектот на депонијата е во согласност со плановите за управување со отпадот, донесени во согласност со закон;
- износот на соодветното осигурување може да ги покрие трошоците во случај на несреќа или штета предизвикана на трети лица.

Доколку проектот (флотациското јаловиште самостојно или во склоп на рудник со погон за преработка на рудата) ги предвиди сите технички мерки за заштита на животната средина, односно е оценето дека влијанието врз животната средина ќе биде во задоволителни граници и дека при оперирање со јаловиштето ќе се постапува според сите пропишани законски и подзаконски акти, се одобрува издавање на дозвола за изградба на флотациско јаловиште.

7.3. Управување со флотациска јаловина во Република Македонија

Македонскиот највисок правен акт, т.е. Уставот на Република Македонија, пропишува дека секој има право на здрава животна средина и должност да ги штити и да ги унапредува животната средина и природата. Според тоа, Државата е должна да обезбеди здрава животна средина за своите граѓани.

Но, во моментов, националните насоки, политиката и законодавството се сè уште недоволни во неколку области за да одговорат на барањата на секторот отпад. Националната политика за управување со отпад не е доволно развиена, бидејќи постојната политика не ги опфаќа сите клучни области на работењето за областа на управувањето со отпадот, не постои јасна основа за одредување на приоритетите, барањата за ефективност или за целите, а потребните стандарди за управување со отпадот остануваат тешки за спроведување.

Опасен отпад е отпад што содржи супстанции кои имаат едно од овие својства: експлозивност, реактивност, запаливост, надразливост, токсичност, инфективност, канцерогеност, мутагеност, тератогеност, екотоксичност и својства на испуштање отровни гасови преку хемиска реакција или биолошко разложување.

Рудничкиот отпад кој се добива со екстрактивните операции, т.е. операции кои се вклучени во преработка на минерални сировини, се едни од најголемите создавачи на опасен отпад. Несоодветното депонирање на овој вид отпад претставува голема опасност за животната средина и за човекот, посебно во случаи на хаварији. Токму затоа, управувањето со овој вид отпад е

многу значајно и потребно е преземање на ефикасен пристап и технологија со цел обезбедување висок степен на заштита на животната средина.

За еден систем за управување со отпад да биде одржлив, значи да биде ефективен за животната средина, економски исплатлив и социјално прифатлив.

Управувањето со отпад во Република Македонија треба да ги применува европските критериуми во рангирање на мерките кои се:

- избегнување отпадоци (квантитативно/квалитативно);
- повторно искористување на отпадоците (материјално/енергетски);
- третирање отпадоци (термичко/биолошко);
- складирање отпадоци (депонирање).

Во однос на отпадот од флотациските погони, може да кажеме дека не може да се избегнува, односно со избегнување би се намалиле економските и социјалните параметри во државата. За сегашни услови на стопанисување со флотацискиот отпад утврдено е дека не може повторно да се искористува или третира. Значи, за флотацискиот отпад останува дека е потребно да се складира (депонира), односно тоа е последна опција во системот за управување со отпад.

Состојбата со управувањето со флотациската јаловина во Република Македонија не е на некое завидно ниво, поради тоа што законската регулатива во одредени случаи слабо се имплементира.

Сите флотациски јаловишта во Република Македонија при нивната експлоатација имале одредени неправилности, било тоа да биле хаварији од поголем или помал размер или испуштање на контаминирани води.

Рударскиот сектор има долга историја во Република Македонија. На пример, оловото и среброто се произведувале на неколку локации во злетовскиот регион уште во римско време. Има многубројни сведоштва за стари рударски работи, алатки и топилнички згури во областа Саса, кои се поврзуваат со XII век со доаѓањето на познатите рударски племиња Саси, по кои рудникот на таа локација го добил името Саса. Сепак, рударството со флотациски погони се развива во XX век.

Основните технологии што се применувале во почетните развојни фази претставувале врв на технологијата, но помошните објекти и раководни практики биле под стандардите за соодветно управување со флотациската

јаловина. Постојат неколку причини за несовпаѓањето помеѓу основните технологии и практиките на управување со отпад меѓу кои се: незнаење и неинформираност за сериозноста на проблемот, непостоење на релевантен закон со кој се регулира управувањето со отпад (флотациски отпад), а резултат на тоа е неспроведување на закони, несоодветен мониторинг на подземни води, воздух, земјишта итн. Со натрупување на флотациска јаловина на јаловиштата се зголемило и нивното влијание врз животната средина, односно најдени се тешки метали во подземните води на неколку локации во близина на нашите флотациски јаловишта.

За време на транзицијата, македонските рудници се соочуваа со сериозни проблеми, а некои од нив дури и пред тоа. Сите рудници имаа периоди кога не работеа, а нивните флотациски јаловишта беа напуштени. Во таков еден период, се случува најголемиот инцидент на едно флотациско јаловиште во Република Македонија и тоа на јаловиштето од рудникот Саса во 2003 година, кога се излеа флотациска јаловина по течението на Каменичка Река и стигна и до езерото Калиманци. Слични инциденти се имаат случувано и на јаловиштето во Бучим и на јаловиштето во Злетово во услови на редовна експлоатација. Во рудникот Тораница се случувале помали инциденти при излевање на флотациска јаловина од пулповодот за транспорт на јаловината.

За последиците од загадувањето од јаловиштето Саса во минатото се вршени истражувања, од кои се добиени податоци за контаминираност на водата и почвата. Вршени се истражувања и во 2010 година⁸, при што резултатите покажале дека водите кои потекнуваат или поминуваат од околината на рудникот Саса имаат висока концентрација на одредени тешки метали кои се застапени во рудата и флотациската јаловина. Тоа пред сè, се однесува на концентрацијата на цинк, олово, манган, кадмиум и бакар. Овие метали најмногу се застапени во водите во близина на хидројаловиштето сè до селото Моштица, а понатаму кон езерото Калиманци опаѓаат концентрациите на метали во водата. Исто така, утврдено е дека и во седиментите на потегот од хидројаловиштето до езерото Калиманци има загадувања со арсен, кадмиум, олово, цинк и бакар. Доколку се споредат податоците од

⁸ Зенделска (2010), Проценка на квалитетот на водите, почвата и седиментите во околината на хидројаловиштето на рудникот Саса и неговото влијание врз животната средина - Магистерски труд

истражувањата во 2010 година и истражувањата од 2004/2005 година (период по хаваријата на јаловиштето), забележително е дека водите, седиментите и почвата се релативно почисти. Тоа е резултат на воведување на Стандардот за управување со животната средина ISO 14001 во рудникот Саса и сè поригорозните мерки за заштита на животната средина.

Последни податоци за загадување на водата и почвите од хидројаловиштето на рудникот Бучим има од почетокот на 2012 година⁹. Од извршените хемиски анализи на примероци од почва по течението на реката Тополница, утврдени се зголемени концентрации на тешки метали во почвите (железо, бакар, алуминиум, калциум, натриум). Утврдени се загадувања и на водите, при што како мерка за заштита е враќање на целокупните колекторски води во резервоарите за техничка вода.

За последиците од загадувањето од јаловиштето Злетово¹⁰ изработена е студија од јапонски експерти. Студијата покажала дека во земјоделското земјиште во атарот на селата Стрмош, Неокази, Петришино и Бучиште има зголемен процент на олово, цинк, бакар, кадмиум и манган. Јаловиштето на рудникот Злетово нема еколошка заштита во поглед на обложување на неговата површина, пречистување на отпадните води кои се испуштаат од неговата основа и контрола на емисиите од прашина во услови на ветер.

Рудникот Лојане - Куманово е затворен пред 30 години и од тогаш отровните материи од јаловиштето и од депонијата за концентрат на арсен се лоцирани на отворено и загадуваат околу себе. Јаловиштето Лојане претставува т.н. еколошка бомба и е на листата на жешки еколошки точки во Република Македонија, како што се на листата и другите активни рударски капацитети кои оперираат со флотациски јаловишта (сл. 19).

⁹ Даневски (2012), Влијание врз животната средина од одлагалиштето за откривка и флотациско хидроодлагалиште во рудникот за бакар Бучим, со преземање на мерки за заштита - Магистерски труд

¹⁰ План за управување со отпад 2011-2016 за Општина Пробиштип



Жешка точка	Локација	Жешка точка	Локација
1. ОХИС - хемиска индустрија	Скопје	9. Злетово - рудник за олово и цинк	Пробиштип
2. Бучим - рудник за бакар	Радовиш	10. РЕК Битола - ТЕЦ и рудник за лигнит	Битола
3. Топилница за олово и цинк	Велес	11. Фени индустри - топилница за железо и никел	Кавадарци
4. Лојане - поранешен рудник за хром, арсен и антимион	Куманово	12. Фабрика за вештачки губрива	Велес
5. Саса - рудник за олово и цинк	М. Каменица	13. РЕК Осломеј - ТЕЦ и рудник за јаглен	Кичево
6. Силмак - погон за феро-силициум	Јегуновце	14. Годел - кожара	Скопје
7. Тораница - рудник за олово и цинк	Крива Паланка	15. ОКТА - рафинерија за нафта	Скопје
8. Магстип - производство/ преработка на железо и челик	Скопје	16. Тане Цалески - површинска обработка на метали	Кичево

Слика 19. Жешки еколошки точки

Figure 19. Environmental hotspots

Сериозноста на ситуацијата ја зголемува и фактот што на самата периферија на јаловиштето и депонијата на концентрат на арсен се наоѓа основното училиште во селото Лојане. Спортските терени на училиштето се на околу 120 m од јаловиштето и депонијата и се во допир со отровните материји. Јаловиштето од отровни материји и депонијата за концентрат се потенцијална опасност по здравјето на учениците и вработените во училиштето.

Значи, во минатото како резултат на економските и технолошките фактори биле занемарени еколошките принципи и флотациските јаловишта во

одредени периоди претставувале загадувачи на животната средина, а некои и денес ја загадуваат животната средина.

Со воведување на Интегриран систем за управување со квалитет и изработените програми за заштита на животната средина, рударските капацитети во Република Македонија се задолжени да вршат подобрување и унапредување на животната средина.

Развојот на Република Македонија кон одржлив систем за управување со флотациската јаловина ќе бара понатамошно усогласување на домашното законодавство со политиките на Европската унија за практиките на управување со отпад. Краен успех во практиките може да се постигне единствено ако сите претставници на општеството ја разберат релацијата меѓу неправилното управување со флотациската јаловина и негативните ефекти врз животната средина и врз здравјето на луѓето, ако станат свесни за своите одговорности, должности и задачи во доменот на управување со флотациската јаловина и ако се мотивираат со организациски и економски мерки.

7.4. Управување со флотациска јаловина во Европската унија

Во последните 30 години политиката на Европската унија е сконцентрирана на заштита на животната средина, каде што е направен значителен напредок. Управувањето со флотациска јаловина во Европската унија се состои во депонирање на флотациската јаловина на флотациски јаловишта. Несоодветно третирање на флотациската јаловина е забележано кај новите земји-членки, кај кои земји се врши усогласување на законодавството за депонирање на овој вид отпад.

Европската политика има потенцијал да придонесе за намалување на севкупните негативни влијанија врз животната средина. За постигнување на овие цели е донесен предлог за модернизирање на постоечките рамки за отпадот. Со оглед дека флотациската јаловина е опасен отпад со голем ризик за животната средина, Европската комисија за заштита на животната средина бара сè построги контроли. Овие контроли се утврдени во Директивата за опасен отпад (2008/98/ЕС), која претставува една од најстарите законодавни акти за отпад во Европската унија. Оваа директива прави разлика меѓу

опасниот и неопасниот отпад и воведува построги услови за управување со опасниот отпад.

Опасниот отпад мора да се евидентира и идентификува, а сите капацитети што генерираат опасен отпад, подлежат на периодични инспекции. Одредбите од Директивата за опасен отпад и Директивата за депонии предвидуваат посебни депонии за опасен отпад, кои ќе се разликуваат од депониите за цврст комунален отпад. Со Директивите се предвидува спречување на загадување на воздухот, почвата и водата од флотацискиот отпад.

Статистички податоци за создадениот отпад во Европската унија можат да се најдат во Заводот за статистика Еуростат (Eurostat) на Европската унија, кој се наоѓа со седиште во Луксембург. Во Табела 4 се прикажани вкупните количини на генериран отпад за 2008 година во земјите на Европската унија (27 земји) и уште шест други земји меѓу кои и Република Македонија како земја-кандидат за Европската унија.

Табела 4. Вкупен отпад генериран во 2008 година во земјите на ЕУ

Table 4. Total waste generation by countries from EU in 2008 (1.000 t)¹¹

	Вкупниот отпад од сите сектори и домаќинства		Земјодел. шумарст. и риболов	Рударство и експлоатација на минерал. сировини	Производство	Енергија	Градежништво и шут	Други економски активности	Домаќинства
	вкупно	Многу опасен отпад							
	Total waste from economic activities and households	of which Hazardous waste	Agriculture, forestry and fishing (NACE A)	Mining and quarrying activities (NACE B)	Manufacturing industry (NACE C)	Energy activities (NACE D)	Construction and demolition activities (NACE F)	Other economic activities (NACE E, G-U)	Households
	Total								
EU-27	2 615 220	97 680	45 050	726 740	342 710	90 880	859 490	328 930	220 950
Belgium	48 622	5 919	288	503	10 090	1 087	15 442	16 753	4 459
Bulgaria	286 093	13 043	754	267 559	3 447	7 655	1 829	1 943	2 907
Czech Republic	25 420	1 510	255	167	5 293	1 920	10 651	3 959	3 176
Denmark	15 155	420	41	2	1 454	1 358	5 674	4 111	2 514
Germany	372 796	22 323	1 351	28 288	52 322	11 708	197 207	46 515	35 405
Estonia	19 584	7 538	240	7 198	3 772	5 424	1 099	1 412	440
Ireland	23 637	743	19	2 061	4 026	292	.	15 095	1 677
Greece	68 644	253	.	38 152	5 703	11 181	6 828	2 826	3 954
Spain	149 254	3 649	11 356	25 716	19 369	4 872	44 926	18 584	24 431
France	345 002	10 893	1 313	1 195	21 640	1 004	252 980	37 559	29 311
Italy	179 034	6 655	349	1 263	43 086	3 090	69 732	29 043	32 472
Cyprus	1 843	24	127	505	138	2	431	207	433
Latvia	1 495	67	75	3	501	20	12	278	606
Lithuania	6 835	116	1 288	3	2 758	51	412	961	1 363
Luxembourg	9 592	199	2	10	673	1	8 282	347	276
Hungary	20 080	671	468	272	4 789	3 050	5 240	2 795	3 466
Malta	1 499	55	3	0	17	0	1 099	212	169
Netherlands	99 591	4 724	3 464	270	15 824	1 318	59 477	9 757	9 482
Austria	56 309	1 330	459	678	13 077	569	31 390	6 317	3 819
Poland	140 340	1 469	1 350	33 666	56 746	19 541	6 930	15 228	6 879
Portugal	36 480	3 368	160	1 891	9 001	255	8 085	11 932	5 157
Romania	189 311	524	17 035	140 677	11 064	7 058	318	4 695	8 464
Slovenia	5 038	153	132	55	1 735	354	1 376	673	714
Slovakia	11 472	527	789	151	4 469	1 151	1 302	1 838	1 772
Finland	81 793	2 163	2 739	31 796	16 948	1 531	24 455	2 648	1 674
Sweden	86 169	2 063	314	58 702	11 927	1 508	3 310	6 014	4 393
United Kingdom	334 127	7 285	681	85 963	22 837	4 885	100 999	87 223	31 539
Iceland	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Liechtenstein	0.35	0.01	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.30	0.00
Norway	10 427	1 336	184	113	3 689	46	1 498	2 531	2 365
Croatia	4 172	221	19	34	1 727	136	129	2 127	.
Macedonia	1 362	6	.	.	1 362	.	.	.	.
Turkey	64 770	1 024	.	.	10 741	25 525	.	50	28 454

Во Табела 4 може да се забележи дека за нашата земја недостасуваат податоци за одредени области (вклучително и за рударски отпад), при што во извештајот за 2011 година, за нашата земја има забелешка од Европската комисија дека Системот за собирање податоци, регистрација и пријавување сè уште не е во сила.

¹¹ <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

Вкупно генерираниот отпад во земјите на Европската унија за 2008 година е 2.615.220.000 t, при што на отпад од рударството отпаѓа 726.740.000 t, односно 27,79 %, а најголем создавач на рударски отпад е Бугарија со 267.559.000 t отпад.

7.5. Извештај од Европската комисија за напредокот на Република Македонија во животната средина

Од март 2002 година Европската комисија редовно ги известува Советот и Парламентот за напредокот постигнат од страна на земјите од регионот на Западен Балкан, како и Република Македонија. Во последниот извештај за напредокот на Република Македонија за 2011 година, Европската комисија (Брисел 12.10.2011) во поглавје 27 - Животна средина ги дава следните констатации:

- Постигнат е одреден напредок во областа на управувањето со отпад. Беа донесени одредени закони за спроведување во областа на планирање на управувањето со отпад и во областа на управување со пакувањето отпад. Системот за собирање податоци, регистрација и пријавување сè уште не е во сила. Подготовките во оваа област бавно напредуваат;

- Може да се забележи мал напредок во областа на квалитетот на водата. Недостатокот на доволна координација меѓу надлежните органи во секторот за води го попречува спроведувањето на законодавството. Забележан е многу мал напредок во посветување внимание на важните недостатоци кај системот за следење на води. Нема напредок во примената на принципот „загадувачот плаќа“;

- Постигнат е мал напредок во областа на контролата на индустриското загадување и управување со ризици. Целосното усогласување на законите продолжува да претставува значаен предизвик на земјата. Процесот на дозволи во голема мера заостанува. Барањата за консултација на јавноста во однос на системот за издавање дозволи за ИСКЗ (Интегрирано спречување и контрола на загадувањето) не се применуваат секогаш правилно. Административните капацитети треба значително да се зајакнат, особено за активности на проверките. Подготовките во оваа област се бавни.

Како заклучок во Извештајот се напоменува дека потребни се значителни напори со цел примена на националното законодавство, особено во областите на управување со води, контрола на индустриско загадување и климатски промени. Административниот капацитет сè уште е слаб и на централно и на локално ниво во сите сектори. Инвестициите треба значително да се зголемат, особено во секторите за води и отпад. Општо земено, подготовките во областа на животната средина и климатски промени бележат умерен напредок.

Со оглед дека Република Македонија ги усогласува законите со Европската унија и ќе ги доусогласи во следниот период, управувањето со флотациска јаловина во Република Македонија ќе се унапредува, односно влијанието на флотациските јаловишта врз животната средина ќе мора да се сведе на минимум. За тоа да се постигне, потребна е примена на современи методи и техники за постојните и идните флотациски јаловишта во Република Македонија.

8. ИНЖЕНЕРСТВО СО СОВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ КАЈ ФЛОТАЦИСКИТЕ ЈАЛОВИШТА

Со примена на современи материјали кај флотациските јаловишта се постигнува заштита на тлото и се спречува загадување на околната почвена средина, се спречува загадување на водите, воздухот, односно се спречува негативното влијание врз животната средина.

8.1. Геосинтетички материјали

За проектирање и изградба на модерни флотациски јаловишта во денешно време се користат современи материјали како што се геосинтетичките материјали. Со примена на геосинтетички материјали целокупната флотациска јаловина се сместува во една т.н. „геобариера“ изградена од геосинтетички материјали (еден вид на изолирана средина).

Над 95 % од геосинтетиците се изработуваат од полимерни материјали. Полимерите се аморфно термопластични или семикристално термопластични,

при што големината на кристалноста варира од 30 % за поливинил хлорид до 65 % за полиетилен.

Најчесто користени полимери при производство на геосинтетици се:

- полиетилен (PE);
- полипропилен (PP);
- поливинилхлорид (PVC);
- полиестер (PET);
- полиамид (PA);
- полистирен (PS).

За полимерите е карактеристично дека со зголемување на кристалноста на врската се достигнуваат подобри јакосни параметри. Следува табеларен приказ (таб. 5) на параметрите на јакост на полимерите, споредбено со класичните материјали кои се применуваат во градежништвото.

Табела 5. Параметри на јакост на полимерите¹²

Table 5. Strength parameters of the polymers

Основен полимер Basic polymer	Волуменска тежина Volume weight kN/m ³	Јакост на затегање Tensile properties MN/m ²	Модул на еластичност Modulus of elasticity MN/m ³	Дилатации при лом Dilation during fracture (%)
PET	13,8	800 ÷ 1.200	12.000 ÷ 18.000	8 ÷ 15
PP	9,0	400 ÷ 600	2.000 ÷ 5.000	10 ÷ 40
PE LDPE	9,2	80 ÷ 250	200 ÷ 1.200	20 ÷ 80
PE HDPE	9,5	350 ÷ 600	600 ÷ 6.000	10 ÷ 45
PA	11,4	700 ÷ 900	3.000 ÷ 4.000	15 ÷ 30
PVC	12,5	20 ÷ 50	10 ÷ 100	50 ÷ 150
За споредба со класичните материјали				
челик	77	320 ÷ 900	210.000	20 ÷ 30
бетон	24	0,01	21.000	0,01

PE LDPE - полиетилен со ниска густина

PE HDPE - полиетилен со висока густина

¹² Градежен факултет (2000), Научно-истражувачки проект, Геотехничко – еколошки аспект на проектирање на конструкции со геосинтетици, стр. 8

Геосинтетичките материјали не се 100 процентно произведени од полимерна смола, туку истите содржат и додатоци чијашто количина варира, процентуално изразено од 3 до 65 %. Адитивите претежно имаат функција на ултравиолетови апсорбирачи, антиоксиданси, термички стабилизатори и омекнувачи. Општо кажано, како адитиви кои вообичаено се користат се карбонски покривки за заштита од ултравиолетово зрачење. Течни адитиви се пластификатори, додатоци и адитиви за боја.

Геосинтетичките материјали се сертифицирани според EN ISO 9001 стандардите, што докажува за квалитетот на овие материјали.

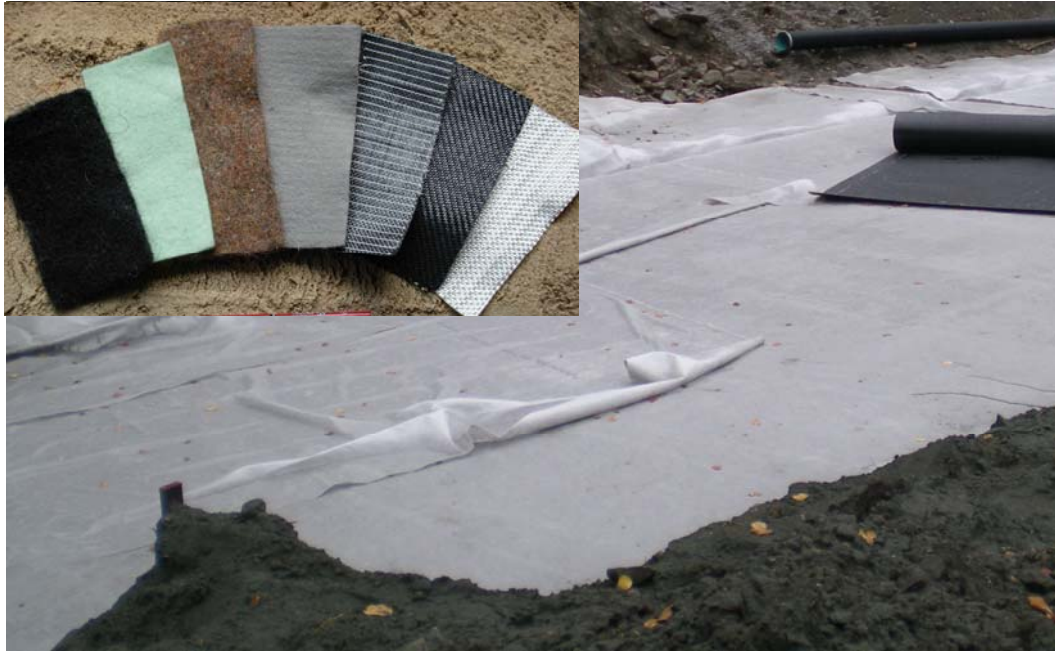
Геосинтетичките материјали вршат функција на сепарација, армирање, филтрација, дренарање, бариера (заштита од гасови и течности) и сл. Најчесто применувани геосинтетици се: геотекстили, геомембрани, геомрежи, геоцевки, геосинтетички глинени слоеви, геокомпозити и др.

8.1.1. Геотекстили

Геотекстилите се оформени од синтетички влакна, кои со стандардни машини за ткаење се изработуваат во флексибилни порозни ткаенини.

При изработката синтетичките влакна се спојуваат и зацврстуваат користејќи една од наведените три постапки: влажна, сува и со растопување. Повеќето геотекстилни влакна се оформени со растопување при што истите се подложни на истегнување, и со истегнувањето се намалува нивниот дијаметар, се зголемува јакоста на затегање и се намалува дилатацијата при лом. Со завиткување на долгите синтетички влакна се оформува мултивлакнесто снопче. За поврзување на синтетичките влакна при оформување на неткаен геотекстил, постојат три начини: топлинско поврзување, смолесто поврзување и игличесто поврзување.

Геотекстилите ги извршуваат функциите на сепарација, армирање, филтрација, дренарање и како бариера кај депонии. Постојат различни типови на геотекстили (сл. 20), а се изработуваат во зависност од потребата на инженерските области.



Слика 20. Геотекстил

Figure 20. Geotextile

Основните функции на геотекстилите се:

- сепарација помеѓу слоеви со различен гранулометриски состав;
- армирање, односно прифаќање на напрегањата на смолкнување, благодарение на јакоста на затегање со која располагаат геотекстилите;
- филтрација, изразена преку поставување гранулирани земјени филтерски слоеви;
- дренарање, како замена за песочни дренажи, при обвиткување на дренажни цевки и сл.;
- бариера, за задржување течности и гасови кај депонии во комбинација со геомембрани, при што примарна функција на геотекстилот е заштита на геомембраната од механичко оштетување.

8.1.2. Геомембрани

Во согласност со стандардот ASTM D4439 геомембраната е дефинирана како многу слабо пропустлив синтетички материјал, користена во инженерство при контрола на миграцијата на течности во еколошките проекти. Поточно, истата поради слабата пропустливост претставува и се користи како бариера

за задржување на течности и гасови (сл. 21). Коефициентот на водопропустливост е во граници $10^{-12} \div 10^{-15}$ m/s.



Слика 21. Геомембрана
Figure 21. Geomembrane

Геомембраните се многу погодна замена за глинени слоеви поради тоа што:

- глинениот слој обично е со дебелина од 600 до 1.500 mm, што зафаќа значителен простор од волуменот на јаловиштето;
- глинените слоеви можат да бидат изложени на хемиски реакции;
- значителен временски интервал за поставување на глинени слоеви.

Најчесто применувани геомембрани се оние кои се претставени од полиетилен. Полиетилените кои се применуваат кај геомембраните меѓу себе се разликуваат по густината, молекуларната тежина, индексот на топење, што од своја страна резултира со производство на геомембрани со различни физички својства и отпорност кон деградација.

Полиетиленските геомембрани најчесто се изградени/составени од 96,0÷97,5 % полиетилен, 2÷3 % јаглеродни единици, 0,5÷1,0 % антиоксидансни

стабилизатори. Геомембраните се изработуваат со различни дебелини, а најчесто се користат од 1,0÷3,0 mm. Се изработуваат во ролни со различни димензии и лесни се за монтажа и спојување (сл. 22).



Слика 22. Спојување на геомембрана

Figure 22. Sticking of geomembrane

Употребата на геомембраните кај жаловиштата е да ја задржи водата и истата да ја спроведе до дренажните цевки, но најважно е да се внимава при вградување да не се оштети, затоа што треба да се спречи загадување на подлогата. Ако случајно се оштети геомембраната, тогаш таа ја губи функцијата, а санацијата е тешко остварлива и скапа. За геомембраната да се заштити, обично под неа и над неа се поставува геотекстил, а во некои случаи под геомембраната се поставува геосинтетички глинен слој.

Има два вида карактеристики на издржливост кои се од специфична важност за геомембраните: хемиски отпор и отпорот на пукнатина.

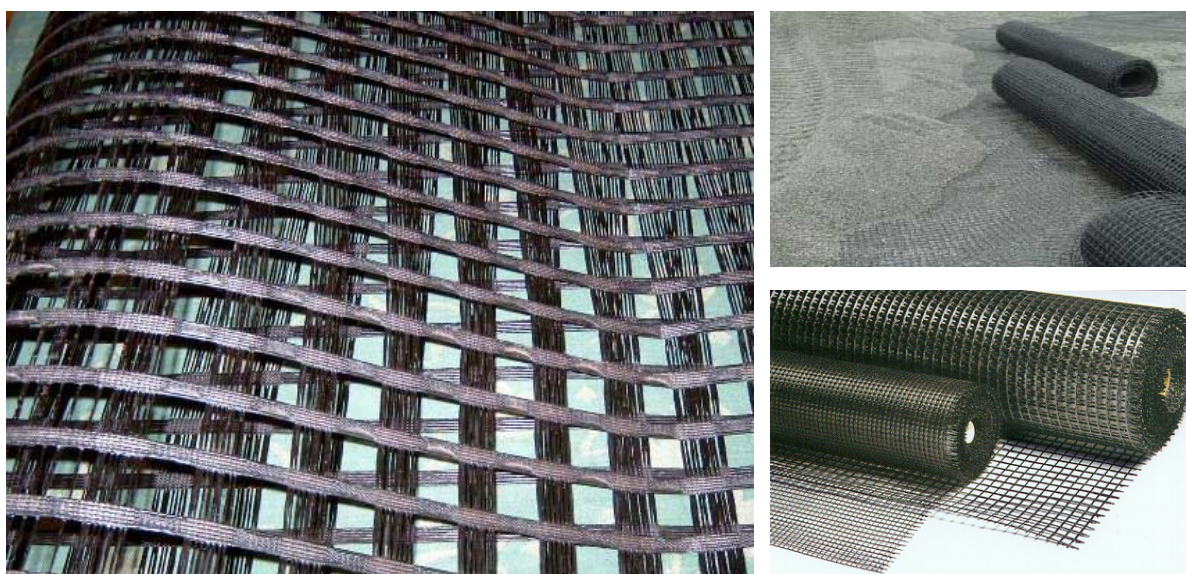
Хемискиот отпор на геомембраната се одредува преку протокол на потопување, проследено со сите потребни физички и механички тестови. Податокот од инкубираниот примерок се споредува со добиениот материјал и се проценува во период од 120 дена.

Пукнатина во геомембраната произведена од полимерни материјали, може да произлезе од два механизма: бавен пораст на пукнатината и брза

пукнатинска пропација (ширење). Брзата пукнатинска пропација најчесто настанува под влијание на товар.

8.1.3. Геомрежи

Основното својство кое ги разликува геомрежите од другите геосинтетици се отворите меѓу надолжните и попречни снопочиња од полимерни влакна, кои се доволно големи почвата да пробива од едната страна на геомрежата на другата (сл. 23).



Слика 23. Геомрежа

Figure 23. Geogrid

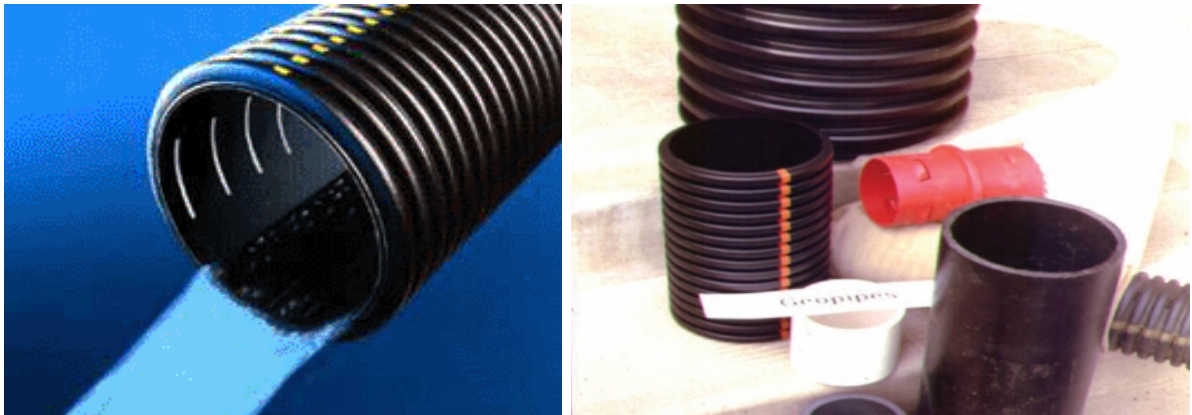
Геомрежите располагаат со голема сила на затегање и ги примаат напрегањата на смолкнување. Геомрежите ја извршуваат функцијата на армирање благодарение на развојот на методите на високо-модулни полимерни материјали со голема јакост на затегање. Полимерни материјали кои најчесто се користат при нивно производство се полиетиленот и полипропиленот со голема густина. Ткаениот тип на геомрежи користат полиестер покриени со PVC или битумен. Нивната основна примена е: армирање кај депонии, санација на свлечишта, стабилизација на земјена покривка кај депонии, заштита од ерозија, како габиони при конструкција на

сидови и др. Геомрежите вообичаено се изработуваат со дебелина од 4 до 6 mm, а површината на отворите им варира од 40 до 95 %.

8.1.4. Геоцевки

Геоцевките (сл. 24) се синтетички цевки кои имаат широка примена. Нивната функција кај флотациските јаловишта е:

- одведување на дренажни води од дренажниот систем;
- одведување на води од таложното езеро (колектор);
- одведување на заштитни води;
- транспорт на флотациска пулпа.



Слика 24. Геоцевки

Figure 24. Geopipes

8.1.5. Геосинтетички глинени слоеви

Геосинтетичките глинени слоеви претставуваат ролни од тенки слоеви на бентонит глина поставена меѓу два слоја од геотекстил или е сврзана со геомембрана. Во присуство на вода, слојот на бентонит набабрува и значително го редуцира движењето на вода.

Овој материјал започнува да се користи од 1988 година во САД како подлога на геомембрана кај депонија. Примарната функција му е хидраулична бариера, користена да го спречи придвижувањето на течностите, а воедно претставува и замена на геомембраните и збиените глинени слоеви. Геосинтетичките глинени слоеви најчесто се применуваат под геомембраните

(сл. 25) кај јаловишта и депонии како заштита од пробивање на материјалот од тлото, со што се спречува оштетување на геомембраната.



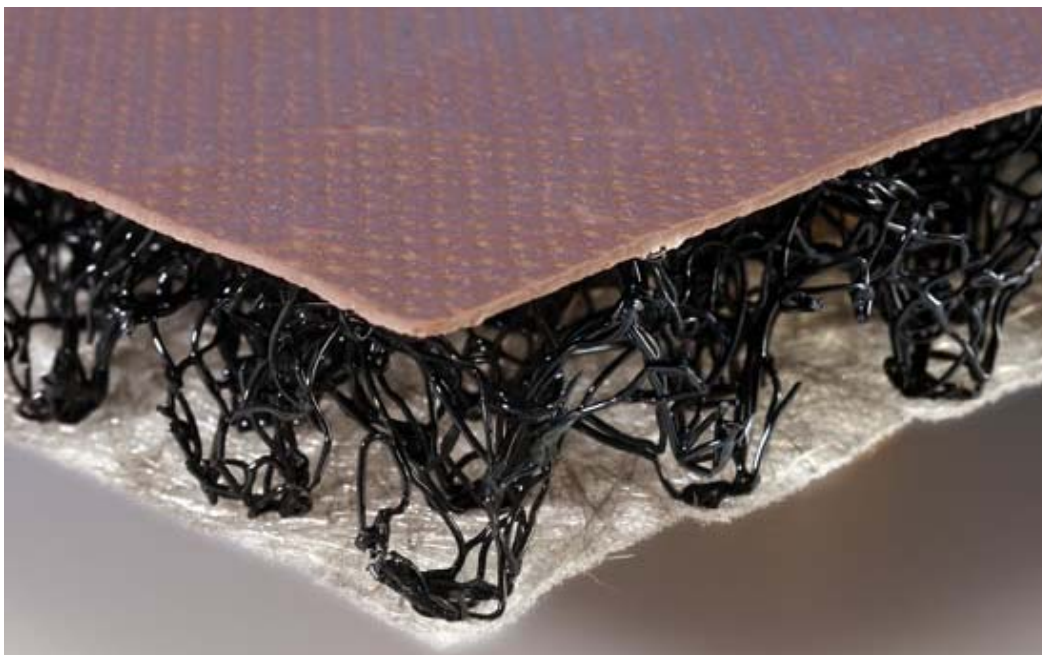
Слика 25. Геосинтетички глинен слој

Figure 25. Geosynthetic clay layer

8.1.6. Геокомпозити

Геокомпозитите се изработуваат со комбинирање на два или повеќе типа од постоечките видови на геосинтетици: геотекстил со геомембрана, геомембрана со геомрежа или геотекстил со геомрежа (сл. 26 и сл. 27). Геокомпозитите можат да имаат дренажачка улога или заштита на косини од ерозија.

Дренажниот геокомпозит се состои од дренажен слој поставен меѓу два геотекстили. Неговите главни функции се: филтрација, дренажање, заштита.



Слика 26. Дренажен геокмпозит

Figure 26. Drainage geocomposite



Слика 27. Геокмпозит

Figure 27. Geocomposite

Геокмпозитот кој се состои од неткаен полиестер како обвивка и јадро од тенки полиестерски влакна поврзани во пресечните точки, обезбедува максимално истекување на водата и со тоа го забрзува процесот на консолидација до 90 % на земјените слоеви, како што се: флотациска јаловина, мека глина и сл. Главната функција му е обезбедување кратки и пропустливи патеки за истекување на вишокот вода од порите.

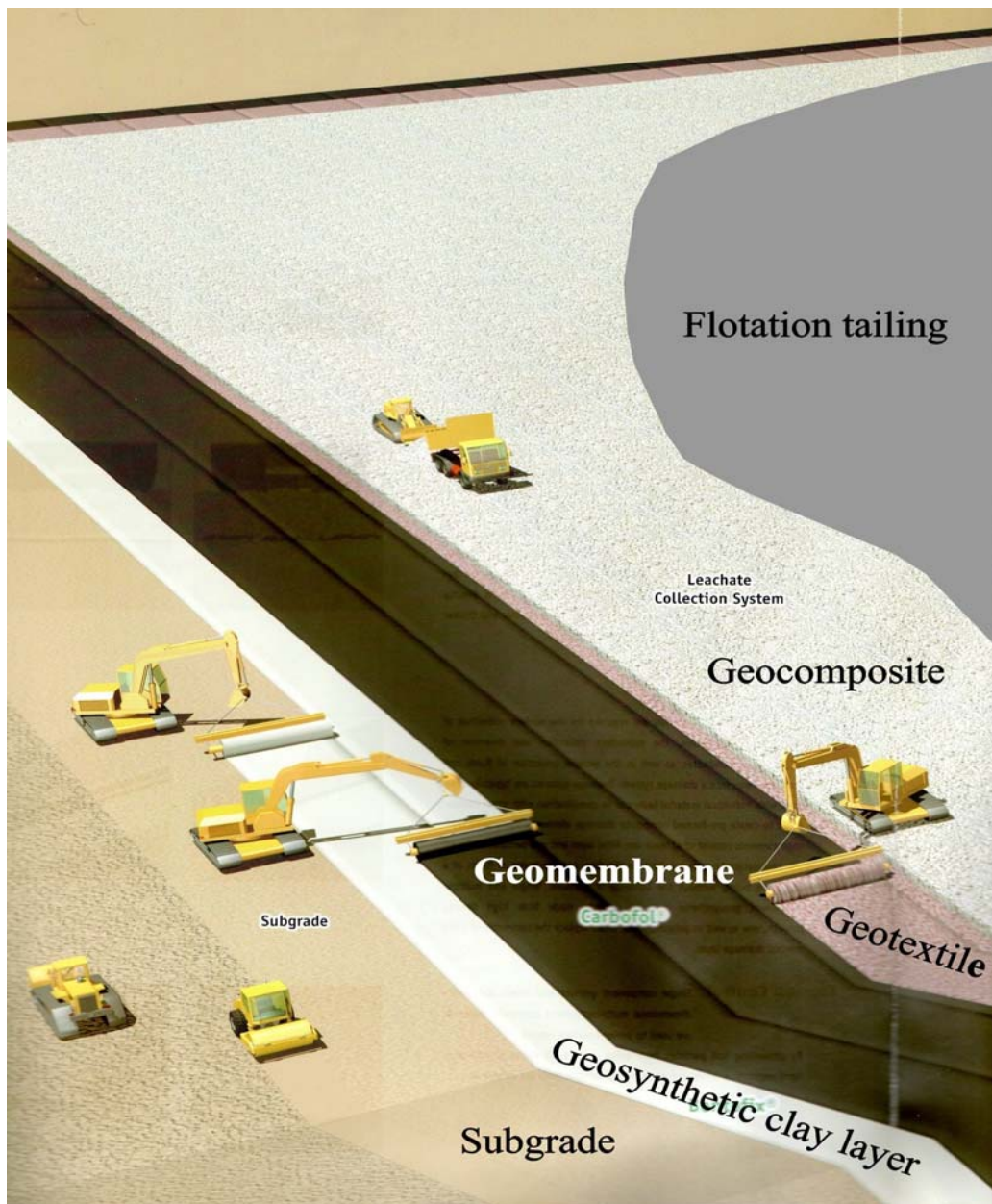
Геокомпозит кој има лесна и флексибилна алтернатива за заштита од површинска ерозија е проектиран да обезбеди развој на силна вегетација за перманентна заштита од ерозија на косини кај депониите и други површини изложени на ерозија (сл. 28). Тој е во форма на мрежа изработена со отворена структура од полиамидни влакна споени во пресеците, при што 90 % од нивниот волумен е слободен и се исполнува со хумус и со семе за затревување.



Слика 28. Геокомпозит за заштита од површинска ерозија
Figure 28. Protection from surface erosion with geocomposite

8.2. Инженерство со геосинтетици за третирање на тло

За проектирање на модерно флотациско хидројаловиште најчесто тлото се подготвува на тој начин што се врши израмнување на теренот, се поставува геотекстил или геосинтетички глинен слој, па се поставува рапава геомембрана и врз геомембраната се поставува геотекстил и дренажен геокомпозит (сл. 29).



Слика 29. Инженерство со современи материјали во почетна фаза
 Figure 29. Engineering with modern materials in beginning phase

Геосинтетичкиот глинен слој и геотекстилот служат за заштита на геомембраната од оштетување. На овој начин, се прави комплетна изолација на тлото од флотациската јаловина и се овозможува задржување и дренирање на процедните води.

Со дренажниот геокомполит се врши дренирање на процедните води од флотациската јаловина, на тој начин што во најниската точка од дното на јаловиштето се поставува дренажна геоцевка (сл. 30). Со дренажната цевка се

врши одведување на процедурната вода надвор од јаловиштето и се постигнува поголема стабилност на браната од јаловиштето.



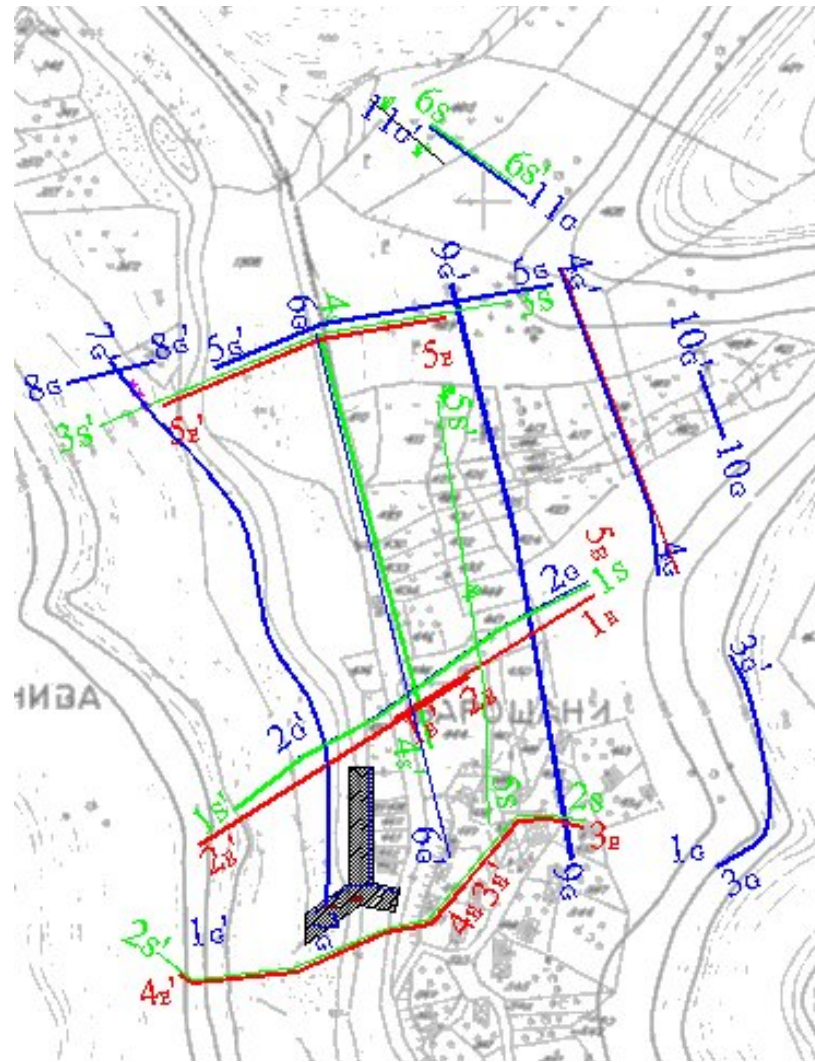
Слика 30. Приказ на геосинтетички слоеви со дренажна цевка

Figure 30. Preview of geosynthetic layers with drainage pipe

Во случај флотациското јаловиште да се лоцира во рамничарски предел, тогаш задолжително изолирачките геосинтетички слоеви се поставуваат и на почетните иницијални брани.

Доколку флотациското јаловиште се лоцира во долина, а околниот терен е карпеста маса, во таков случај се врши изолација само на најниските делови од долината и на деловите во кои се регистрирани раседни зони. За дефинирање на теренот најдобро е да се извршат геофизички испитувања на локацијата за целото флотациско јаловиште.

Како пример го разгледуваме случајот за ново флотациско јаловиште во рудникот Тораница, за кое јаловиште се извршени геофизички испитувања со сеизмички, георадарски и геоелектрични снимања. Испитувањата се направени од фирмата ГЕОС од Ровињ (Хрватска) во периодот од август до септември 2010 година, а на следната слика (сл. 31) е прикажана ситуација со распоред на георадарски, геоелектрични и сеизмички профили.



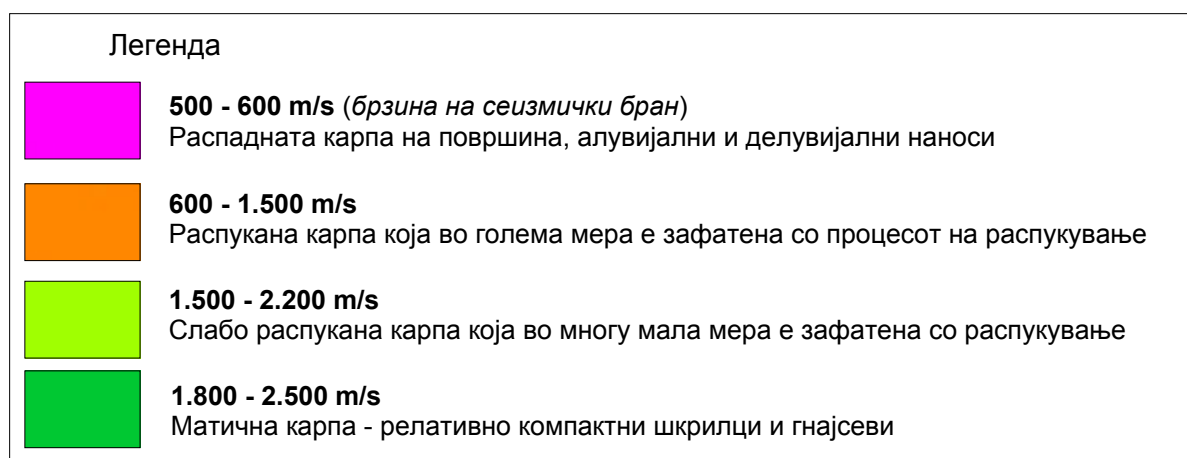
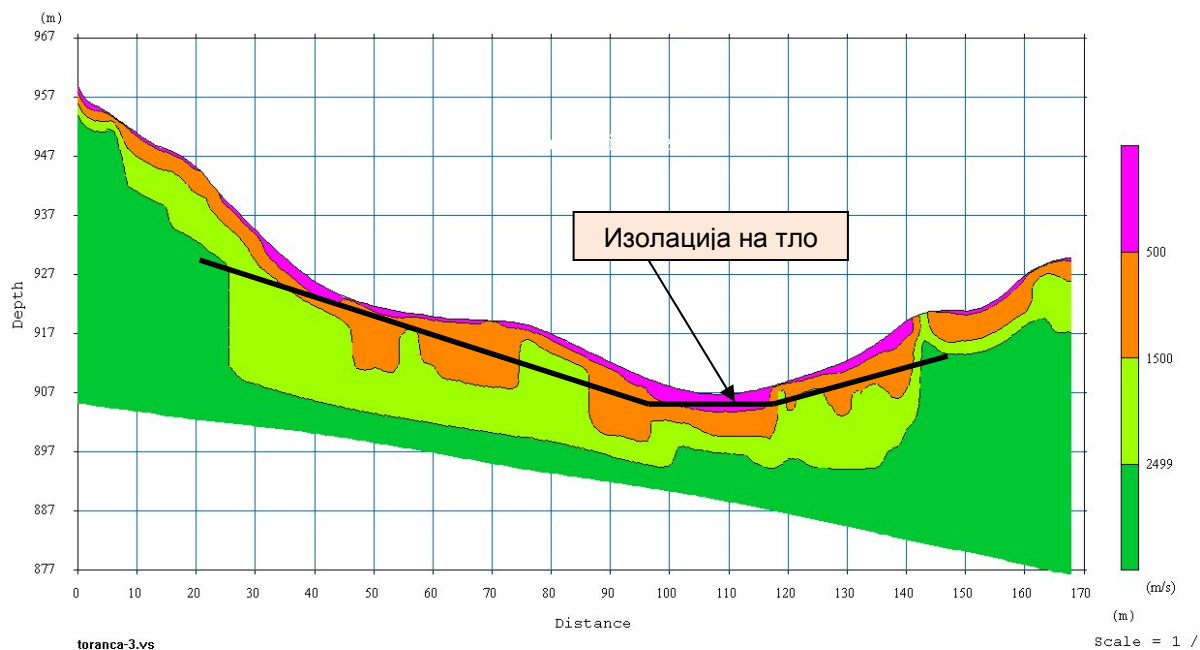
LEGENDA:

- 1_G — 1_{G'} Trasa snimanja i broj georadarskog profila
- 1_E — 1_{E'} Trasa snimanja i broj geoelektričnog profila
- 1_S — 1_{S'} Trasa snimanja i broj seizmičkog profila

Слика 31. Распоред на георадарски, геоелектрични и сеизмички профили
 Figure 31. Schedule of profiles - georadary, geoelektric and seismic

Како за илустрација, ако го погледнеме сеизмичкиот профил 3s-3s' (сл. 32), профилот по кој би се лоцирала песочната брана за новото следно јаловиште, ќе забележиме дека во речното корито на Крива Река има слој од алувијални наноси, делувијални наноси по ободните делови, потоа во длабина распукана карпа, па слабо распукана карпа по целиот профил и најдлабоко

матична релативно цврста карпа¹³. Со цел спречување процедурните води од флотациската јаловина преку пропустливите слоеви како подземни води да се транспортираат по долината и да ги загадуваат подземните води, потребно е да се направи изолација на тлото како што е прикажано на сл. 32.



Слика 32. Сеизмички профил 3s-3s'

Figure 32. Seismic profile 3s-3s'

Најпрво се отстранува одреден дел од површинскиот слој, се рамни теренот со потребните падови, се поставува изолациски слој (заштитен слој за геомембрана, и геомембрана) од матичната цврста карпа на едниот бок до матичната цврста карпа до другиот бок. Тоа треба да се направи на тлото на

¹³ GEOS (2010), Radnji izveštaj o rezultatima geofizickih snimanja u sklopu inzenjersko-geoloskoh i hidrogeoloskih istrazivanja za novi jalovnik Toranica

локацијата за целото јаловиште, како и поставување на изолационен слој и на косината од претходно завршеното јаловиште во висина до која е планирано изградба на ново јаловиште. На тој начин, би се обезбедило задржување на целокупните води од флотациската јаловина, која преку дренажен систем ќе се одведува надвор од јаловиштето во помошно таложно езеро или во систем на лагуни и на тој начин би се постигнал висок степен на заштита на подземните и површинските води низводно од јаловиштето.

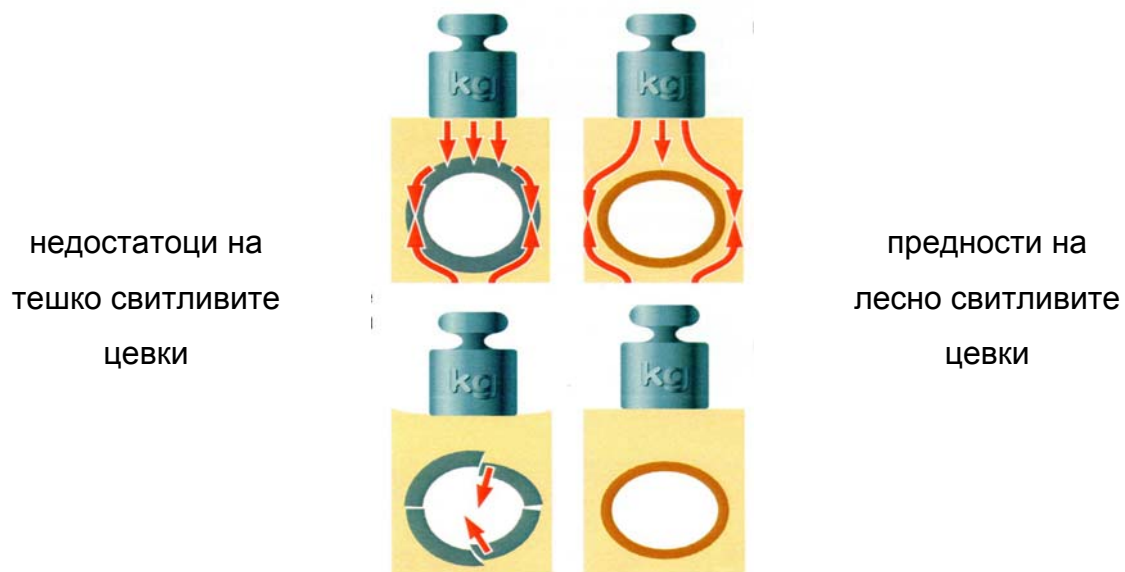
Со изградба на помошно таложно езеро низводно од флотациското јаловиште, исто така со изолирање на тлото и поставување хоризонтална и вертикална дренажа, заштитата на површинските и подземните води би била на многу високо ниво.

8.3. Инженерство со цевководи кај флотациските јаловишта

За транспорт на флотациската јаловина, одведување на преливните и процедурните води од флотациските хидројаловишта и сл., во поново време се проектираат системи со употреба на современи геоцевки, односно полипропиленски (PP) цевки. Пропиленот е висококвалитетна суровина, кој веќе многу години се докажува во комплексните подрачја од индустријата. Пропиленот се одликува со следните својства:

- механички - идеален баланс меѓу цврстината и отпорноста од удари;
- термички - применлив како при ниски (до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) така и при високи температури (краткотрајно до $90\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- хемиски - отпорен на хемикалии и корозија;
- еколошки - целосно безопасен, може и по неколку децении да го снабдува циклусот на материи.

Полипропиленските (PP) цевки се отпорни на хемикалии и лесно свитливи и реагираат флексибилно на статичките и динамичките товари. Тие се поеластични од околното земјиште. Лесно свитливите цевки го одбиваат притисокот и незначително се преобликуваат, а со тоа се избегнуваат штетните притисоци и така не може да настанат пукнатини во нив, односно се отпорни на пукнатини и механички шокови. Со тоа се воспоставува сигурно, долгорочно и непречено функционирање, што може да се види на сл. 33, каде се следи дејството на тешко свитливите цевки во однос на лесно свитливите цевки.



Слика 33. Недостатоци на тешко свитливи и предности на лесно свитливи цевки

Figure 33. Disadvantages of hard pliable and advantages of easily pliable pipes

Најновите истражувања за полипропиленските цевки го потврдуваат нивниот минимален век на траење од 100 години, додека тестовите на издржливост укажуваат на тоа дека векот им е значително подолг.

Сите колекторски системи за одведување на водите од таложните езера од јаловиштата во Република Македонија се армирано бетонски и притоа сите колектори имаа одредени проблеми или сè уште имаат. Токму затоа, инженерството со современи геоцевки во иднина ќе зазема сè поголема улога.

Со оглед дека кај колекторот на јаловиштето Тораница е регистрирана аномалија (продор на вода низ тесни процепи на спојките на бетонските цевки - утврдено со снимање), проектиран е нов колекторски систем со траса по левиот бок на јаловиштето (сл. 34) во карпест предел.

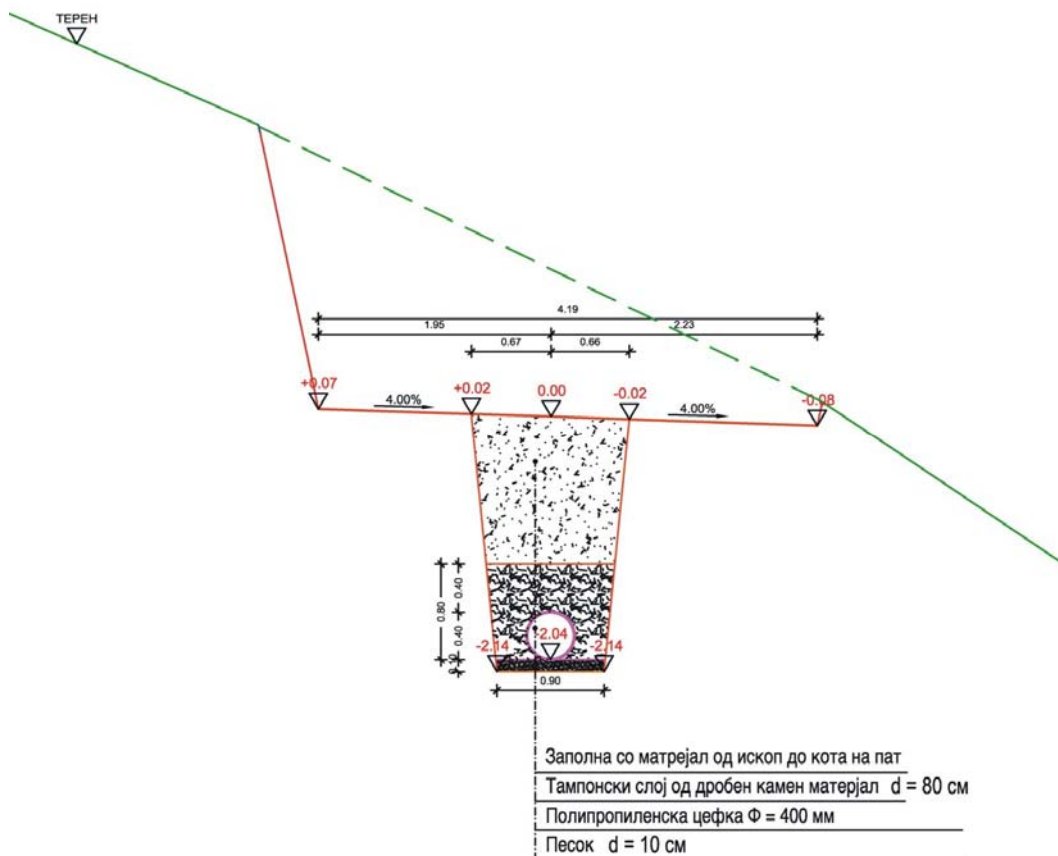


Слика 34. Сливовит приказ на траса за нов колектор

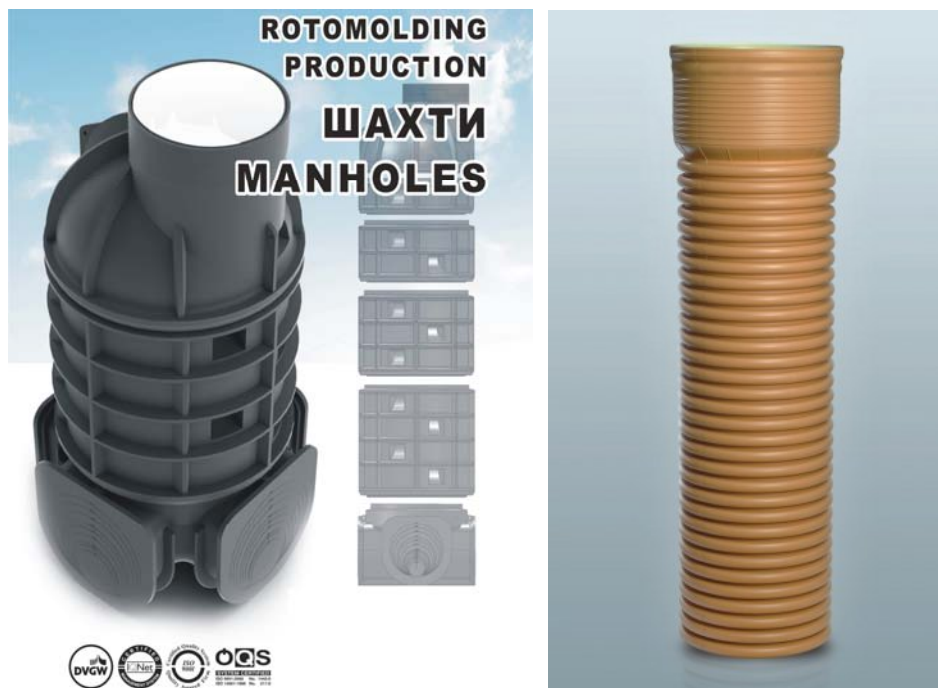
Figure 34. Present of the route for a new collector

Колекторот е проектиран да биде од коругирани полипропиленски цевки SN 16 со пречник од 400 mm (DN 400) со должина од 695 m. Предвиден е да биде на цврст карпест терен на длабочина од околу 1,2 m под коџа на пробиениот пат (на одредени потези и подлабоко, максимум до 2,5 m), на израмнителен слој од песок од 10 cm (сл. 35). По поставување на цевките и затрупување со слој од ситен тампонски материјал со дебелина од 40 cm, ровот се пополнува со локален материјал до коџа на нивелета на патот. На одредени места во зависност од карактеристиките на теренот се врши поставување на анкерни блокови со бетонирање.

За обезбедување подобри хидраулични карактеристики на колекторот може да се постават ревизиони шахти изведени од сегментни делови на РР шахти кои на површинскиот дел имаат заштитен метален капак. Добрата карактеристика на ваквиот вид РР шахти (сл. 36) е нивната можност за надвишување со додавање на цевки и поставување по косината нагоре, во случај на потреба од надвишување на песочната брана. Овој тип на шахта може да се искористи и за влезот на колекторот, односно би се поставиле вакви шахти на местата за отвори за прелив на вода.



Слика 35. Карактеристичен пресек на траса за нов колектор
Figure 35. Typical cross section of the route for a new collector



Слика 36. PP шахта и коругирана PP цевка
Figure 36. PP manhole and PP pipe

Висок степен на сигурност на колекторот гарантира и тоа што над колекторот се поставуваат изолационите слоеви кои се поставуваат на тлото.

Генерално за колекторските системи кај јаловишта лоцирани во долини, може да се каже дека не е пожелно да се поставуваат на најниските точки од долините, туку треба да се изведуваат во боковите на теренот со цел обезбедување на подобра подлога.

Како можна дополнителна заштита на цевководи кои поминуваат низ флотациската јаловина, е тие да се омотуваат со тенка лесно свитлива геомембрана и на тој начин да бидат комплетно изолирани од флотациската јаловина.

8.4. Инженерство за санирање на цевководи

Цевководите се основна инфраструктура за одведување на водите од јаловиштата кај многу флотациски хидројаловишта. Понекогаш се случува системот за одведување на води да биде дотраен и пропустлив, со што може да се нанесе огромна штета на животната средина и директно да се загрози водата во реките, водата за пиење, а со тоа се разбира и човековото здравје. Во таа насока е развиена метода со која се врши отстранување на проблемите во системите за одведување на води.

Инженерството за санирање на цевководи (лининг)¹⁴, е нова метода и претставува голем технолошки исчекор во секторот на одведување на води на македонскиот пазар, која метода работи на принципот без ископување. Оваа метода е апликативна на сите облици и материјали на оштетени цевководи.

Најпрво се врши инспекција (снимање) на цевководот со дигитални робот камери, кои се во состојба да ги снимат сите форми на цевководни системи и материјали со димензии 100 ÷ 1.500 mm. Резултатот на таквите снимања е извештај адекватен на нормите ЕН 13508-2, кој содржи сеопфатна и детална пишана и видео документација, која ја отсликува затекнатата состојба во прегледаните цевководи и може да се употреби во изработка на дигитална слика на цевководниот систем.

¹⁴ <http://www.eko-team.net>

Санирањето се врши со специјална опрема и специјализиран стручен тим за овој вид технологија, со специјален материјал за санација (линер).

Во оштетениот цевковод се внесува материјалот за санација (сл. 37), а потоа со помош на компримиран воздух се врши прилепување на материјалот за внатрешниот дел од цевководот со што се создава цврста врска, а со тоа се постигнува затворање на местата кои се пропустливи.



Слика 37. Санација на цевководи

Figure 37. Restoration of system of pipelines

8.5. Инженерство со геотуби

Геотубите се ткаенини од синтетички влакна кои вршат функција на заштита на насипи од ерозија, филтрирање на материјал со различна големина на честичките и сл. Целта на овие геотуби е да ги задржат суспендираните честички од јаловинскиот материјал од преработка на рудите и да ги дренаат водите (сл. 38).

Употребата на геосинтетичкиот полипропиленски материјал кој е фабрикуван во цилиндрична цевка наречена геотуба, доби широко распространето внимание во текот на изминатите неколку години. Неколку компании развиваа искуство, инженеринг, софтвер за големината на геотубите, тестирање за хемиска употреба и области на инсталации.



Слика 38. Типична геотуба во функција

Figure 38. Typical Geotube in function

Пропустливите геотуби може да имаат примена на флотациските хидројаловишта на тој начин што при градење на песочните брани, на периферните делови би се поставувале геотуби (сл. 39), кои би се полнеле со флотациски песок. Исто така, геотубите можат да се користат за бариери на помошни таложни езера во редовно работење на јаловиштата или за случај на несакани хаварији.

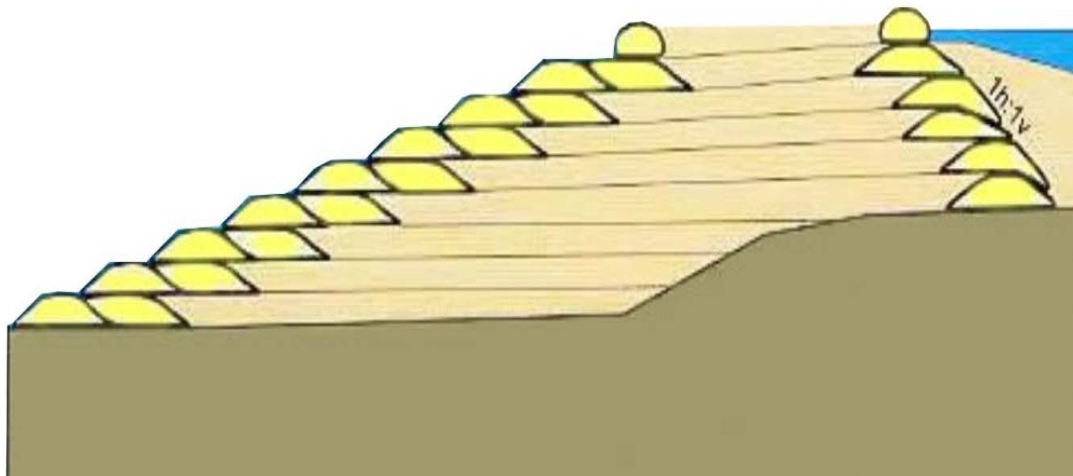


Слика 39. Градење брана со геотуби

Figure 39. Building a dam with Geotube

При полнење на геотубите потребно е содржината на вода во јаловината да се зголеми на 80 %, односно потребно е додатна количина на вода во моментот кога ќе се врши полнење на геотубите, а полнењето ќе се врши со пумпи под притисок.

Со овој начин на инженерство се постигнува заштита од ерозија на косината, се зголемува стабилноста на браната и се врши заштита на животната средина од разнесување на сувиот флотациски песок со воздушните струења. Овој метод е можен кај браните кои се градат возводно или централно кога браната започнува со градба на поширока површина и при изградба нагоре браната се стеснува (сл. 40), а геотубите можат да се поставуваат на двата краја од браната. На тој начин, ќе се има значително постабилна брана, односно постабилно јаловиште, а ќе се обезбедува и заштита на околниот терен и заштита на воздухот од разнесување на флотациски песок при воздушни струења.



Слика 40. Градење брана со геотуби

Figure 40. Building a dam with Geotube

Како подлога за поставување на геотубите би бил непропустлив геосинтетик - геомембрана, која на најдолните делови би имала дренажни цевки за прифаќање на процедните води. Системот за полнење на геотубите е составен од пумпи, цевководи, црева, вентили и сл.

При проектирање на надвишувањето на ретензионата брана на хидројаловиштето Тораница разгледувано е техничкото решение за

надвишување со геотуби. Поради тоа што оваа метода е нешто поскапа од класичната, избрана е класична метода за надвишување.

Во случај надвишувањето на ретензионата брана на флотациското хидројаловиште Тораница да се изведуваше со геотуби, почетната фаза (прва ламела) од надвишувањето би изгледала слично како на сл. 41, бидејќи надвишувањето ќе започнеше во постоечкото таложно езеро.



Слика 41. Инженерство со геотуби

Figure 41. Engineering with Geotube

8.6. Инженерство со Incomat¹⁵

Incomat е високојакосна двослојна ткаенина за стабилизирање на насипи и темели кај работи во хидротехничкиот инженеринг. Се состои од два високојакосни поврзани полиамидни или полиетиленски ткаени слоеви, за да формираат флексибилна структура која може да се наполни со бетон, малтер, песок или кој било сличен материјал. Се произведува во две варијанти во вид на мадраци за различни примени: пропустливи флексибилни мадраци и непропустливи мадраци. Се произведува во различни облици и големини (сл. 42).

¹⁵ <http://www.huesker.com/uk/geosynthetics/products/incomatr/>



Слика 42. Видови на Incomat

Figure 42 Types of Incomat

Различните Incomat видови нудат разновидна примена и можности. Incomat се инсталира едноставно над или под површината на водата без никакви тешкотии, економичен е, доверлив и технички едноставен за заштита од ерозија.

Има висок UV отпор, добра отпорност на алкалии, киселини, органски растворувачи и биолошки активни материјали и е исклучително траен. Се произведува со дебелина од 6 до 60 см.

Пропустливиот флексибилен Incomat може да има примена на флотациските хидројаловишта, на тој начин што на косините од јаловиштето како што напредува изградбата на браната би се поставувал Incomat-от и би се полнел со флотациски песок (сл. 43). При полнење на Incomat потребно е содржината на вода во јаловината да се зголеми на 80 %, односно потребно е додатна количина на вода во моментот кога ќе се врши полнење на Incomat-от, за полнењето да биде порамномерно. Полнењето се врши со пумпи под притисок.

Со овој метод се постигнува заштита од ерозија на косината и заштита на животната средина од разнесување на сувиот флотациски песок со воздушните струења.



Слика 43. Полнење на Incomat

Figure 43. Installation of Incomat

Оваа метода е можна кај флотациските јаловишта на кои песочната брана се гради возводно или на коси делови од флотациското јаловиште кои се завршени со градба. За покривање на косините на флотациските јаловишта доволен е Incomat со мала дебелина, кој секако ќе врши спречување на разнесување на флотациски песок во вид на прашина.

8.7. Инженерство за третман на води од флотациските јаловишта

Најсериозен проблем од еколошки аспект, поврзан со одлагањето на флотациската јаловина во јаловиштата е испуштањето на контаминирани води во површинските и подземните текови. Овој проблем е поизразен кај површинските текови. Зголемената концентрација на тешките метали во животната средина може да предизвика дестабилизација на екосистемите, поради биоакумулацијата на овие метали во живите организми и токсичните ефекти по живите организми (Alloway and Ayres, 1993; Nagel et al., 1996; Banaszak et al., 2000; Kaznina et al., 2005; Liphadzi and Kirkham, 2006; Andra et al., 2010).

Најдобро е доколку се врши рецикулација на водата од јаловиштата, односно истата вода повторно да се користи во процесот на преработката на

минералните суровини. Но, во одредени случаи значителни количини на вода од флотациските хидројаловишта се испуштаат преку преливен колектор, а додека помала количина (од филтрациони и процедурни води) се испушта во вид на дренажни води.

Флотациските хидројаловишта претставуваат еден вид пречистителни станици, кои вршат улога на прочистување на водите кои се користат во процесот на минералната технологија (преработка) на металните руди.

Покрај сите мерки за контрола и подобрување на квалитетот (избистрување по пат на повеќедневно одлежување) на водата која се испушта, во некои периоди можно е испуштање на контаминирани води во најблиските водотеци. Како резултат на испуштање на контаминирани води, доаѓа до таложување на штетни материи по речните корита, со што доаѓа до контаминација на околното земјиште.

За да се постигне висок степен на заштита на животната средина од водите од флотациските јаловишта, пожелно е водите од флотациските јаловишта да подлежат на посебен третман за допрочистување.

Најчесто применет метод за третман на водите е просторно-хемиски третман, кој првенствено вклучува додавање на едноставни хемикалии проследен со мешање, флокулација и коагулација пред или по друг третман. Овој третман, пред сè, ги намалува суспендираните материи во водите и ја отстранува заматеноста и бојата на водите. Друга метода е биолошки третман на водите¹⁶, која метода најчесто се користи за извлекување на тешките метали од водата. Овој третман претежно се изведува со аеробни бактерии.

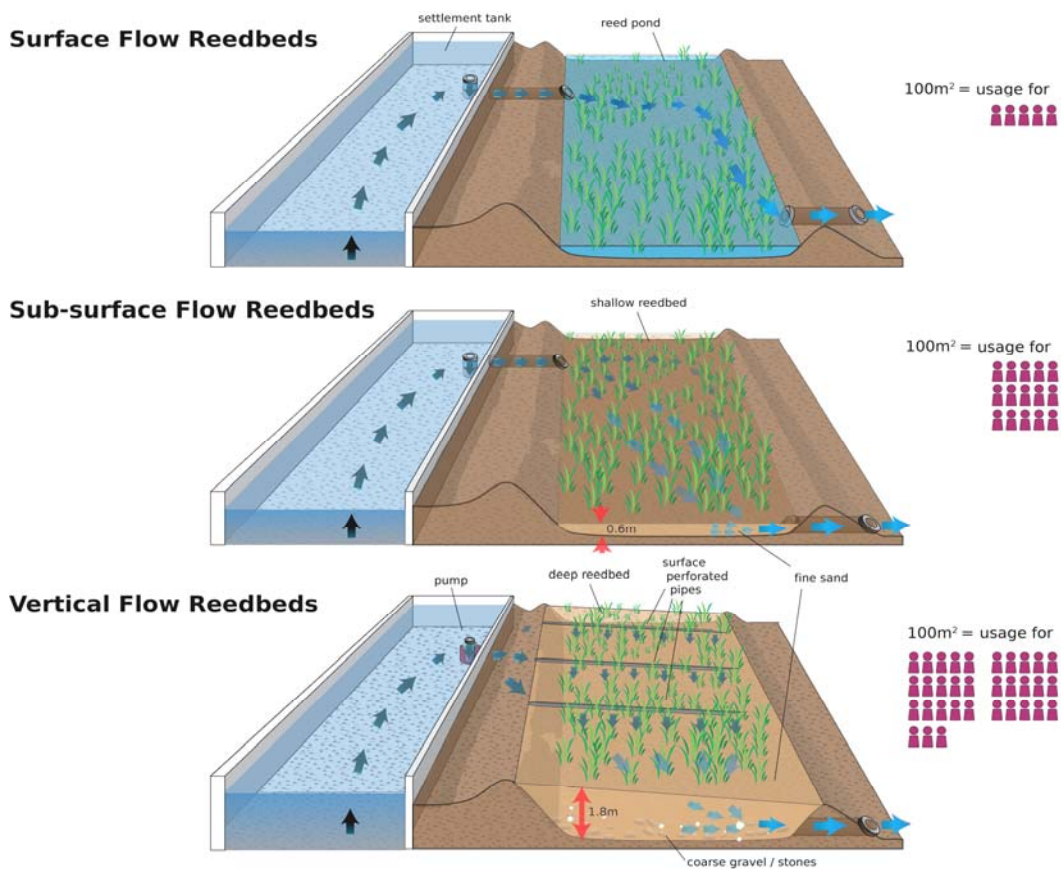
Најповолна опција за третман на водите од флотациските јаловишта е изградба на лагуни и третман со трски (сл. 44), грмушки или некои други растенија кои имаат карактеристики на апсорпција на тешки метали и хемикалии.

Во однос на движење на водите во лагуните, најчесто во употреба се три начини на проток на вода: површински тек, потповршински тек и вертикален тек (сл. 45).

¹⁶ ГЕИНГ (2011), Главен проект за третман на исцедокот во депонија за цврст отпад Дрисла



Слика 44. Лагуна со трски
Figure 44. Reedbeds



Слика 45. Начин на проток на вода при третман
Figure 45. Different flow configurations for reedbed treatment

Сите три начини на проток на вода треба да бидат поставени во затворен базен обложен со непропустлив материјал (геомембрана) со соодветни слоеви кои можат да бидат од чакал или песок.

Површинскиот тек на отпадните води се врши над корењата на растенијата и е на површината, а водата се доведува со цевки од едно место, а излезот е на другиот крај. Потповршинскиот тек на отпадни води е меѓу корењата на растенијата, но не е на површината, водата се доведува со цевки од едно место, а се испушта на другиот крај. Овој начин е поефикасен и помалку чувствителен на зимски услови. Вертикалниот тек е сличен на потповршинските текови, со тоа што отпадните води се доведуваат преку систем на перфорирани цевки во горниот слој на филтерскиот материјал (песок). Отпадната вода минува низ слој на фин песок и преку собирни дренажни цевки, поставени на долниот слој од филтерскиот материјал, се одведува од базенот за третман.

Базените за третман користат широк спектар на растенија, во зависност од локалните климатски и други услови. Растенијата кои се користат најчесто се автохтони и се одликуваат со оптимални перформанси за биоакумулација на тешки метали. Во зависност од длабочината на т.н. базени за третман се користат четири видови на растенија, како:

- длабочина 0÷20 cm - *Iris pseudacorus*, *Sparganium erectum*;
- длабочина 40÷60 cm - *Stratiotes aloides*, *Hydrocharis morsus-ranae*;
- длабочина 60÷120 cm - *Nymphaea alba*;
- потопени во вода - *Myriophyllum spicatum*.

Акватичните растителни организми ги биоакумулираат тешките метали и другите контаминенти преку кореновиот систем, односно токсичните метали или органските компоненти се поврзуваат со внатрешните клеточни структури на организмите. На следната табела (таб. 6) прикажани се некои акватични растителни организми кои акумулираат тешки метали.

Табела 6. Растителни организми кои акумулираат тешки метали

Table 6. Organisms which accumulate heavy metals

Species		No. Samples	Mean value and its range (min – max), ppm			
			Zn	Cu	Pb	Cd
<i>Alisma gramineum</i>	Ag	1	9.48	6.41	13.75	0.08
<i>Azolla filiculoides</i>	Af	1	45.58	5.13	16.10	0.20
<i>Batrachium aquatile</i>	Ba	4	43.56 (19.19-105.64)	10.22 (6.38 - 12.05)	25.16 (4.09 – 72.26)	0.38 (0.05 – 1.03)
<i>Batrachium penicillatum</i>	Bp	1	89.95	10.09	11.75	0.25
<i>Batrachium trichophyllum</i>	Bt	1	5.36	5.21	1.35	0.26
<i>Callitriche cophocarpa</i>	Cc	1	5.00	6.80	0.30	0.12
<i>Ceratophyllum demersum</i>	Cd	3	37.48 (17.95 – 55.47)	7.45 (7.19 – 7.93)	9.48	0.22
<i>Cladophora glomerata</i>	Cg	2	31.06 (10.24 – 51.88)	9.81 (4.40 – 15.21)	6.85 (0.50 – 13.20)	0.43 (0.12 – 0.73)
<i>Elodea nuttallii</i>	En	2	8.72 (2.40 – 15.03)	5.04 (3.79 – 6.28)	4.13 (3.34 – 4.91)	0.18 (0.13 – 0.23)
<i>Fontinalis antipyretica</i>	Fa	4	37.92 (6.70 – 76.19)	10.96 (3.92 – 20.98)	21.43 (10.66 – 35.44)	0.09 (0.06 – 0.12)
<i>Chara vulgaris</i>	Cv	1	4.10	0.96	14.58	0.13
<i>Lemna minor</i>	Lm	1	14.68	3.59	2.71	0.17
<i>Myriophyllum spicatum</i>	Ms	8	61.80 (3.63 – 61.8)	6.10 (1.59 – 14.68)	10.81 (1.22 – 24.15)	0.43 (0.02 – 1.75)
<i>Myriophyllum verticillatum</i>	Mv	2	27.37 (10.43 – 44.30)	3.13 (0.73 – 4.0)	6.21 (5.16 – 7.25)	0.47 (0.20 - 0.73)
<i>Najas marina</i>	Nm	3	24.02 (3.10 – 60.11)	6.61 (3.61 – 11.42)	4.75 (10.61 – 1.40)	0.70 (0.11 – 1.69)
<i>Potamogeton crispus</i>	Pc	3	33.01 (2.38 – 61.07)	3.06 (2.34 – 3.10)	12.05 (3.87 – 17.10)	0.36 (0.08 – 0.50)
<i>Potamogeton nodosus</i>	Pn	2	4.43 (3.32 – 5.54)	7.63 (7.25 – 8.01)	5.95 (5.66 - 6.24)	0.03 (0.02 - 0.03)
<i>Potamogeton pectinatus</i>	Pp	6	47.98 (3.05 – 148.68)	5.25 (3.56 – 7.64)	14.82 (3.09 - 27.36)	0.86 (0.09 - 0.11)
<i>Potamogeton perfoliatus</i>	Ppe	4	46.46 (17.49 – 72.92)	6.22 (4.35 – 8.08)	12.32 (9.69 – 16.92)	0.38 (0.12 – 0.62)
<i>Potamogeton pusillus</i>	Ppu	1	64.65	6.65	12.63	1.60
<i>Sparganium emersum</i>	Se	2	13.57 (13.15 – 13.99)	4.67 (3.15 – 6.19)	15.03 (12.73 – 17.33)	0.07 (0.02 – 0.11)

Локацијата на лагуната потребно е да биде во близина на испустите за колекторска и дренажна вода од флотациските јаловишта. Словите на лагуната, влезот и излезот на цевките за вода, треба да бидат соодветно избрани за висок степен за заштита на животната средина. На следните слики (сл. 46) е прикажана технологијата на конструкција на лагуни за третман на отпадни води од флотациски јаловишта.

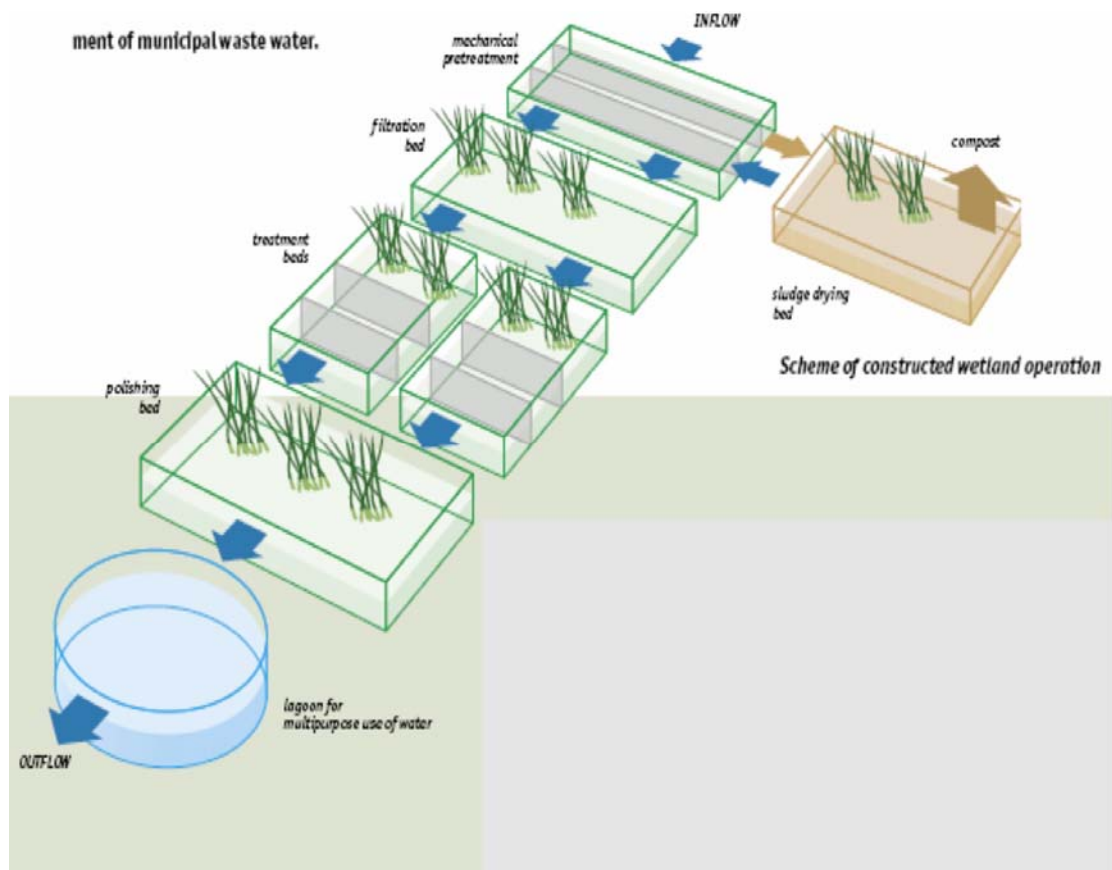


Слика 46. Градежни активности
Figure 46. Construction activities

Изградбата на структурните елементи на лагуната се состои од следните активности: ископување, товарење и транспорт на материјал, поставување на непропустлива обвивка (геомембрана), поставување на геотекстил на двете страни на геомембраната, поставување на филтерски материјал (чакал или песок), поставување на цевки и садење на растенија.

Типична лагуна за третман на води за да претставува функционална целина треба да ги содржи следните структурни елементи (сл. 47):

- Базен за механички преттретман;
- Базен за таложење на суспендирани честички;
- Базен за филтрација;
- Базени за третман на водите со вертикален тек;
- Базен за полирање;
- Резервоар за прочистена вода.



Слика 47. Шематски приказ на лагуна

Figure 47. Scheme of lagoon

По однос на изработените базени, слична ваква шема во почетна фаза има на хидројаловиштето Тораница (сл. 48), но недостасува поголемите базени да бидат обложени со непропустлив материјал (геомембрана), да се постави филтерски материјал и да се засадат потребните растенија (трски, грмушки или некои други адекватни растителни видови). Бидејќи третманот на отпадните води со ваков тип лагуни кои претставуваат природни екосистеми е мошне поволен од аспект на заштита на животната средина, оваа метода во иднина може да најде примена во јаловиштето Тораница, па и во другите јаловишта во Република Македонија.

Биолошкиот третман на отпадните води од флотациските хидројаловишта е високо зависен од локалната стратегија, законската легислатива, финансиските средства, климатските услови, адекватна локација, изборот на соодветни растенија (трски, грмушки и сл.). Кај добро проектирани и изведени лагуни одржувањето е минимално и при добро одржување лагуните ќе бидат во функција подолго време.



Слика 48. Базени на хидројаловиште Тораница

Figure 48. Pools on Toranica tailing dump

8.8. Инженерство за случај на несакани хаварии кај јаловиштата

Излевање на флотациска јаловина надвор од границите на флотациските јаловишта можат многу да ја загорзат животната средина и тоа посебно кога излевањето е со големи размери. До излевање на флотациска јаловина може да дојде при рушење на брана или при попуштање на некој од придружните објекти: преливни колектори, опточни колектори, заштитни колектори, флотациски пулповоди и др.

При несакани хаварии, големи количини на флотациска јаловина се разнесуваат на големи далечини, понекогаш и на неколку десетици километри. На тој начин, доаѓа до нарушување на природната рамнотежа во тие подрачја наталожувајќи се со флотациска јаловина. Штетните материи од флотациската јаловина навлегуваат во земјиштето врз кое е наталожена јаловината и можат да ги загорзат и подземните води.

Потребен е посебен пристап при инженерството со флотациските јаловишта и за случај на несакани хаварији.

Во случај на несакана хаварија кај јаловиште лоцирано во долина, за да се спречи разлевање на флотациската јаловина по долината, може да се примени техничко решение со изградба на повеќе помошни таложни езера со преградување со брани врз основа на Geotube технологија¹⁷ (сл. 49).



Слика 49. Прегради од геотуби и дренажа

Figure 49. Dam from Geotube and drainage system

Значи, со помош на геотуби се градат повеќе прегради по долината под флотациските јаловишта, при што со првата преграда се спречува излевање на флотациска јаловина од првото помошно езеро кое треба така да биде проектирано за да собере поголема количина на флотациска јаловина, односно количина која би се очекувала при несакана хаварија (рушење на брана, продор на јаловина низ објект и др.). Од првото помошно таложно езеро водата се дренира преку поставената преграда од геотуби, бидејќи геотубите се полнат со ситен пропустлив материјал. Во случај дел од честичките од јаловината да преминат преку првата преграда, тогаш целта на второто помошно езеро е да ги успори и исталожи тие честички и да врши бавно дренирање на водите. Доколку има и трета преграда, тогаш во третата преграда може да се постави хоризонтална дренажа од цевки, за брзо

¹⁷ TenCate Geotube® technology in Honduras

пропуштање на водите, а преградата од геотуби да врши дренарање само во енемни случаи.

Водите од помошните таложни езера можат повторно да се користат во процесот на преработка на рудите, односно да се врши рецикулација на водата.

Вакво решение е применето во рудникот за олово, цинк и сребро El Mochito во Хондурас, кај флотациско јаловиште со големи количини на контаминирани материи, во кое се врши рецикулација на вода, но во текот на обилните врнежи се вршело свлекување на материјал од јаловиштето и разнесување на јаловинскиот материјал по долината, при што се нарушувал екосистемот во непосредната околина.

На дното на целиот терен (и за јаловиште и за помошни езера) е поставен непропустлив материјал - геомембрана (сл. 50). Дренажни цевки се поставени на дното кај најдолните прегради, при што дренажните цевки се обвиткуваат со геотекстил, а геотубите од кои се изградени преградите (браните) се полнат со песок и служат како вертикална дренажа. Висината на браните и големината на помошните таложни езера, секако, зависи од големината на флотациските јаловишта и од протокот на процедурна вода. Инсталацијата за овој систем е едноставна и брза.



Слика 50. Сателитска снимка на јаловиште El Mochito

Figure 50. Satellite image of El Mochito tailing dump

Благодарение на оваа технологија во случај на несакани хаварии разлеаните материји се собираат во помошните таложни езера, а со браните од геотуби не се дозволува разнесување по течението на водниот тек, односно се има додатна контрола врз флотациската јаловина.

Средствата вложени за овој систем, се, секако, незначителни во однос на последиците кои би можеле да настанат по животната средина во случај на хаварија, како и казната која би ја платила компанијата која оперира со флотациското јаловиште.

За поголема сигурност на јаловиштата и за висок степен на заштита на животната средина, добро би било во состав на секое флотациско јаловиште во Република Македонија да има ваков систем, бидејќи скоро сите наши хидројаловишта во минатото имале несакани хаварии со големи последици.

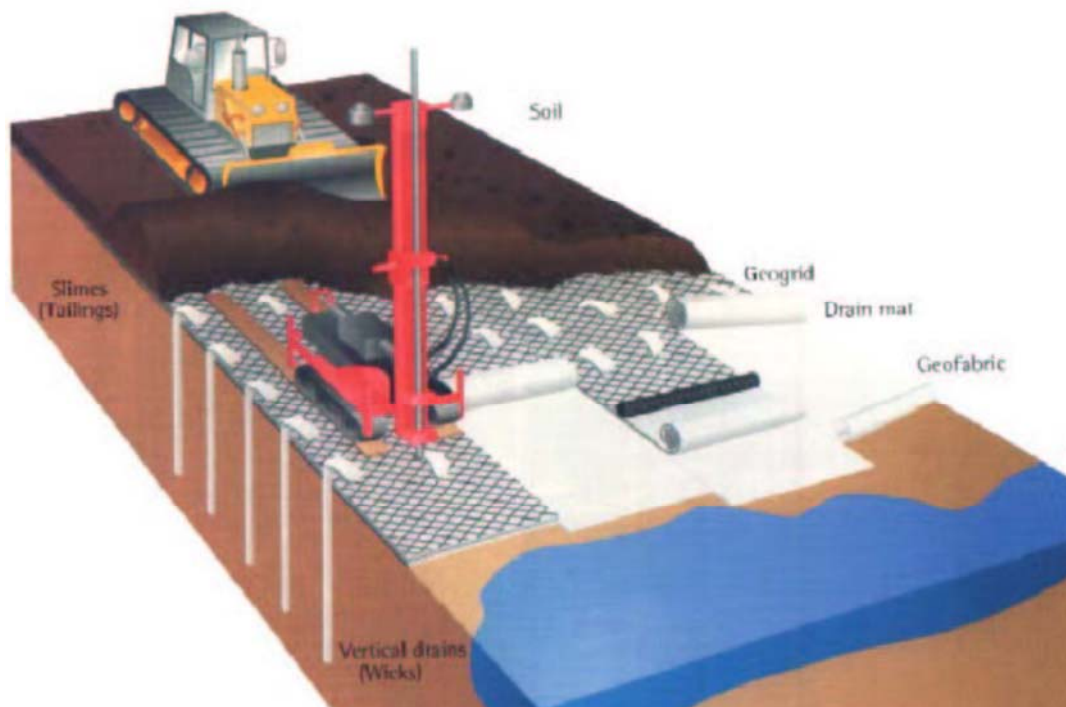
8.9. Рекултивација на флотациските хидројаловишта со примена на современи материјали

Земјиштата кои настануваат од депонираниот флотациски отпад (флотисоли), поради високата содржина на штетни компоненти, претставуваат широк спектар на потенцијални проблеми за поблиската и подалечната средина. Овие земјишта немаат никаков биотички потенцијал и за нивното влијание врз животната средина да се сведе на минимум и да можат повторно да се користат, потребно е да подлежат на рекултивација.

Рекултивацијата претставува збир од мерки за рехабилитација на продуктивноста на девастираното земјиште, како и подобрување на условите на околната средина. Постојат два типа на рекултивација:

- Техничка рекултивација и
- Биолошка рекултивација.

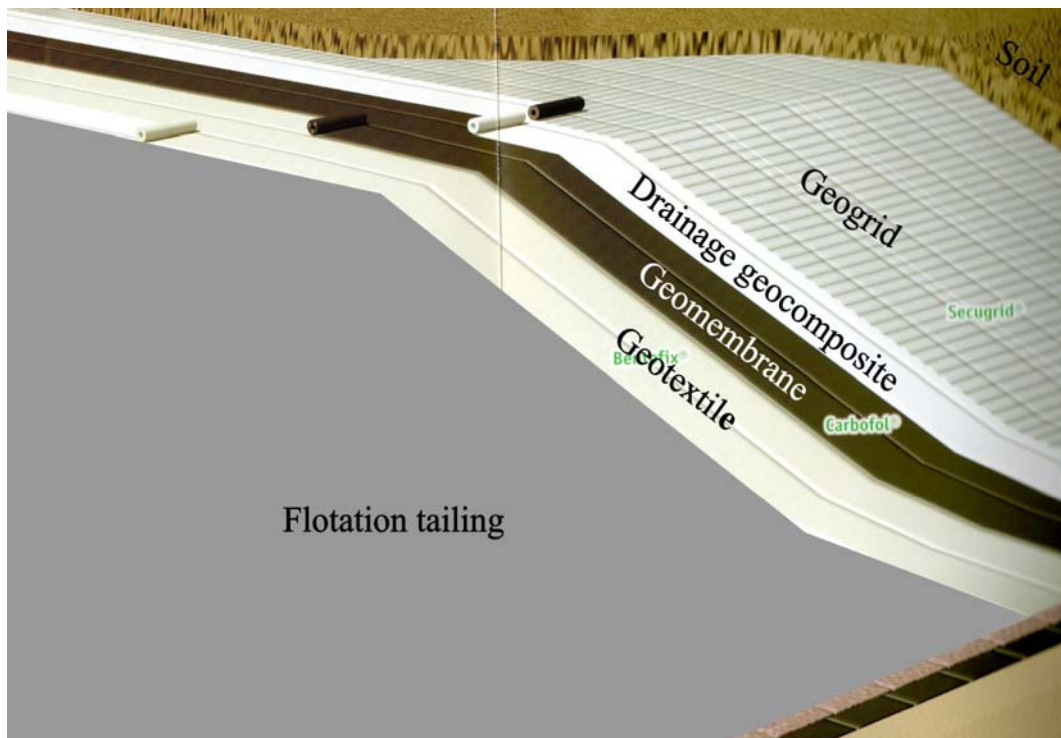
Пред да започне процесот на рекултивација, најпрво флотациското јаловиште треба да се ослободи од водата во него, односно со одредени постапки да се изврши сушење на јаловиштето. Еден од начините за одводнување на јаловиштата е истиснување на водата со додавање товар, додека втор начин е поставување на вертикални дренажи и додавање товар врз јаловиштето (во некои случаи и со висина од над десет метри), со цел истиснување на заостанатите води (сл. 51).



Слика 51. Одводнување на флотациско јаловиште
 Figure 51. Drainage of tailing dump

Техничката рекултивација претходи на биолошката и во неа се вклучени мерките за подготовка на земјишната површина, изолација на флотисолите и мерките за обнова на плодниот слој. За да имаме ефикасна техничка рекултивација, потребно е врз флотациската јаловина да се постави геотекстил, геомембрана, дренажен геокмпозит, геомрежа и потоа се распостила хумусен материјал со дебелина 30÷70 см.

Значи, врз депонираната флотациска јаловина повторно се поставуваат геосинтетички слоеви, редоследно како што е прикажано на следната слика (сл. 52). Се поставува геотекстил, рапава геомембрана, дренажен геокмпозит, геомрежа по косините и потоа се распостила хумусен материјал (сл. 53) и се врши биолошка рекултивација.

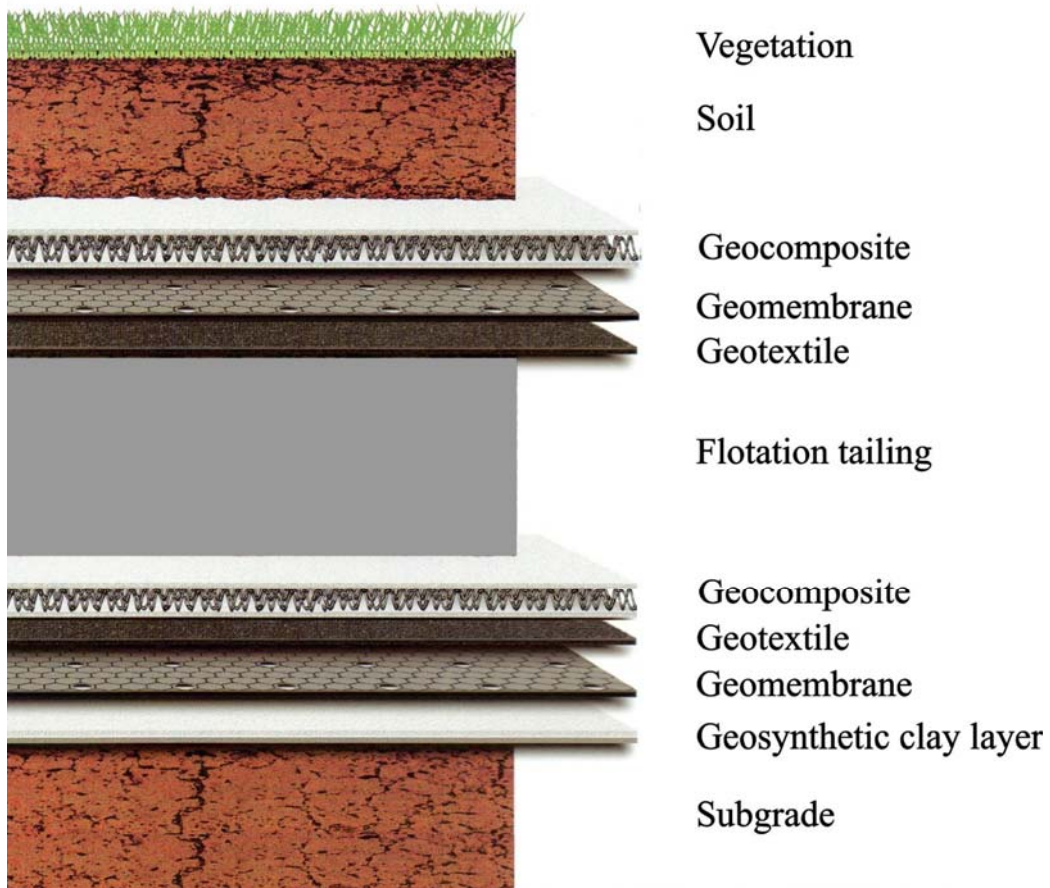


Слика 52. Инженерство со современи материјали во финална фаза
 Figure 52. Engineering with modern materials in final phase



Слика 53. Поставување геомрежа за заштита од ерозија
 Figure 53. Erosion control with geogrid

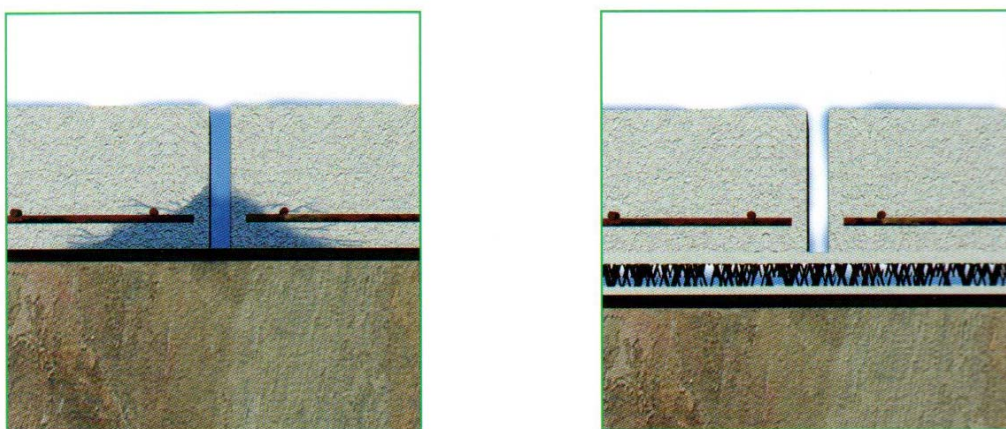
На сл. 54 е прикажан шематски приказ на сите слоеви од едно современо флотациско јаловиште проектирано со современи материјали.



Слика 54. Приказ на геосинтетички слоеви

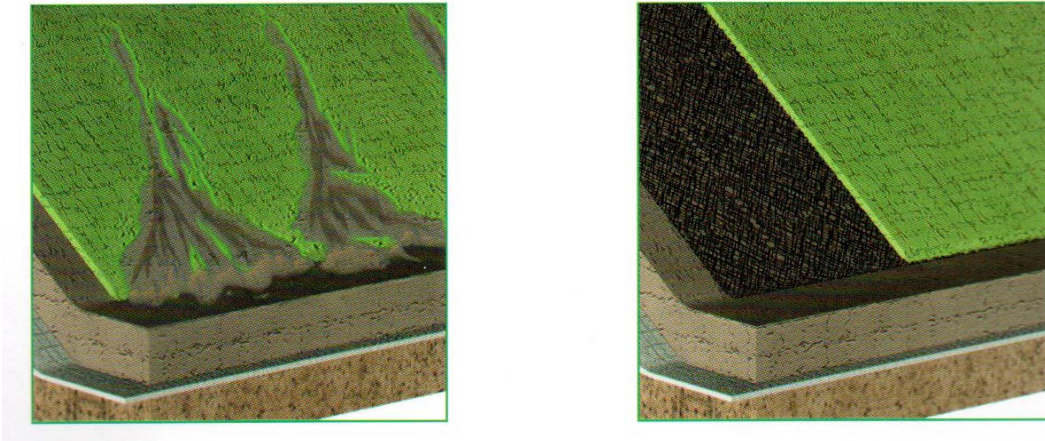
Figure 54. Preview of geosynthetic layers

На следните слики (сл. 55 и сл. 56) е прикажан сликовит приказ на јаловиште без употреба на геосинтетички материјали и јаловиште на кое се употребени геосинтетички материјали при рекултивација.



Слика 55. Без и со геокмпозит

Figure 55. Without and with geocomposite



Слика 56. Без и со геомрежа (контрола на ерозија)

Figure 56. Without and with geogrid (erosion control)

Од сликите се гледа дека со примена на геосинтетичките материјали се врши дренарање на водата и се градат стабилни и сигурни косини на флотациските јаловишта во текот на експлоатација и во постексплоатациониот период.

Биолошката рекултивација ги вклучува мерките за агробиолошко оспособување на почвата. Таа се состои од вршење на пошумување, затревување, уредување на просторот и сл.

За поуспешна појава на вегетација на косините на флотациските јаловишта, може да се користи современиот материјал Biomac S/C. Biomac S/C претставува биодеградибилна покривка направена од мешавина од потполно биоразградливи влакна споени во текот на производството. Влакната се поставени на слој од целулоза и подзасилени со полипропиленска мрежа. Biomac S/C се состои од мешавина на слама и кокосови влакна. Се произведува во ролни и лесно се поставува (сл. 57). Распостилањето на ролните се врши на тој начин што соседните ролни се преклопуваат за околу 10 cm. Зацврстувањето на Biomac S/C обично се врши со железни или со дрвени анкери.



Слика 57. Biomac S/C за поефикасна рекултивација

Figure 57. Biomac S/C for more effective reculltivation

Одржувањето на вака обработените косини е значително помало, во однос на класичните начини на рекултивација. Со Biomac S/C како покривка на косините се дава и временска заштита од ерозија, додека не се обнови вегетацијата на косината (сл. 58). Со оваа покривка на растенијата им се обезбедува поволна влага и прехрана од ѓубрето што се добива со распаѓање на влакната од кокосот и сламата. Во многу сушните периоди ќе биде потребно да се врши наводнување на површините покриени со Biomac S/C со цел поголема способност за озеленување. За време од 2 до 3 години се врши распаѓање на покривката Biomac S/C, а тоа е доволен период за теренот да биде добро затревен. Овој материјал веќе е користен за третирање на косини во Република Македонија и се постигнати одлични резултати.



Слика 58. Фаза на затревување со помош на Биомас S/C
Figure 58. Phase of growing grass with Biomac S/C

Со успешна рекултивација на флотациските јаловишта се постигнуваат значајни придобивки за околниот терен, првенствено, што се повратува заробеното земјиште, се заштитува околното земјиште од аерозагадување, се озеленува и пошумува околината. Од рекултивацијата во иднина би имале придобивки сточарството, шумарството, земјоделството и сл. Исто така, во однос на намената на овие рекултивирани земјишта можни се изградба на сообраќајници, објекти и др. намени, доколку се задоволат геомеханичките услови.

8.10. Инженерство за можност за градби врз флотациски јаловишта

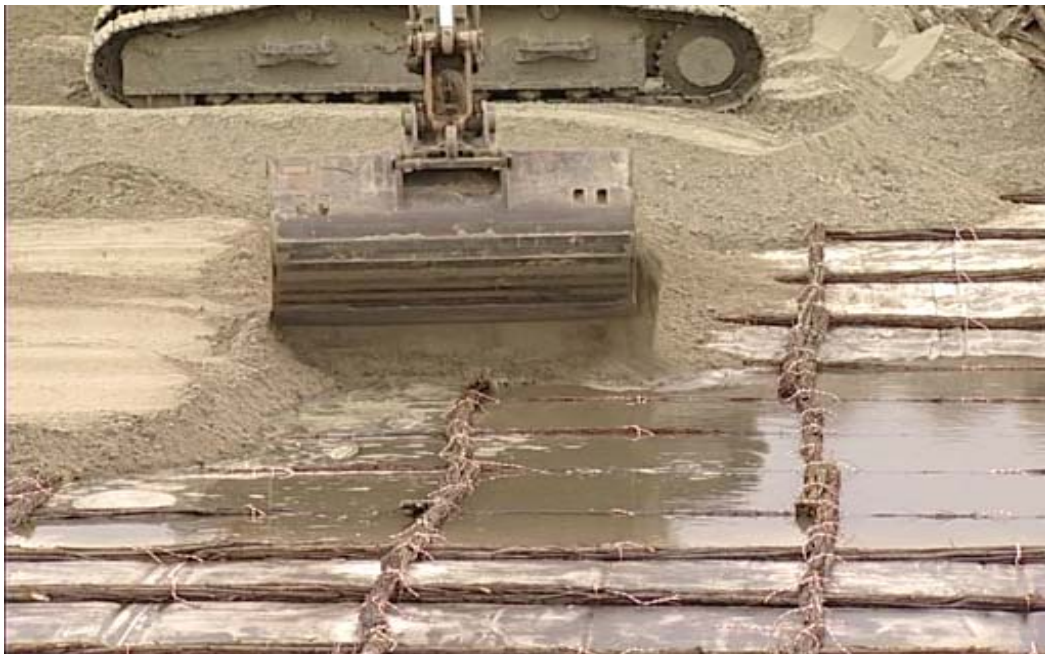
Со оглед дека флотациските јаловишта можат да зафаќаат големи површини, по завршување со експлоатација на јаловиштата понекогаш се јавува потреба токму врз нив да е потребно да поминува некоја сообраќајница или врз јаловиштата да се врши градба на некој објект.

За јаловишта со мала висина најпрво врз флотациската течна маса се поставува високојакосен геотекстил со крупно исплетена мрежа (сл. 59), а потоа на вака поставената подлога се поставува песочен материјал (сл. 60) кој

се набива и на тој начин се врши истиснување на водата и се создава цврсто тло. Ако е потребно, потоа се поставуваат уште неколку слоеви на високојакосен геотекстил во комбинација со песок и на тој начин се врши армирање на тлото.



Слика 59. Поставување високојакосен геотекстил со плетена мрежа
Figure 59. Setting of geotextiles with high strength and with geogrid

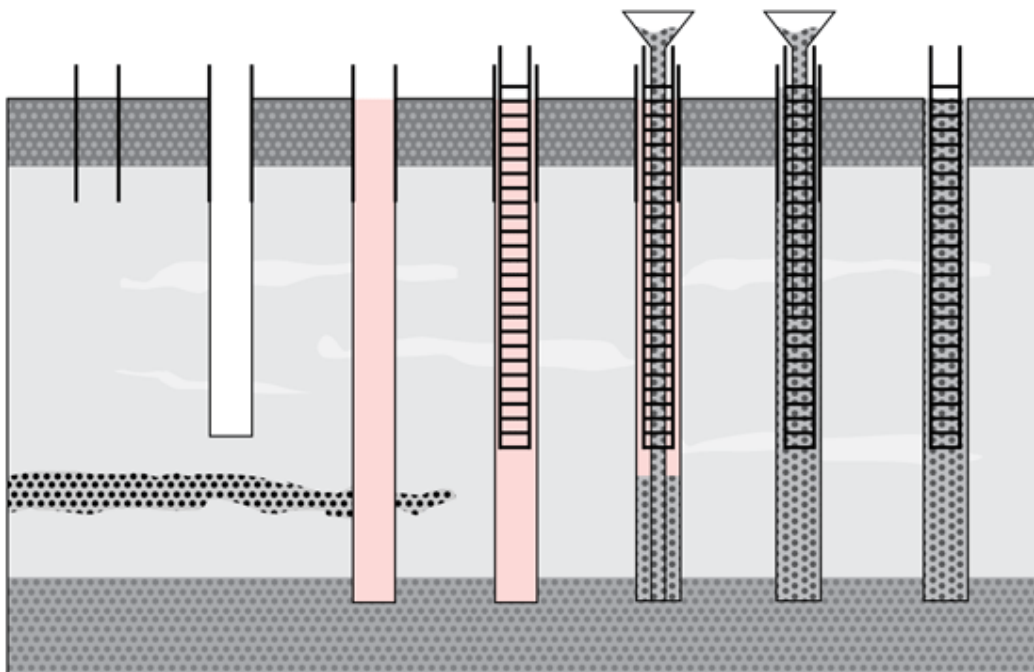


Слика 60. Поставување песочен материјал и истиснување вода
Figure 60. Setting sandy material and extrusion of water

Поставувањето на високојакосниот геотекстил се врши на тој начин, што најпрво ролните од геотекстил се спојуваат меѓу себе и се поврзуваат со цевка. Врз геотекстилот се поставува крупно плетена мрежа која се спојува со геотекстилот. Низ цевката поминува челично јаже, преку кое јаже со машина се врши влечење на целиот подготвен сегмент.

Кај јаловиштата со поголема висина ситуацијата е покомплексна. За задоволување на геомеханичките услови за повисоки јаловишта, најпрво е потребно да се изврши одводнување на јаловиштата, а потоа изработка на колови (дренови) и полнење на коловите (колови од геосинтетици) со материјал (сл. 61). Во зависност од потребната носивост на површината на теренот се применуваат различни методи на изработка на колови и тоа: со вибрации при дупчење за збивање на материјалот, со додавање песок под притисок, со армирање со железни шипки (сл. 62) и полнење со течен бетон.

На кое растојание ќе се постават коловите зависи, пред сè, од намената на земјиштето и од потребната носивост на теренот. По изработените колови на теренот може да се постави високојакосен геотекстил и геомрежа за додатно стабилизирање на теренот.



Слика 61. Шематски приказ на изработка на колови

Figure 61. Present of sheme on making of piles



Слика 62. Изработка на колови за подобрување на тло
Figure 62. Making of piles for improve soil

8.11. Инженерство со современи материјали кај јаловишта во светот

Кај јаловиштата кои содржат контаминирани материи, современите геосинтетички материјали наоѓаат сè поголема примена. Во делот инженерство за случај на несакани хаварији кај јаловиштата е презентираан примерот на јаловиштето во рудникот El Mochito во Хондурас, каде како материјали се користени геомембрана, геотекстил, геотуби и др. Јаловиштето е изведено со поставување изолирачки слоеви, додека геотубите се поставени како резултат на хавариите што се случувале при големи и долготрајни врнежи, кога дел од јаловината со водата од врнежи била разнесувана по долината под јаловиштето.

Во рудникот за злато El Valle, кој се наоѓа во областа Астуриас во северна Шпанија, современите материјали за заштита на животната средина се користат пред повеќе од 15 години. Јаловиштата во овој рудник се обложуваат со глинен геосинтетички слој и со геомембрана, со цел заштита на подземните води (сл. 63). Изолацијата на јаловиштата е вршена поради тоа што во карпестите маси се регистрирани пукнатини низ кои се можни

продирања на водата. За обложување на тлото искористена е геомембрана со дебелина од 2 mm од типот HDPE (полиетилен со висока густина).



Слика 63. Флотациско јаловиште El Valle - Астуриас
Figure 63. El Valle tailing disposal - Asturias

На следните слики (сл. 64 и сл. 65) се прикажани сателитски снимки на ситуацијата на рудникот од 2001 година и од 2010 година. Првото јаловиште било надвор од рудникот во северозападниот дел од рудникот (сл. 64), со преграда од брана со поставување на изолирачки слоеви, додека следното јаловиште е лоцирано во североисточниот дел од рудникот и е искористен откоп кој е завршен со експлоатација (сл. 65 и сл. 63). На првото јаловиште и на одредени делови од рудникот е извршена рекултивација.



Слика 64. Сателитска снимка на јаловиште El Valle - 2001 година
Figure 64. Satellite image of El Valle tailing dump - year 2001



Слика 65. Сателитска снимка на јаловиште El Valle - 2010 година
Figure 65. Satellite image of El Valle tailing dump - year 2010

Во Јужна Африка во рудникот за јаглен Holfontein сите потребни јаловишта и депонии се градат со помош на современи материјали (сл. 66 и сл. 67). За обложување на тлото на јаловиштата и депониите се употребува геотекстил и геомембрана со дебелина од 2 mm од типот HDPE (полиетилен со висока густина).



Слика 66. Сателитска снимка на јаловиште Holfontein
Figure 66. Satellite image of Holfontein tailing dump



Слика 67. Јаловиште Holfontein, секција 6A - Јужна Африка
Figure 67. Holfontein Landfill, Cell 6A - South Africa

8.12. Инженерство со современи материјали кај јаловишта во Република Македонија

Инженерството со современи геосинтетички материјали во Република Македонија зазема сè поголем замав во последните неколку години. Геосинтетичките материјали се користени во најразлични области за:

- стабилизација на косини и санација на свлечишта;
- изработка на потпорни ѕидови и насипи од армирана земја;
- преместување на речни корита;
- уредување на простори и рекултивација;
- изработка на филтрациони и дренажни системи;
- подобрување на носивост на почвени подлоги;
- армирање на горен асфалтен слој со геомрежа;
- изолациони системи кај депонии и јаловишта за отпадни материји.

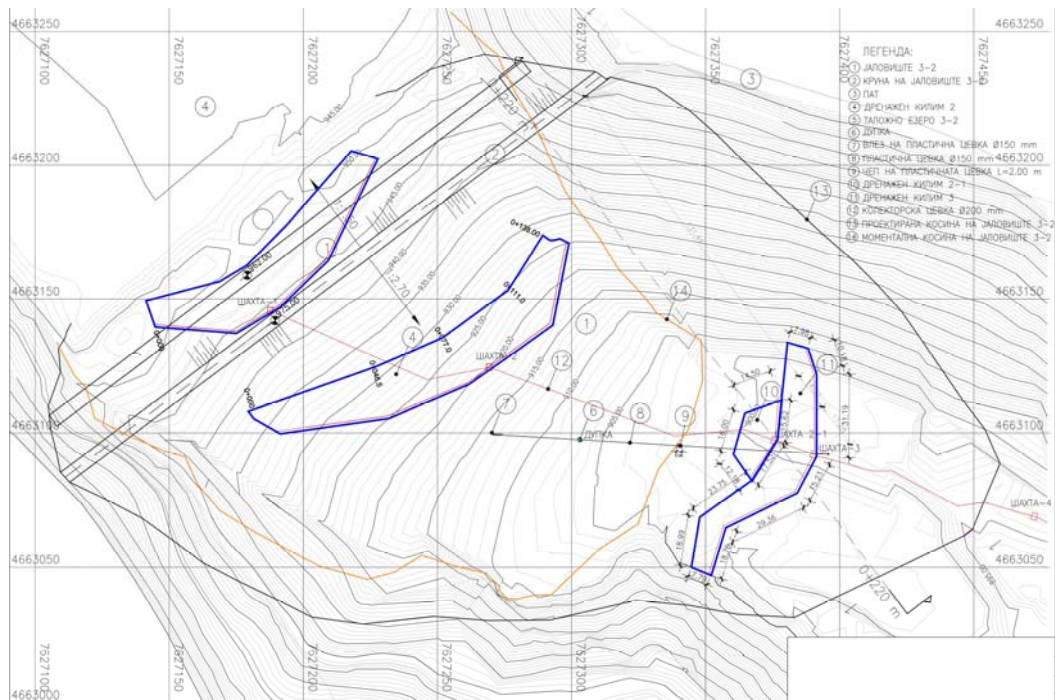
И кај флотациските јаловишта во Република Македонија во последните две години има примена на современи геосинтетички материјали и тоа во помал обем на јаловиштето Саса - Македонска Каменица и во поголем обем кај јаловиштето Тораница - Крива Паланка.

8.12.1. Јаловиште Саса - Македонска Каменица

Со цел прифаќање на провирните води од песочната брана на хидројаловиштето бр.3 - II фаза (за надвишување до кота 975) во периодот на месеците јули и август 2011 година изработен е дренажен систем, за кој дренажен систем е употребен геосинтетички материјал од типот на геотекстил 300. Дренажниот систем е изработен според Анексот на изведбениот проект за брана број 3-2 на хидројаловиштето на рудникот Саса - М. Каменица изработен од Градежен факултет - Скопје.

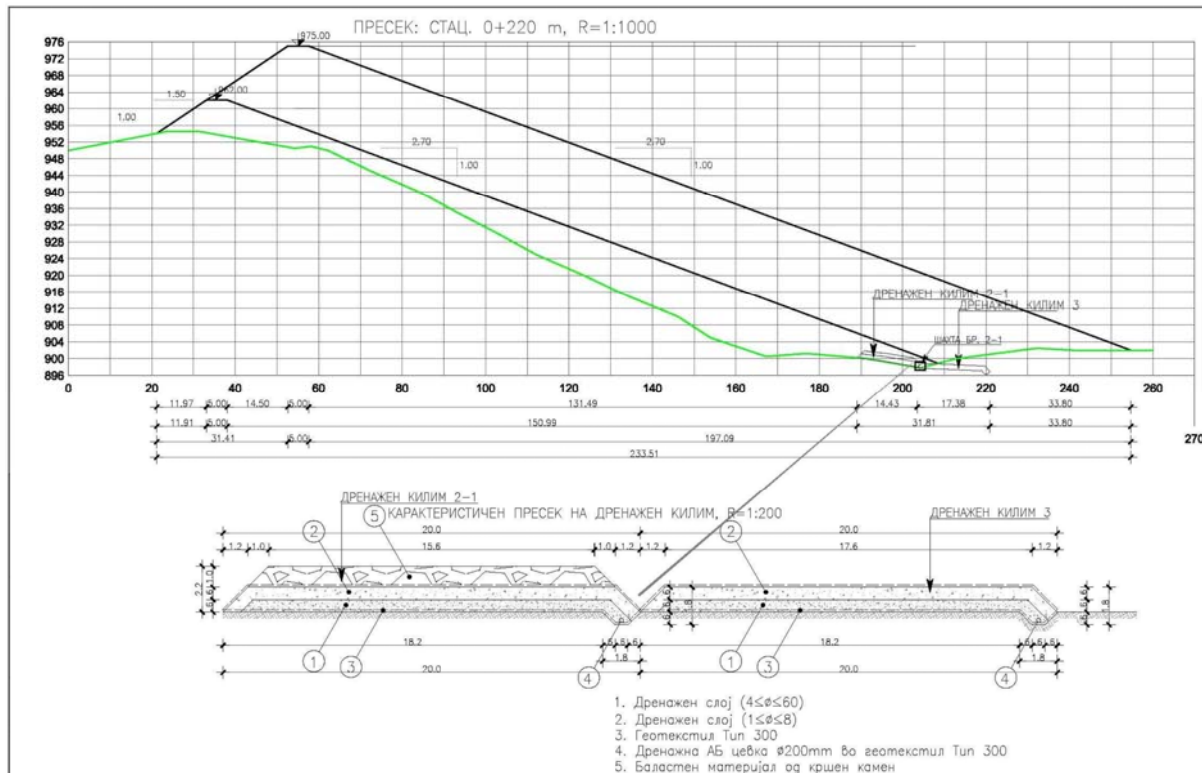
Изведени се два дренажни килима и тоа дренажен килим 2-1 и дренажен килим 3. Со дренажниот килим 2-1 ќе се прифаќа вишокот на подземни води од депонираниот нанос во речното корито, додека со дренажниот килим 3 ќе се прифаќаат провирните води од надвишувањето на песочната брана.

На следните слики (сл. 68 и сл. 69) се прикажани ситуација и карактеристични пресеци на дренажните килими.



Слика 68. Ситуација на песочна брана со дренажни килими

Figure 68. Situation of sand dam with Drainage carpet



Слика 69. Карактеристичен пресек на дренажен килим

Figure 69. Cross sections of drainage carpet

Геотекстилот е поставен од сите страни на дренажниот систем, односно дренажниот слој целосно е обвиткан со геотекстил (сл. 70). На овој начин се врши одвојување на дренажниот килим од околниот материјал, се овозможува пропуштање на дренажните води и спречува филтерскиот материјал од килимот побрзо да се засити со песок од песочната брана, односно е зголемен векот на дренажниот килим. Исто така и дренажните цевки (сл. 71) се заштитени (целосно обвиткани) со геотекстил тип 300, како двојна заштита од продирање на честици од песокот низ отворите на дренажните цевки.



Слика 70. Дренажен килим на хидројаловиштето Саса
Figure 70. Drainage carpet of Sasa tailing dump



Слика 71. Дренажни цевки обвиткани со геотекстил
Figure 71. Drainage pipes with geotextile

8.12.2. Јаловиште Тораница - Крива Паланка

По рестартирањето на рудникот Тораница (крајот на 2007 година), хидројаловиштето Тораница беше во фаза која не гарантираше задоволителна заштита на животната средина, односно јаловиштето функционираше без дренажен килим. Постоеше можност дел од јаловинскиот материјал со водата да се разлее по речното корито на Крива Река и да дојде до загадување на водата во реката и на околното земјиште околу реката.

На следната слика (сл. 72) е прикажана состојбата на ножницата од песочната брана, при што се гледа дека нема контрола на ножичниот дел од песочната брана и дека се потребни одредени активности за подобрување на заштита на животната средина.



Слика 72.Ножичен дел од песочната брана

Figure 72. Down part of sand dam

Најпрво од страна на рудникот е изграден бетонски ѕид со мала висина, кој ѕид не обезбедуваше значајна улога при спречување на миграција на водите.

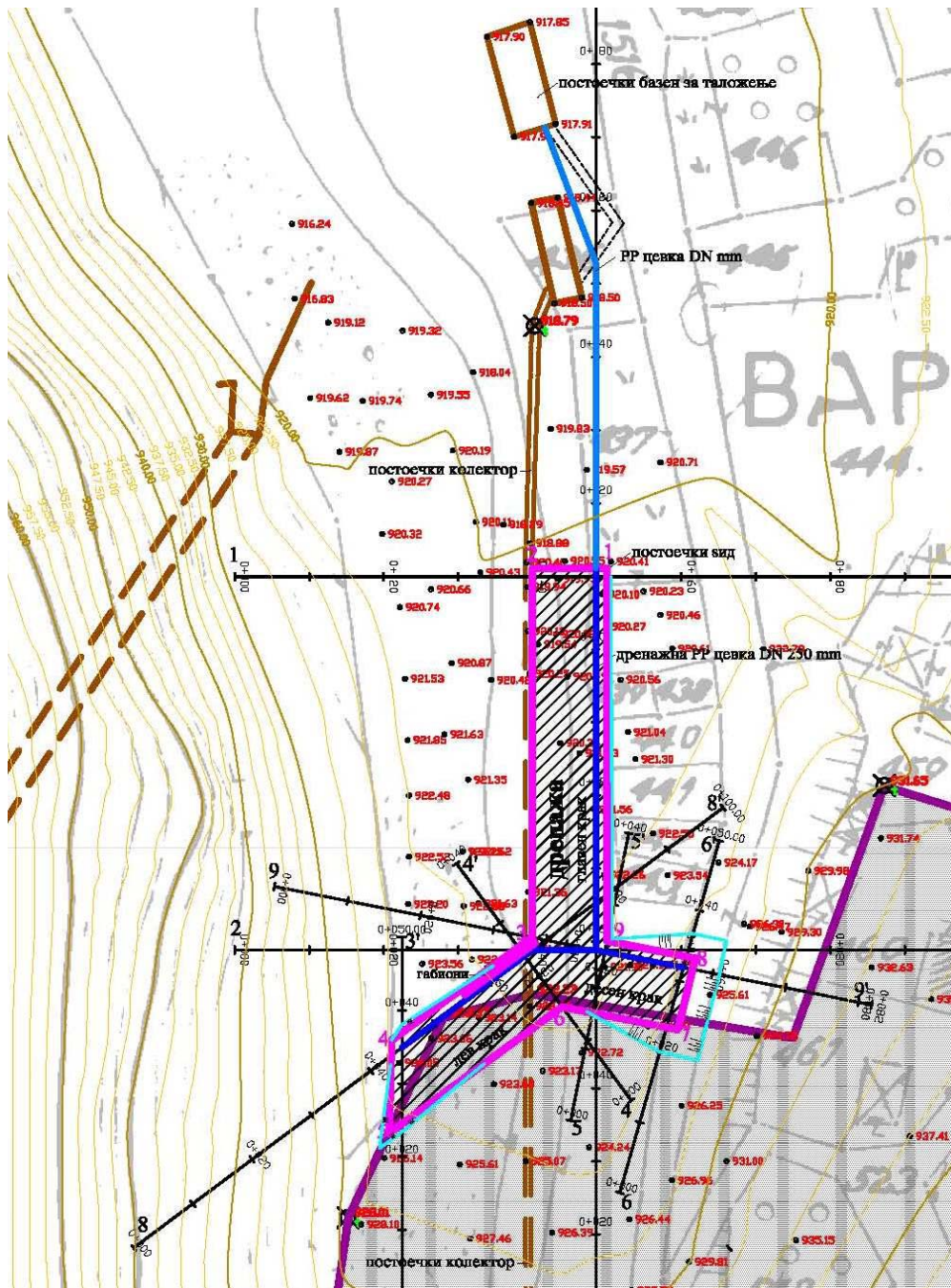
Во вакви околности и за потребите за надвишување на хидројаловиштето до кота 990 mНВ, за овој дел од јаловиштето проектирани се и изведени дренажен килим и габионски ѕид. Дренажниот килим служи за прифаќање на провирните води од циклонираниот песок, прифаќање на изворските води од ножицата на песочната брана, како и обезбедување геомеханичка стабилност на песочната брана на хидројаловиштето, додека габионскиот ѕид служи за стабилизирање и укрутување на песочната брана и за спречување миграција на ситни честички од јаловината со процедните води.

За проектирање на дренажниот килим и габионскиот ѕид се применети современи материјали (геосинтетици), водејќи сметка за сите еколошки влијанија од предвидените технички решенија. Овие технички решенија претставуваат една целина со која се обезбедува сигурно одведување на процедните води од песочната брана до таложните базени.

Дренажниот килим е проектиран¹⁸ и изведен од еден главен крак кој е паралелен со колекторот со должина од околу 50 m и два крака и тоа лево со должина од околу 28 m и десно со должина од околу 15 m од колекторот. Дренажниот килим е приближно во облик на превртена „Y“ буква (сл. 73). Главниот и десниот крак се проектирани комплетно во ископ. Еден дел од левиот крак е над тлото, додека другиот дел е во ископ. Левиот крак е поставен повисоко поради поминување на дренажната цевка над колекторот.

Дренажниот килим е проектиран и изведен на тој начин што најпрво на дното е поставен геотекстил 300 gr/m² со дебелина од 3,00 mm, а потоа врз овој слој е поставена рапава геомембрана HDPE (полиетилен со висока густина) со дебелина од 2,00 mm, а врз рапавата геомембрана повторно геотекстил 300 gr/m² со дебелина од 3,00 mm.

¹⁸ ГЕИНГ (2010), Анекс на Основен проект за дренажен килим кај песочната брана на хидројаловиште Тораница - Крива Паланка



Слика 73. Ситуација на дренажен килим

Figure 73. Position of drainage carpet

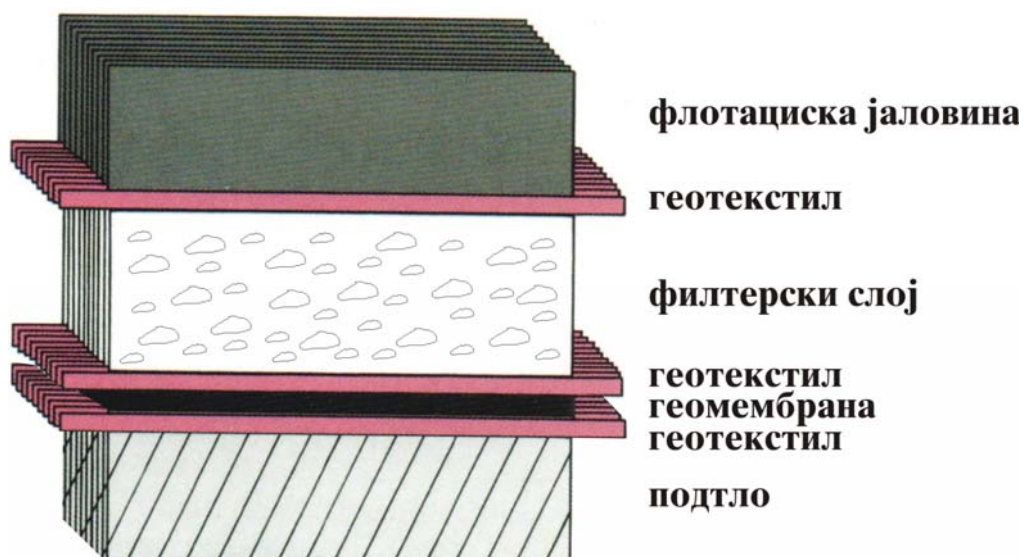
За формирање на непропустливиот слој употребена е рапава HDPE геомембрана со следните карактеристики:

- дебелина 2,0 mm;
- јакост на затегање $\geq 16,0 \text{ N/mm}^2$ (ISO 527);
- дилатација при прекин $\geq 400 \%$ (ISO 527);
- отпорност на пробивање 534 N (DIN 16 726);

- апсорпција на вода $\leq 0,1$ % (ISO 62);
- отпорност на исцедок со промена на механичките својства ≤ 20 % (OENORM S 2073).

Над геотекстилот е поставен филтерски слој составен од 3 слоеви и тоа: прв слој од 30 cm со гранулиран филтерски материјал со фракции 4÷60 mm, втор слој од 30 cm со гранулиран филтерски материјал со фракции 4÷60 mm и трет слој од 40 cm со гранулиран филтерски материјал со фракции 1÷8 mm, врз кој е извршено лесно збивање.

Потоа овој филтерски материјал е покриен со гореспоменатиот геотекстил 300 gr/m² со дебелина од 3,00 mm и потоа уште десетина сантиметри филтерски материјал. На сл. 74 е даден приказ на слоевите за дренажа.



Слика 74. Сликвит приказ на слоеви за дренажа

Figure 74. Preview of drainage layers

Улогата на геомембраната е да не дозволува поминување на провирната вода во поттлото, односно задржување на водата и потоа нејзино одведување надвор од јаловиштето преку дренажни цевки. Улогата на геотекстилот околу геомембраната е да ја штити рапавата геомембрана од оштетување, како од поттлото така и од филтерскиот материјал, додека улогата на геотекстилот над филтерскиот слој е да спречува поголемо продирање на ситни фракции од флотациската јаловина.

За одведување на процедурните води од флотациското јаловиште поставен е систем од дренажни полипропиленски (PP) цевки, DN 250 mm, SN16 со прорез од 5 mm, во должина од околу 100 m. Избрани се и вградени полипропиленски (PP) цевки поради тоа што се отпорни на хемикалии и лесно свитливи и реагираат флексибилно на статичките и динамичките товари. Овие цевки се обвиткани со геотекстил, низ кој се врши процедување на водата, односно се обезбедува заштита од продирање на ситни фракции од јаловината низ отворите на дренажните цевки.

По поставување на слоевите од геотекстил, рапава геомембрана (сл. 75 и сл. 76) и геотекстил и поставување на дренажните полипропиленски (PP) цевки поставен е филтерскиот материјал (сл. 77). На сл. 78 е прикажан дренажниот килим во финална ситуација.

Материјалите вградени во дренажниот килим се предвидени согласно техничките прописи, земајќи ги предвид оптоварувањата од флотациската јаловина.



Слика 75. Геотекстил и геомембрана
Figure 75. Geotextile and geomembrane



Слика 76. Геомембрана
Figure 76. Geomembrane



Слика 77. Поставување филтерски материјал
Figure 77. Lining of filter material



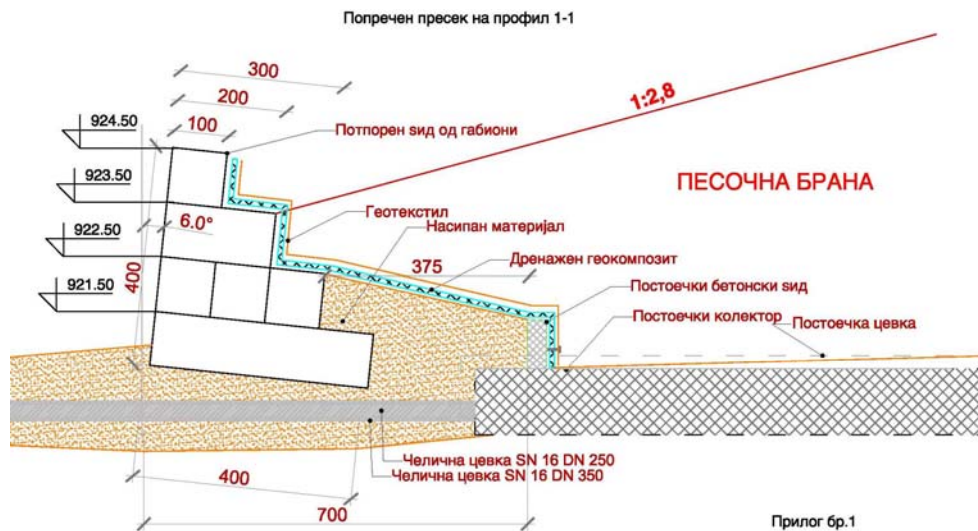
Слика 78. Дренажен килим во финална ситуација

Figure 78. Drainage carpet in the final situation

Во мај 2011 година во ножицата на песочната брана на јаловиштето Тораница изграден е габионски ѕид со висина од 5 m. Дренажниот килим заедно со габионскиот ѕид сочинуваат една целина со која се постигнува процедурните води од песочната брана да се собираат преку дренажниот килим и преку полипропиленски цевки да се одведуваат надвор од хидројаловиштето (во таложни базени).

Габионскиот ѕид е проектиран¹⁹ и изведен под наклон од 6° возводно (сл. 79), во непосредна близина до дренажниот килим, со висина од 4 m од ката на терен (вкупно 5 m мерејќи од дното на ѕидот) и должина од 82 m. Ѕидот навлегува во боковите од теренот со цел укрутување на ѕидот и како целина тој претставува флексибилна конструкција.

¹⁹ ГЕИНГ (2010), Анекс на Основен проект за стабизирање и укрутување на ножицата од песочната брана на хидројаловиште Тораница - Крива Паланка



Слика 79. Попречен пресек на габионски ѕид
Figure 79. Cross sections of wall from gabions

Габионите се изработени од двојно вртена челична плетена мрежа, длабоко галванизирана со галфан, со дијаметар на жицата на рабовите од 3,4 mm, додека во внатрешноста на мрежата од 2,7 mm, со тип на мрежа со отвор 8 x 10 cm и јакост на затегање $380 \div 550 \text{ N/mm}^2$. Габионските сегменти се полнети со кршен камен со димензии 12 ÷ 20 cm. На сл. 80 е прикажана изградбата на габионскиот ѕид.



Слика 80. Изградба на габионски ѕид
Figure 80. Construction of wall from gabions

Габионскиот ѕид е обложен со дренажен геокмпозит (сл. 81), кој има улога да ги зафати процедните води кои би се јавувале во ножичната зона од песочната брана и на тој начин би се елиминирала можноста за појава на хидростатички притисок. Врз дренажниот геокмпозит е поставен слој од геотекстил (сл. 81 и сл. 82) со цел заштита на дренажниот геокмпозит од механички оштетувања.

Габионскиот ѕид има повеќе функционална намена за опслужување на флотациското хидројаловиште и за заштита на животната средина. Со изградба на ѕидот се постигнуваат неколку позитивни ефекти:

- се обезбедува контролирано складирање на флотацискиот песок во ножицата на песочната брана, односно нема да има разливање на флотациска јаловина по речното корито;
- се спречува неконтролирано истекување на вода од песочната брана, односно процедните води ќе се собираат со дренажниот геокмпозит поставен по габионскиот ѕид и преку дренажниот систем ќе се одведуваат до таложните базени;
- се заштитува опточниот тунел (сл. 83);
- се зголемува волуменскиот простор за депонирање на флотациска јаловина (флотациски песок);
- се подобрува стабилноста состојба на песочната брана.



Слика 81. Дренажен геокмпозит поставен на габионскиот ѕид

Figure 81. Drainage geocomposite used on wall from gabions



Слика 82. Габионски ѕид
Figure 82. Wall from gabions



Слика 83. Габионскиот ѕид непосредно до опточен тунел
Figure 83. Wall from gabions near tunnel

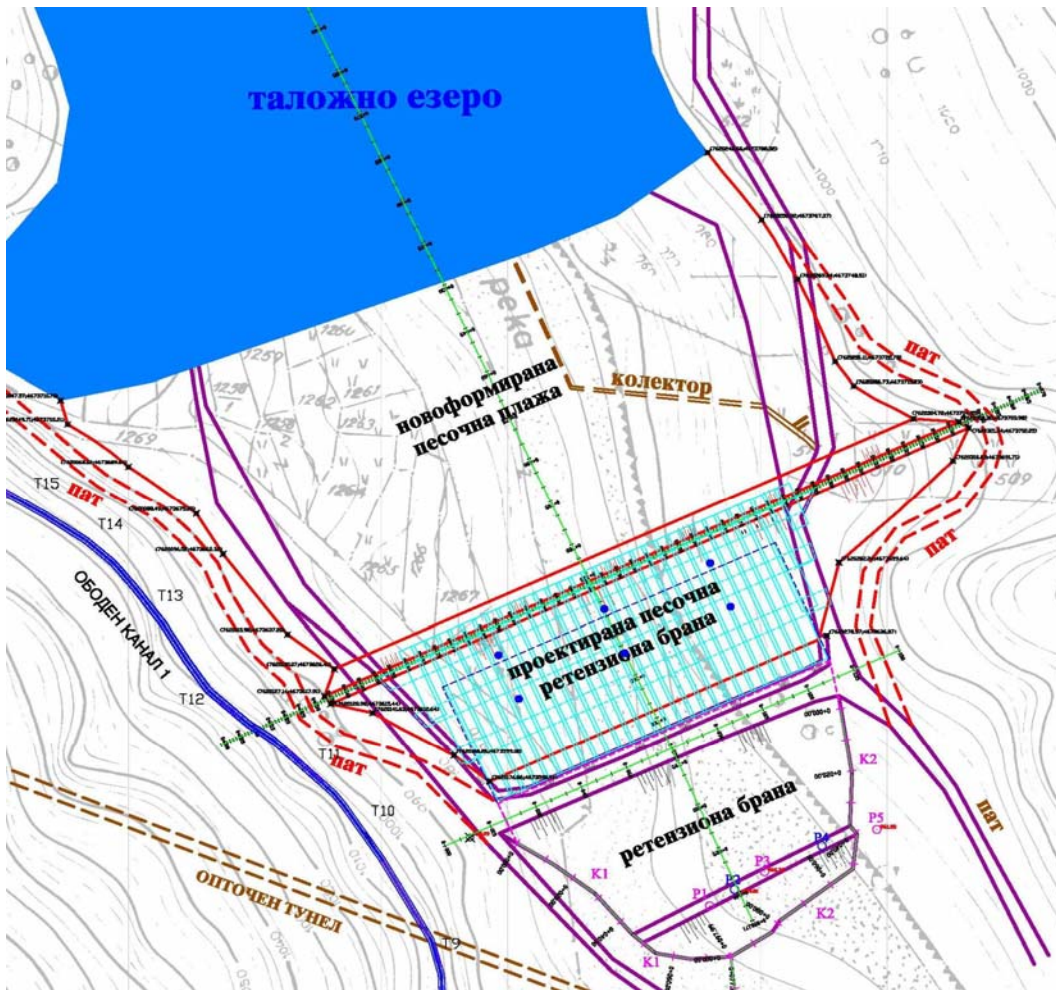
Надвишувањето на ретензионата брана на јаловиштето Тораница до кота од 990 mНВ е проектирано²⁰ и се изведува со употреба на современи геосинтетички материјали. Надвишувањето се изведува со флотациски песок, а браната е поставена да биде на местото до постоечката ретензиона брана во таложното езеро (сл. 84).



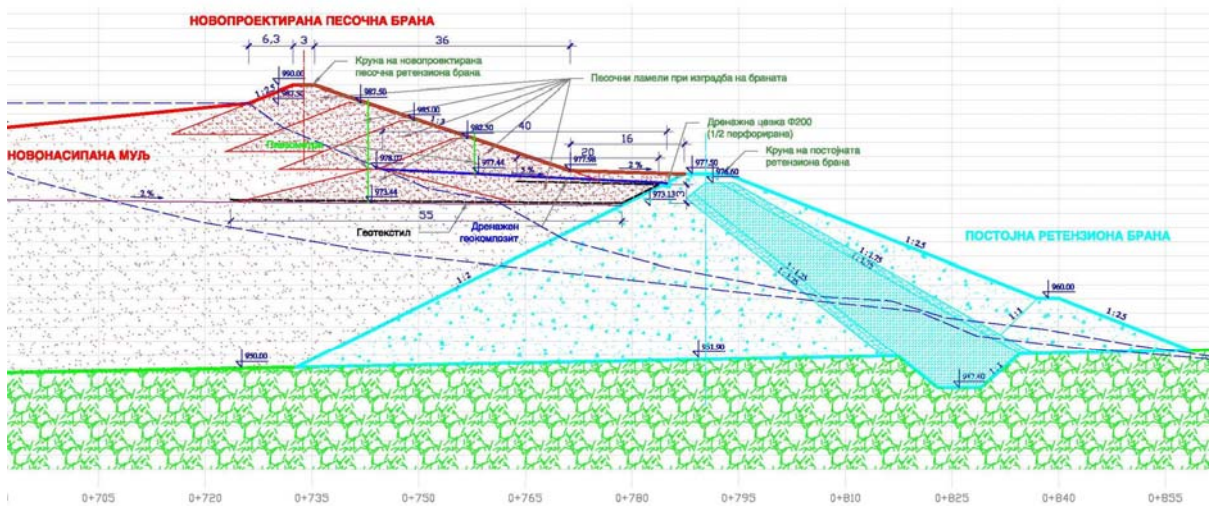
Слика 84. Ретензиона брана на хидројаловиштето Тораница
Figure 84. Retention dam of Toranica tailing dump

Со оглед дека надвишувањето ќе се одвива во тињеста средина извршена е симулација за стабилносна состојба и утврдено е дека за задоволување на стабилносна состојба на новото надвишување потребно е поставување на високојакосен геотекстил. На следните слики (сл. 85 и сл. 86) се прикажани ситуација и попречен пресек на ретензионата брана, додека на сл. 87 е прикажана стабилноста за ново проектираната ретензиона песочна брана.

²⁰ ГЕИНГ (2010), Анекс на Основен проект за надоградување на ретензионата брана на хидројаловиште Тораница - Крива Паланка

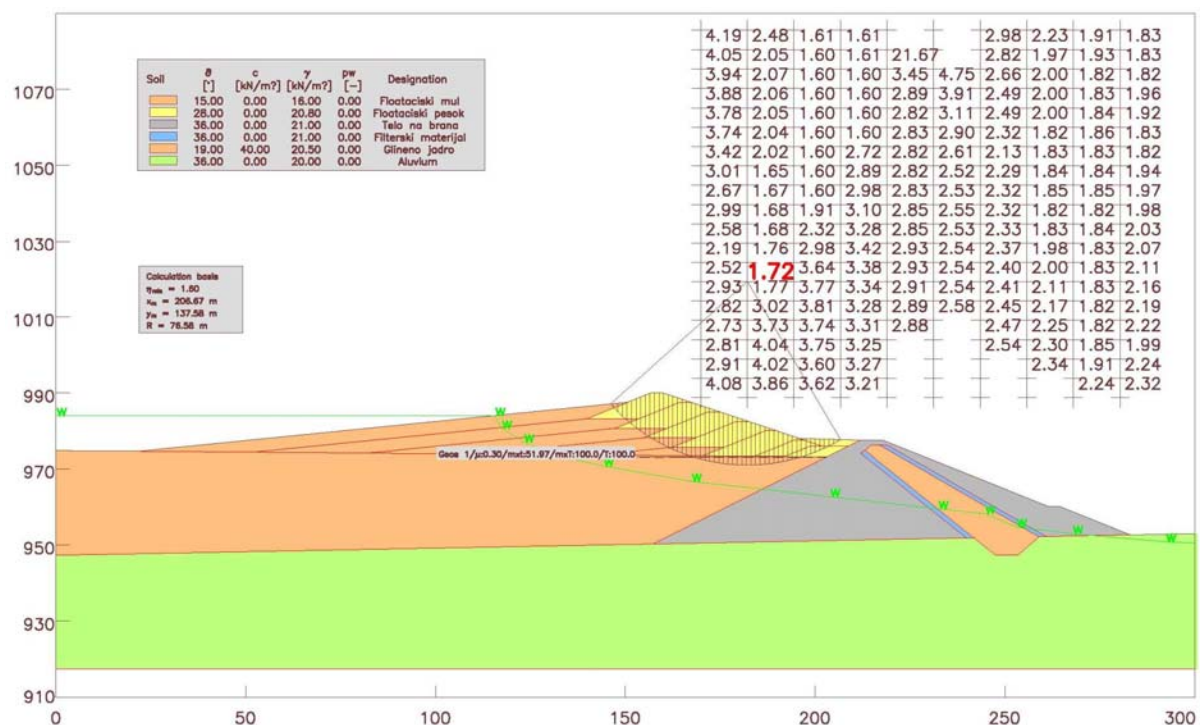


Слика 85. Ситуација на новата ретензна брана
 Figure 85. Position of the new retention dam



Слика 86. Попречен пресек на ретензна брана
 Figure 86. Cross section of the retention dam

Од извршената анализа на стабилност на косината добиен е минимален коефициент на сигурност $F_s=1,72$, односно се обезбедува поголем коефициент на сигурност од потребниот кој изнесува $F_s \geq 1,50$ за завршна фаза на браната. Задоволен е и условот коефициентот на сигурност да биде $F_s \geq 1,10$ за случај на земјотрес (состојба на динамичко-сеизмичко оптоварување). Анализите се работени по методот на Bishop.



Слика 87. Анализа на стабилност

Figure 87. Analysis of stability

За отпочнување на надвишувањето на ретензионата брана на јаловиштето Тораница, најпрво е извршено празнење на таложното езеро и поставување на високојакосен ткаен геотекстил - Стабиленка (сл. 88), со следните карактеристики:

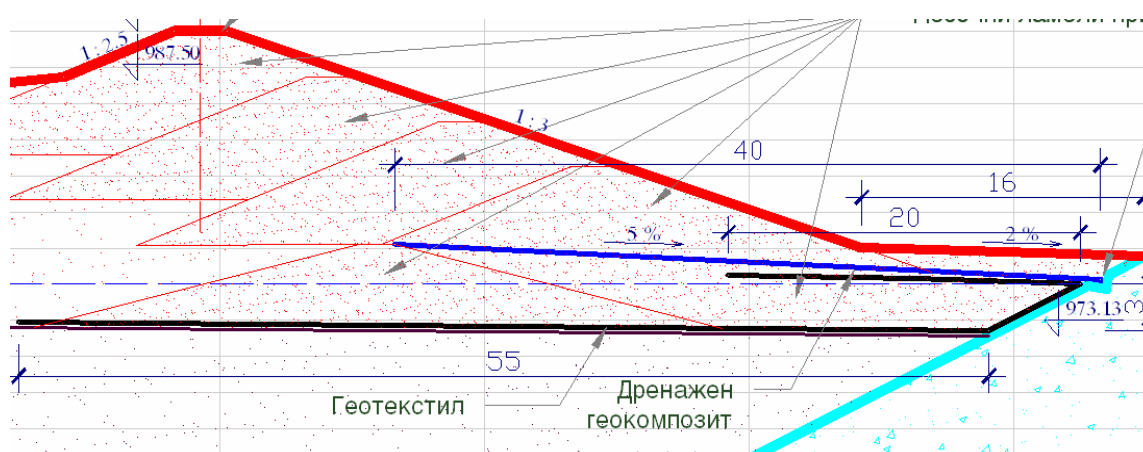
- Материјал PET/PA;
- Тежина (DIN EN ISO 9864) = 230 g/m²;
- Ултимативна јакост на затегање (EN ISO 10.319)
 - Подолжно >100 kN/m
 - Попречно >50 kN/m
- Јакост на затегање при 6 % дилатации, подолжно >60 kN/m;

- Дилатации при номинална јакост на затегање
 - Подолжно <10%
 - Попречно <20%
- Индекс на водопропусност (EN ISO 11058) 15×10^{-3} m/s.



Слика 88. Поставен геотекстил на ретензионата брана
 Figure 88. Lined geotextile on the retention dam

Високојакосниот геотекстил е поставен на дното од испразнетото таложно езеро на начинот како што е прикажано на сл. 89 (бележен со црна здебелена боја). Значи, најпрво се подготвени ролни со 80 м должина високојакосен геотекстил, а во прва фаза се распостелени 55 м, додека со остатокот е извршено преклопување по одлагањето на флотациски песок во висина од една ламела и добивање на потребниот наклон (сл. 90).



Слика 89. Поставеност на геотекстилот и дренажниот геокмпозит
 Figure 89. Placement of geotextile and drainage geocomposite



Слика 90. Преклопување на геотекстилот

Figure 90. Overlapping of the geotextile

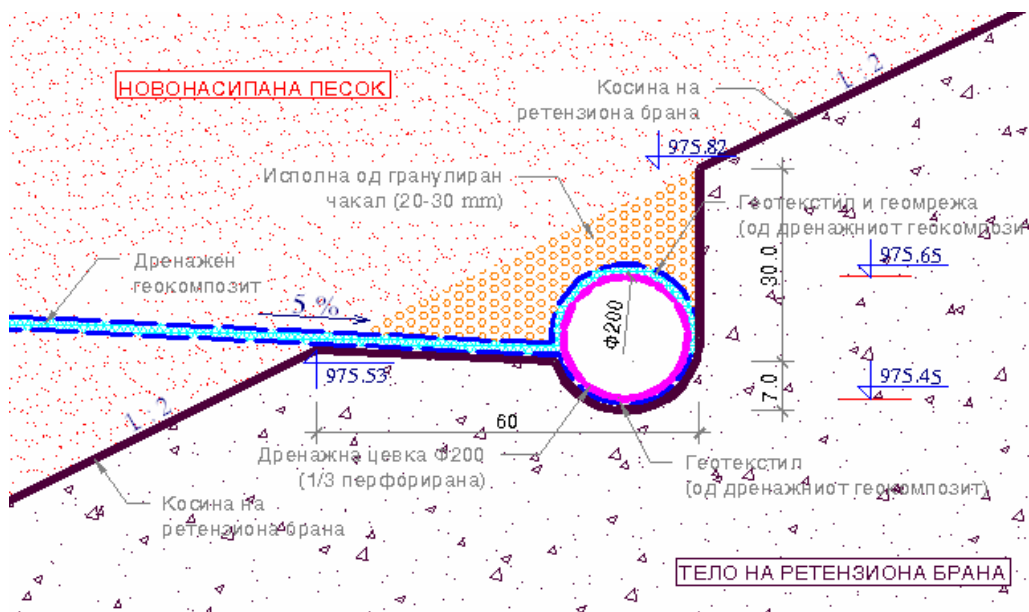
Потоа теренот е прилагоден со додатна количина на флотациски песок за поставување на дренажен геокомполит (бележен со темносива боја на цртежот на сл. 89). Дренажниот геокомполит е со следните карактеристики:

- Филтер од неткаен геотекстил од двете страни и јадро од екструдирани полипропиленски влакна споени во мрежа во форма на буквата W;
- Јакост на затегање во подолжен правец (EN ISO 10319) = 19 (-2) kN/m;
- Маса на геокомполитот (EN ISO 9864) = 910 (± 10 %) gr/m²;
- Дебелина на геокомполитот при 2 kPa (EN ISO 9863-1) = 8 (-10 %) mm;
- Статичка јакост на пробивање (EN ISO 12236) = 1600 (-20) N;
- Водопропустливост на геотекстилот (EN ISO 11058) = 100 (-30) l/m².s;
- Водопропустливост во рамнина на геомрежата (EN ISO 12956) хидрауличен градиент =1 (тврд/мек контакт)при 20 kPa = 2,45 l/m.s, при 50 kPa = 1,50 l/m.s, при 100 kPa = 0,90 l/m.s.

Дренажниот геокомполит е поставен со наклон кон постоечката ретензиона брана (сл. 91), при што процедурната вода од геокомполитот се собира во дренажни полипропиленски цевки (сл. 92), кои се поставени во ров на ретензионата брана. Преку дренажните цевки кои се поставени под наклон од средишниот дел на ретензионата брана кон боковите, водата се одведува во полни полипропиленски цевки кои поминуваат низ ретензионата брана и потоа се одведуваат надвор од ретензионата брана во таложен базен, од каде се испуштаат во Крива Река.



Слика 91. Поставеност на дренажниот геокмпозит
 Figure 91. Placement of drainage geocomposite



Слика 92. Поставеност на дренажниот геокмпозит со дренажна цевка
 Figure 92. Placement of drainage geocomposite with drainage pipe

Во продолжение следуваат слики од надвишувањето на ретензионата брана на јаловиштето Тораница (сл. 93). По надвишувањето до предвидената кота, предвидено е на надворешната косина од ретензионата брана да се постави геомрежа и да се изврши рекултивација.



Слика 93. Градење на ретензионата брана

Figure 93. Building of retention dam

При проектирање на дренажниот килим, габионскиот ѕид, надвишувањето на ретензионата брана на хидројаловиштето Тораница, користени се сознанија стекнати при изработка на голем број домашни и меѓународни проекти, водејќи сметка за сите еколошки влијанија од предвидените технички решенија.

9. ТЕХНОЕКОНОМСКА АНАЛИЗА ЗА СОВРЕМЕНО ФЛОТАЦИСКО ЈАЛОВИШТЕ

Одлагањето и сместувањето на флотациската јаловина претставува голем проблем за сите погони кои вршат преработка на минерални сировини, а особено за погоните со големи капацитети каде се врши преработка на сиромашни руди. Флотациските хидројаловишта со големи количини на иситнет материјал и хемиски загадена вода, претставуваат технолошка потреба, но и реална опасност по животната средина.

Со цел заштита на животната средина од постоечките и од идните флотациски јаловишта, потребно е примена на современи техники и мерки за едно јаловиште да биде сигурно и да не претставува опасност по животната средина.

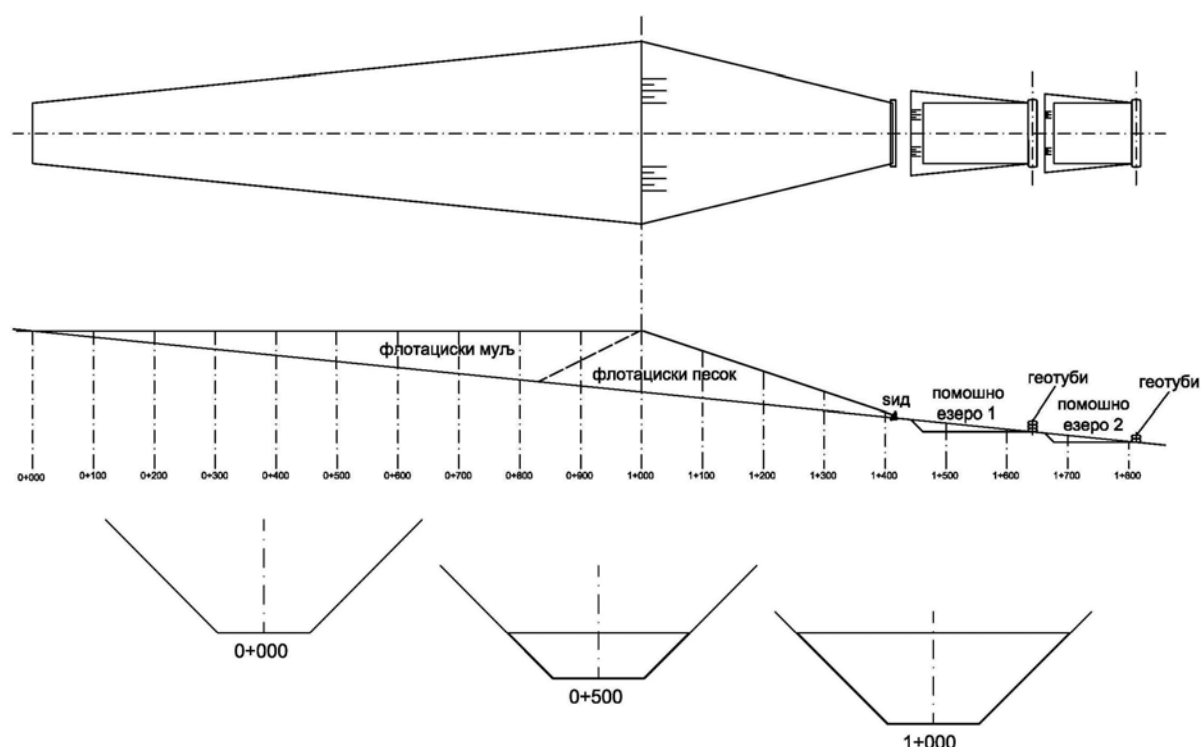
Во случај кога флотациската јаловина не може да се одлага во веќе откопаните простори (подземни или површински), се пристапува кон избор на локација за флотациско јаловиште. Се поаѓа од фактот, флотациското јаловиште да биде што поблизу до флотациската постројка, транспортот да

биде гравитациски, работниот век да биде подолг и последиците кон животната средина да бидат сведени на минимум.

Изградба на посебни простори за депонирање на флотациска јаловина е посебен проблем во рудниците и треба да се решава од техничко-економски аспект, земајќи ја предвид и заштитата на животната средина. Значи, изборот на локација за флотациско јаловиште е комплексен проблем, чие решение претставува компромис од голем број спротивставени услови (технолошки, геотехнички, урбанистички, економски, еколошки и др.).

Како најдобри подрачја за формирање на флотациски јаловишта се секако долините (ридски тип на флотациско јаловиште), со оглед дека не се заробуваат земјишта со подобар бонитет, како што е случај кај рамничарските флотациски јаловишта. Во нашата држава сите флотациски јаловишта се од ридски тип, со главно таложно езеро.

Во техноекономската анализа ќе биде разгледан модел на флотациско јаловиште од ридски тип, со главно таложно езеро и со две помошни таложни езера (сл. 94).



Слика 94. Модел на флотациско јаловиште

Figure 94. Model of tailing dump

Надолжниот наклон на теренот е 10 %, дното е дефинирано да биде со ширина од 100 m, а попречните косини се со наклон од 45 %. Браната на јаловиштето е со висина од 100 m. За вака дефинираниот модел, зафатнината на флотациското јаловиште е прикажана во Табела 7.

Табела 7. Зафатнина на флотациско јаловиште

Table 7. Volume of tailing dump

Стационажа Chainage	Површина Area (m ²)	Средна површина Average area (m ²)	Растојание меѓу профили Distance between profiles (m)	Зафатнина Volume (m ³)	Вкупна зафатнина Total volume (m ³)
0	0	550	100	55.000	55.000
100	1.100				
200	2.400	1.750	100	175.000	230.000
300	3.900	3.150	100	315.000	545.000
400	5.600	4.750	100	475.000	1.020.000
500	7.500	6.550	100	655.000	1.675.000
600	9.600	8.550	100	855.000	2.530.000
700	11.900	10.750	100	1.075.000	3.605.000
800	14.400	13.150	100	1.315.000	4.920.000
900	17.100	15.750	100	1.575.000	6.495.000
1.000	20.000	18.550	100	1.855.000	8.350.000
1.420	0	10.000	420	4.200.000	12.550.000

Моделот за флотациско јаловиште е со капацитет од 12.550.000 m³, односно за флотациска јаловина од олово-цинкова руда капацитетот би бил околу 20.000.000 t (за специфична тежина од 1.6 t/m³).

За моделот на флотациско јаловиште е направена пресметка за тоа колку би чинеле современите материјали кои ќе се вградат во подготвителна фаза, во период при експлоатација и во постексплоатациониот период, а добиените податоци се прикажани во Табела 8. Цените во пресметката се важечки цени за период од мај 2012 година.

Табела 8. Пресметка за современи материјали за флотациско јаловиште

Table 8. Calculation of modern materials for flotation tailing dump

Ред. бр. Num.	Вид на материјал Material type	Ед. мера Extent	Количина Quantity	Ед. цена price (€)	Вкупно Total (€)
1	Геофизички испитувања	m ²	240.000	0,5	120.000,0
2	Геоцевки за колектор, 400 mm	m	1.450	110,0	159.500,0
3	Геотекстил за тло, 300 gr/m ²	m ²	180.000	1,2	216.000,0
4	Рапава геомембрана за тло, 2 mm	m ²	180.000	6,3	1.134.000,0
5	Дренажен геокмпозит за тло	m ²	180.000	6,0	1.080.000,0
6	Геотекстил за коси раседни зони, 300 gr/m ²	m ²	20.000	1,2	24.000,0
7	Рапава геомембрана за коси раседни зони, 2 mm	m ²	20.000	6,0	120.000,0
8	Дренажни геоцевки, 250 mm	m	150	110,0	16.500,0
9	Габионски ѕид	m ³	1.650	50,0	82.500,0
10	Геотекстил за прво помошно езеро, 300 gr/m ²	m ²	26.000	1,2	31.200,0
11	Рапава геомембрана за прво помошно езеро, 2 mm	m ²	26.000	6,3	163.800,0
12	Геотуби за прво помошно езеро	m ²	11.220	7,0	78.540,0
13	Геотекстил за второ помошно езеро, 300 gr/m ²	m ²	20.000	1,2	24.000,0
14	Рапава геомембрана за второ помошно езеро, 2 mm	m ²	20.000	6,3	126.000,0
15	Геотуби за второ помошно езеро	m ²	7.480	7,0	52.360,0
16	Дренажни геоцевки за помошни езера, 250 mm	m	300	110,0	33.000,0
17	Високојакосен геотекстил врз јаловина - рамен дел	m ²	210.000	2,5	525.000,0
18	Геомембрана за врз јаловина - рамен дел, 1 mm	m ²	210.000	4,5	945.000,0
19	Дренажен геокмпозит за врз јаловина - рамен дел	m ²	210.000	6,0	1.260.000,0
20	Геомрежа за врз јаловина - рамен дел	m ²	210.000	2,5	525.000,0
21	Високојакосен геотекстил врз јаловина - косина	m ²	87.000	2,5	217.500,0
22	Геомембрана за врз јаловина - косина, 1 mm	m ²	87.000	4,5	391.500,0
23	Дренажен геокмпозит за врз јаловина - косина	m ²	87.000	6,0	522.000,0
24	Геомрежа за врз јаловина - косина	m ²	87.000	2,5	217.500,0
25	Биомас S/C за поефикасна рекултивација	m ²	87.000	2,0	174.000,0
ВКУПНО TOTAL					8.238.900,0

Во случај на косината од браната да се поставува материјалот Incomat, цената е 13 €/m² за дебелина од 20 cm. Во случај на тлото да се поставува геосинтетички глинен слој, цената е 5,5 €/m² за дебелина од 7 mm.

Од извршената пресметка се гледа дека трошокот за современи материјали за изградба на флотациско јаловиште е околу 0,4 €/t флотациска јаловина, односно тоа и не е некоја голема сума, за јаловиште кое ќе биде во експлоатација повеќе од 20 години, а имајќи ги предвид и придобивките за животната средина од современо уредено флотациско јаловиште.

10. ПРИДОБИВКИ ОД СОВРЕМЕНО ФЛОТАЦИСКО ЈАЛОВИШТЕ

Со оглед дека сите наши хидројаловишта во минатото имале несакани хаварии, преку контаминација на земјишта, контаминација на вода и загадување на воздухот, примената на современи материјали на постоечките и на идните јаловишта во Република Македонија ќе придонесе за поголемо одржливо управување со флотациската јаловина и заштита на животната средина.

Колку повеќе се зголеми вниманието при управување со флотациската јаловина, толку повеќе придобивки ќе има за општеството, изразено преку квалитетна животна средина.

Со примена на современи материјали за формирање на изолирана геосредина, со рецикулација на водата или вршење на повеќестепено прочистување на отпадните води преку помошни таложни езера или со помош на лагуни, со користење на геотуби или Incomat за косините од јаловиштата, со покривање на сувите делови од јаловиштето со геотекстил, со ефикасна рекултивација на јаловиштата, несомнено степенот на заштита на животната средина би бил доста висок, а со тоа придобивките за околината би биле големи. Пред сè, околното население нема да пие загадена вода, нема да вдишува загаден воздух, нема да внесува контаминирана храна, едноставно кажано ќе има квалитетни амбиентални животни услови.

Со успешна рекултивација на флотациските јаловишта се постигнуваат значајни придобивки за околниот терен, со тоа што се озеленува и пошумува околината и во иднина би имале придобивки сточарството, шумарството и сл.

Фактот дека во изминатиот период металите имаа прилично добри цени на берзите, а прогнозите се дека цените ќе останат на ова ниво или ќе имаат благо покачување, нè наведува на тоа дека е потребно зголемување на вложувањата за заштита на животната средина од флотациските јаловишта.

Сепак, независно од социјалните и економските прилики на една земја управувањето со флотациските јаловишта мора да биде на завидно ниво, бидејќи со случаи на инциденти можни се големи штети и притоа за санирање на штетите можно е да бидат потребни многу поголеми финансиски средства, отколку ако навремено се вложело во квалитетно одржување на јаловиштата.

Како што за бизнисот за секое вложување придобивката се изразува во единица финансиски средства, така за секое вложување во животната средина придобивката се изразува во единица чиста околина. Секоја придобивка од финансиски средства може да се потроши, но секоја придобивка од чиста околина е непроценлива и со минимални одржувања може да се зачува за подолг период.

11. ЗАКЛУЧОК

Може да се констатира, дека интегрираниот пристап при управување со флотациските јаловишта и изградба на современи флотациски јаловишта ќе значи и почиста животна средина и побезбедна околина.

Со изолацијата на тлото на секое флотациско јаловиште ќе се заштитат подземните води од контаминација, а на тој начин и околните земјишта.

Секогаш кога е можно, треба да се врши рециркулација на водите од флотациските јаловишта, односно испуштањето на водите од јаловиштата да биде на минимум.

Во случај да е неможно рециркулација на водите, тогаш е потребно да се применат сите техники за прочистување на водите, како што се повеќедневно одлежување на водите во таложните езера, изградба на помошни таложни базени - езера (може да бидат и неколку низводно од јаловиштето) за додатно прочистување на водите или спроведување на водите во систем на лагуни.

Со користење на геоцевки (полипропиленски цевки) за одведување на водите од јаловиштата, се зголемува сигурноста и векот на јаловиштата. Посебно ако се поставуваат цевките во ободниот цврст дел и се врши додатна заштита на цевките со поставување испод изолациониот слој или со обвиткување со тенка геомембрана, во таков случај се обезбедува висок степен на сигурност.

Пожелно е околу секое флотациско јаловиште да се изработат ободни канали, со цел при поројни и долготрајни врнежи да не се зголеми нивото на вода во таложното езеро и да не се загрози стабилноста на хидројаловиштето.

Кај флотациските јаловишта кај кои браните се градат возводно или централно постои можност периферните делови да се градат со помош на геотуби. На тој начин се подобрува стабилноста на браната, се спречува

појавата на ерозија и се заштитува воздухот и околниот терен од разнесување на флотациски песок со воздушните струења.

Исто така, за заштита на косината од ерозија и разнесување на јаловинскиот песок со воздушни струења кај возводните и централните брани може да се користи геосинтетичкиот материјал Incomat, кој е лесен за поставување и полнење и може да се поставува по секоја завршена ламела или паралелно со напредување на ламелата.

Кај флотациските јаловишта кои се градат низводно постои можност да се врши покривање на сувите делови од косината и круната со геосинтетички материјал (геотекстил), односно како што се пакувани во ролни, се врши распостилање или собирање во зависност од потребата, а непокриени се оставаат само деловите каде се одлага флотациски песок. За задржување на геотекстилот се врши анкерисување, кои анкери по потреба се преместуваат во зависност од тоа дали се собира или се распостила геотекстилот. Со овој начин на заштита на воздухот, ќе се напушти техниката на прскање на сувите делови со вода, користејќи пумпи под висок притисок и ќе се заштеди на енергија.

По завршување со експлоатација на едно флотациско јаловиште, потребно е да се изврши изолација на јаловината со поставување на геосинтетички слоеви и потоа да се изврши рекултивација на површината на целото јаловиште. За поуспешна рекултивација можат да се користат современи материјали, кои придонесуваат за ефикасно разубавување на околината.

Во случај, врз флотациско јаловиште да е потребно да поминува некоја сообраќајница или да се изгради некој објект, потребно е да се применат инженерствата за одводнување на јаловиштето и за подобрување на носивоста на земјиштето.

Во Република Македонија значајна примена на современи геосинтетички материјали има на јаловиштето Тораница при изградба на дренажни системи, преграда од габионски ѕид, надвишување на ретензионата брана и др. За истото ова јаловиште е предвидено при рекултивација на ретензионата песочна брана, која е во фаза на изградба, да се употреби геомрежа за заштита на косината од ерозија, како и при изградба на нов колектор да се користат геосинтетички цевки.

Инженерството со современи геосинтетички материјали за создавање геобариера за јаловина, може да се примени за јаловиштето Лојане - Куманово, кое јаловиште претставува проблем повеќе од 30 години. Со оглед дека во ова јаловиште нема многу големи маси, можно е да се изврши преместување на јаловината на соодветна локација, со примена на геосинтетички материјали на новата локација и на тој начин да се изврши изолација на јаловинскиот материјал од околината и да се спречи неговото негативно влијание.

Недозволиво е во ова време на развој на современи техники и материјали, сè уште да учиме од грешките (хавариите од јаловиштата), туку потребно е да учиме од сите инженерски успеси постигнати на јаловиштата и да развиваме нови технички решенија.

Недозволиво е да вршиме загрозување на животната средина, бидејќи животната средина треба да им служи и на идните генерации или како што вели една стара индијанска поговорка „Ние не сме ја наследиле планетата од нашите предци, туку само сме ја позајмиле од нашите деца“.

Затоа, во иднина потребно е инженерството со современи материјали да зазема сè поголема улога во областа на заштита на животната средина.

12. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА (REFERENCES)

1. 2nd Internacional Symposium Mining and Enviromental Protection, (1998). Solid waste dumping, Belgrade;
2. 2nd Internacional Symposium Mining and Enviromental Protection, (1998). Solid waste influence on environment, Belgrade;
3. Best Practice Environmental Management in Mining (BPEMM), (1997). „Tailings containment“, Environment Australia;
4. Влада на Република Македонија (март 2008). Предлог на Стратегија за управување со отпад на Република Македонија (2008-2020);
5. ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО - Скопје. (август 2010). Анекс на Основен проект за продолжување со работа со еден хидроциклон или поставување втор хидроциклон во зона на јаловиште Тораница - Крива Паланка;
6. ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО - Скопје. (јуни 2010). Анекс на Основен проект за дренажен килим кај песочната брана на хидројаловиште „Тораница“ - Крива Паланка;
7. ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО - Скопје. (ноември 2010 - во тек секој месец). Извештаи од проектантски надзор на хидројаловиште Тораница;
8. ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО - Скопје. (септември 2010). Анекс на Основен проект за надоградување на ретензионата брана на хидројаловиште Тораница - Крива Паланка;
9. ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО - Скопје. (септември 2010). Анекс на Основен проект за стабилизирање и укрутување на ножицата од песочната брана на хидројаловиште Тораница - Крива Паланка;
10. ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО - Скопје. (септември 2010). Анекс на Основен проект за ново колекторско решение на хидројаловиште Тораница - Крива Паланка;
11. GEOS Društvo za geoloska istraživanja, projektiranje i inženjering - Rovinj (august-septembar 2010). Radnji izvestaj o rezultatima geofizickih snimanja u sklopu inženjersko-geoloskoh i hidrogeoloskih istraživanja za novi jalovnik Toranica;

12. Geosynthetics Institute USA (2002). ASTM Standards on Geosynthetics;
13. Giroud, J.P., R.K.Frobel. (1984 March). Geomembrane products, Water Power and Dam Construction;
14. Градежен институт Македонија, АД Скопје (јануари 2006). Студија за санација и рекултивација на старото хидројаловиште РОЦ „Злетово“ - Пробиштип;
15. Градежен факултет - Скопје (ноември 2010). Анекс на изведбениот проект за брана број 3-2 на хидројаловиштето на рудникот Саса - М. Каменица;
16. Даневски, Т. (2012). Влијание врз животната средина од одлагалиштето за откривка и флотациското хидроодлагалиште во рудникот за бакар Бучим, со преземање на мерки за заштита (Магистерски труд);
17. Европска комисија, (Брисел 12.10.2011). Извештај за напредокот на Република Македонија 2011;
18. Engels, J. (February 2004). Tailings Management Facilities - Intervention Actions for Risk Reduction;
19. Закони, правилници, стратегии, планови и сл. за управување со отпад;
20. Зенделска, А. (2010). Проценка на квалитетот на водите, почвите и седиментите во околината на хидројаловиштето на рудникот Саса и неговото влијание врз животната средина (Магистерски труд);
21. International Commission on Irrigation and Drainage (2004). Application of Geosynthetics in Irrigation and Drainage Projects, New Delhi, India;
22. Интернет-страници, списанија, статии, резимеа, каталози, брошури и сл.;
23. ICOLD, (1996). A guide to tailing dams and impoundments, Bulletin 106, Paris;
24. ICOLD, (1996). Tailing dams and Environment, Bulletin 103, Paris;
25. ICOLD, (1994). Tailing dams - Design of Drainage, Bulletin 97, Paris;
26. ICOLD, (2001). Tailing dams - Risk of dangerous occurrences, Bulletin 121, Paris;
27. КАТАЛОГ НА ПРОИЗВОДИ Геосинтетички, (2006). Polyfelt Geosynthetics;
28. Koerner, R.M. (1997). Designing with Geosynthetics;
29. Кнежевиќ, Д. (2002). Одлагање индустриског отпада, скрипта, верзија 1.1;
30. Крстев, Б., Голомеов, Б. (2008). Флотациски хидројаловишта, Штип;
31. Крстев, Б., Голомеов, Б. (2008). Инженерство на рудничка средина, Штип;

32. Лазаров, А (2011). Современи трендови и практики за финално одлагање на опасен отпад усогласени со тековните европски стандарди (Магистерски труд);
33. Landfill Engineering, (2002). Germany;
34. Lawson, С. (1998). Retention Criteria and geotextile-filter performance, Geotechnical Fabric report;
35. Министерство за животна средина и просторно планирање, Република Македонија (октомври 2008). Национален план за управување со отпад (2009 – 2015) на Република Македонија;
36. Мицевска, О. (2010). Одржливо управување со комунален цврст отпад во Македонија - План за санитарно уредена депонија (Магистерски труд);
37. Mlinarek, J. (1998). Le marche Americain des Geosyntheques, Geoglobe Journal;
38. Научно-истражувачки проект, (2003). Геотехничко-еколошки аспекти на проектирање на конструкции со геосинтетици, Градежен факултет - Скопје;
39. План за управување со отпад 2011-2016 за Општина Пробиштип;
40. Hans Josef Klobert, Günther Steinbrecher, (FH) Gerd Michel, (2007). Техники на заштедување простор кај планско одлагање на отпад – Зборник на трудови, Меѓународна конференција – Управување со отпад, Скопје;
41. Herve Plusquellec, (2004). Application of geosynthetics in irrigation and drainage projects;
42. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu;>
43. <http://www.eko-team.net;>
44. <http://www.tailings.info/accidents.htm;>
45. HUESKER, (2005). Engineering with Geosynthetics;
46. Centre for Civil Engineering Research and Codes, (1995). Geosynthetics in Civil Engineering;
47. COLBOND Geosynthetics, (1996). Structural drainage and Enkadrain.

Љубиша Костадинов

**Инженерство со современи материјали за заштита
на животната средина од флотациските јаловишта**

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип