

Ников Консалтинг Дооел

## СТУДИЈА ЗА МОЖНА ПРИМЕНА НА ТРОСКА ОД ЕЛЕКТРОЛАЧНАТА И ОД КАЗАНСКАТА ПЕЧКА ВО „МАКСТИЛ“ АД - СКОПЈЕ

Клиент: АД МАКСТИЛ, Скопје

По договор бр. 20171825 од  
17.05.2017

Проект: Студија за примена на трската

Тех.бр. 2018-03-NK-001

СТАТУС	Дата	Провер ено	Одобрено NK	Одобрено клиент	Опис
Финална	19.03.2018	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>		



## Содржина

1	Вовед.....	4
2	Локација на МАКСТИЛ АД – Скопје .....	5
3	Производство на челик во електролачна печка.....	6
3.1.1	Шаржирање на печката.....	6
3.1.2	Топење и рафинација .....	7
3.1.3	Излевање и складирање на троска од електролачна печка.....	8
3.1.4	Излевање на челик .....	9
3.1.5	Третман во казанска печка .....	9
3.1.6	Излевање на троска од Казанска печка .....	10
4	Правниот статус на троските од производство на железо и челик во Европа .....	11
5	Карактеристики на троските од електролачна и казанска печка .....	16
5.1.1	Лужење на компоненти од троската.....	19
5.1.2	Третман на троската .....	20
6	Физички и механички карактеристики на троските од електролачна и казанска печка .....	23
7	Примена на троските од од производство на железо и челик.....	24
7.1	Агрегат во градежништвото .....	26
7.1.1	Агрегат за асфалт .....	28
7.2	Агрегат за тампонирање патишта .....	30
7.3	Суровина за цемент.....	32
7.4	Агрегат за бетон.....	33
7.5	Маса за подобрување на механичките карактеристики на почвата.....	33
7.6	Сретство за апсорпција во системи за прочистување на отпадни води .....	33
8	Заклучоци.....	34
9	Библиографија .....	35
Прилог 1	Извештај од испитувања на вештачки дробен агрегат од троска за производство на бетонски и асфалтни мешавини.....	38
Прилог 2	Извештај од извршени испитувања на дробена згура со јадрост 0-63 mm (депонија во кругот на фабриката).....	47
Прилог 3	Извештај од оспитување на применливоста на згура од позајмиште Железара за изработка на објекти од нискоградба.....	58
Прилог 4	Извештај од минералошки и хемиски испитувања на троската од Електролачна печка во МАКСТИЛ АД, Скопје .....	70

## Кратенки и акроними

BAT (НДТ)	Best Available Techniques (Најдобри Достапни техники)
BREF	<b>BAT REF</b> erence Document (Референтен документ за НДТ)
CAS	<b>C</b> hemical <b>A</b> bstract <b>S</b> ervices (Оддел на Американското хемиско здружение)
EINECS	The European Inventory of Existing Commercial Substances (Европски попис на постоечки комерцијални супстанции)
EU	European Union (Европска Унија)
EUROFER	The European Steel Assotiation (Европска асоцијација за челик)
EUROSLAG	Европска асоцијација која ги застапува производителите и корисниците на металуршка трска
EWG	European Waste Catalogue (Европски Каталог на Отпади)
FEhS	Институт за градежни материјали во Дуисбург, Германија
FHWA	Federal Highway Administration (Управа за Патишта на САД)
JRC	Joint research Center (Заеднички центар за истражувања) во Севиља, Шпанија
NSA	National Slag Association (USA)
REACH	European Regulation on <b>R</b> egistration, <b>E</b> valuation, <b>A</b> uthorisation and <b>R</b> estriction of <b>C</b> hemicals (Европска регулатива за регистрација, евалуација, авторизација и ограничување на хемикалии)
RFSC	<b>R</b> egistration of <b>F</b> errous <b>S</b> lag <b>C</b> onsirtium (Конзорциум на REACH за регистрација на трски од производство на железо и челик)
UVCB	<b>U</b> nknown or <b>V</b> ariable Composition, <b>C</b> omplex Reaction Products or <b>B</b> iological Materials (Непознат или променлив состав, продукт од комплексни реакции или биолошки материјал)

## 1 Вовед

По дезинтеграцијата на Рудници и „Железарница – Скопје“, се формираат повеќе самостојни компании. Така, од челичарницата и валавницата за дебел лим се оформи компанијата „Макстил“ АД. За да може компанијата да работи самостојно, отстранет е LDAC конверторот и наместо него е поставена електролачна печка за производство на челик од старо железо. Со тек на времето производните погони се модифицирани и доградувани, но основата на дејноста сепак ја чини производство на дебели лимови од јаглородни и специјални челици. Производството на челик опфаќа:

1. Подготовка на старо железо, феролегури и други материјали.
2. Изработка на течен челик во Електро лачна печка.
3. Обработка на течен челик во Казанска печка.
4. Континуирано леење на течен челик на машините за континуирано леење и добивање слаб.
5. Транспорт и доработка на слабови и нивна отпрема во Топла валавница.

„Макстил“ АД – Скопје поседува А дозвола за усогласување со оперативен план бр.11-8469/1 издадена од Министерството за животна средина и просторно планирање на ден 19.09.2013 година.

Макстил АД Скопје главно се придржува кон условите во дозволата. Скоро сите активности од оперативниот план се реализирани во целост. Исклучок е активноста 9.1.1.15, која се однесува на постапување со трската од електролачна и казанска печка.

Активноста 9.1.1.15 се состои од:

1. Изработка на студија за употреба на трската
2. Изработка на проект за постројка за гранулирање на трската со вода
3. Реализација на проектот
4. Набавка на механизација за соодветно одложување на гранулираната трска на халда
5. Набавка на постројка за сепарирање и дробење на одложената трска на халда
6. Изноаѓање начин на продажба на трската

Во изминатиот период се направени одредени испитувања на квалитетот на трската, но тие не се сосема доволни и не е направена систематска презентација на предностите и недостатоците за примена во одделни гранки на индустријата.

Некои од активностите во условот 9.1.1.15 се прерано предвидени; не соодветствуваат на распространетата пракса и не оставаат простор за флексибилност за да се реализираат препораките на студијата. Така, ако се примени гранулација на трската со вода, се отфрла можноста таа да се употреби како агрегат за тампонирање или за асфалт.

Изработката на оваа студија треба да одговори на првата точка од условот 9.1.1.15 од А дозволата за усогласување со оперативен план и да даде препораки за валоризација на трската.



## 2 Локација на МАКСТИЛ АД – Скопје

Инсталацијата Макстил АД Скопје се наоѓа во општина Гази Баба, во индустриската зона Железара, на надморска височина од околу 265 m (Слика 1).



Слика 1 Локација на „Макстил“ АД Скопје

Окружувањето на „Макстил“ АД Скопје го чинат погони или простори кои претходно беа во состав на РЖ „Скопје“: на север е „Скопски Легури“ АД Скопје, на југ е „ФАМОНД“ и „Арцелор Митал“ АД Скопје, на исток е депонијата за трска на поранешната РЖ „Скопје“ со која управува РЖ „Трска“, а на запад е РЖ „Институт“

Поширокото опкружување на Макстил АД Скопје е прикажано на Слика 2 .

Халдата со трска од електролачната и казанската печка се наоѓа источно од производните погони на МАКСТИЛ АД, на простор со кој управува компанијата, на парцелата бр. 2232/4.



Слика 2 Окружување на „Макстил“ АД Скопје Во средината е прикажана халдата со трска (извор: Катастар на недвижности на РМ)

### 3 Производство на челик во електролачна печка

Во ова поглавје накусо ќе биде претставен процесот на производство на челик во „Макстил“ АД Скопје за да може покасно да се сфатат карактеристиките на трската и нивното потекло.

Електро печката е инсталирана во 1972 год. и е произведена од фирмата Бирлик – Англија. Нејзината оригинална изведба се карактеризира со годишен капацитет од 250.000 t. Нејзиниот проектиран капацитет на шаржа изнесува 130 t. Со реконструкцијата на Електро печката 1990 година и воведување на TECHINT Технологија (хемиска енергија), капацитетот е зголемен на 500 000 t течен челик годишно. Покрај садот, составни елементи на електро печката се: трансформатор, преклопка (за регулација на напон), систем за автоматска контрола, електронски сметач, систем држачи на електроди, хидрауличен систем за кинематика, пневматски систем, систем за ладење, систем за додатоци и систем за отпрашување на гасови.

#### 3.1.1 Шаржирање на печката

Шаржата на електропечката се подготвува во зависност од типот на челикот којшто треба да се произведе. Шаржирањето на металниот засип се врши со три корпи (2–4). Добрата подготовка на метален засип е еден од условите за квалитетно работење на електро печката и бара добра координираност меѓу раководителот на електро печката и раководителот на шрот плац, односно договарањето во врска со количината на старо железо, составот на старото железо по големина и вид.

При составување на шаржата се води сметка за редоследот на шаржата од старо железо за да се обезбеди брзо формирање на растопена када и обезбедување заштита на сидовите и кровот на електропечката од радијацијата од електричниот лак.

За време на шаржирањето кровот и електродите се подигнати од електропечката и поместени на страна за да се овозможи пристап на кранот и брзо испуштање на скрапот во печката. Отпрашувањето на електропечката и просторот околу неа го презема системот со кровна хауба, па емисиите на прашина се минимизирани.

По шаржирањето кровот и електродите се враќаат на своето место врз електропечката, кровот се спушта заради дихтување, а електродите почнуваат да се спуштаат за да се иницира електричен лак.

Шаржирањето на металниот засип од секоја корпа се врши со шаржирен кран. Максимално дозволено време на шаржирање е 4 минути.

### 3.1.2 Топење и рафинација

Електро лачната печка се користи главно за топење на старото железо и загревање на растопениот метал на температура од 1.630 - 1.650 °C. Само во ретки случаи доколку има потреба, во согласност со добиениот хемиски состав на првата проба, ќе се врши и декарбурација (отстранување на јаглородот од растопениот метал) и дефосфоризација. Најголемиот дел од сегашната фаза на рафинација, односно десулфуризација на топениот челик и загревањето се пренесени во Казанската печка.

Топењето на шаржата се одвива со доведување енергија во внатрешноста на печката. Најголем придонес во процесот на топење има електричната енергија, но значителен е и уделот на хемиската енергија којашто се обезбедува преку кислородни бренери во кои согорува природен гас, како и со додавањето јаглородна прашина. Преносот на топлина се врши со радијација од пламенот и конвекција од вруќите продукти на согорувањето. Преносот на топлина низ шаржата се врши поради топлопроводноста на шаржата.

Откако ќе се создаде растоп на челик во печката, во неа може директно да се дува кислород. Кислородот реагира со неколку компоненти од шаржата како алуминиум, силициум, сулфур, фосфор, манган јаглород, железо и други. Сите овие реакции се егзотермни и воведуваат дополнителна енергија што помага во топењето на шаржата.

#### Легирање

Целокупната количина на FeSi се додава преку систем за додатоци во казан непосредно пред изливање на шаржата. Кај обичните квалитети се додава 330 – 400 кг FeSi што зависи од количината на пресметаниот SiMn и од добиените анализи на растопината. Целокупната количина на потребен SiMn кај обичните квалитети на челик се додава преку системот за додатоци во казан непосредно пред изливање на шаржата.

#### Легирање со алуминиум

Количината на алуминиум треба да се додава во млаз. На обичните квалитети каде се бара Al = 0,015% се додава 70 – 100 kg Al. Доколку е потребно се врши и дополнителна корекција така

што процентот на алуминиум ќе биде најмалку 0,010 %. На секоја шаржа, непосредно пред изливање во казан, се додава 300 – 400 kg вар за десулфуризација.

#### **Подготовка на електро печката за следното шаржирање**

По секоја шаржа визуелно се контролира и одредува остатокот на метал во печката за да се направи, ако е потребно, корекција на количеството на старо железо за следната шаржа. Исто така по секоја шаржа се контролира изливникот и се поправа прагот за троска. Дозволено време за подготовка на печката е 0 – 15 min. Подготовката на печката се врши со две дигалки со навремена корекција и секогаш треба да се има минимум две резервни колони на електроди. После секоја одвртена или скршена колона електроди се формира нова.

#### **Изработка на мангански шаржи**

Технолошката шема за изработка на манганска шаржа е иста како и онаа за обични квалитети на челици. Разликата е само во легирањето. По добивањето на втората хемиска анализа на температура од  $1.670^{\circ}\text{C}$  се врши легирање на најголем дел од пресметаната количина на SiMn во печка со додавање, преку системот за додатоци (SiMn најмногу 500 kg се легира преку системот), целокупната количина FeSi (120-250 kg) се додава во казан, додека Al во количина 120 – 250 kg се додава во млаз.

#### **3.1.3 Излевање и складирање на троска од електролачна печка**

Троската од Електро печка, во текот на изработката на шаржа се испушта во каца, која е поставена под предната врата/прагот од Електро печката. Во текот на изработката на 1 шаржа се испушта, приближно 13.5 t троска во каца. По изливот на шаржата, кацата со троска се зема со дигалка и се носи на одредено место каде се остава да отстои 2-3 смени, време потребно да оцврсне течната троска.



**Слика 3 Каца за собирање на троска од електролачна печка**

Потоа кацата се зема со дигалка и се носи при крај на шаржирна хала, на просторот меѓу ред В и С, столб - 3, 4, 5 каде троската се истура. Овој простор порано беше дел од технолошката линија за производство на конверторски челик. По нејзиното прекинување со работа овој простор се користи како поле за привремено складирање на оцврсната троска.





Слика 4 Локација на складирање на оцврсната троска од електролачна печка

Карактеристики на полето:

- Површина 500 m<sup>2</sup>
- Волумен 2500 m<sup>3</sup>
- Капацитет 1000 t Троска

Троската на ова поле се крши со помош на дигалка и метална топка, а потоа се собира со механизација во камиони и се пренесува на халдата за троска, која се наоѓа на локација во близина на погонот Челичарница (Слика 2).

### 3.1.4 Излевање на челик

На температура од 1.630 – 1.650 °C течниот метал се испушта од Електро лачната печка во ливниот казан во кој во исто време се врши и делумно легирање. Наполнетиот ливен казан со помош на ливен кран се пренесува и се поставува во една од постоечките колички за таа намена. По поврзувањето на инсталацијата за аргон и почетното аргонирање на дното, ливниот казан се пренесува со помош на количката и се поставува под капакот од казанската печка. Со спуштањето на капакот над ливниот казан и со спуштањето на трите електроди, по вклучувањето на електричната енергија започнува процесот на загревање и обработка на течниот челик.

### 3.1.5 Третман во казанска печка

Во состав на Челичарницата изградена е Казанска печка со капацитет од 110 t која, заедно со постоечката Електро лачна печка и Конти ливните машини, формира единствена технолошка линија за производство на конти леан слаб од старо железо, како главна влезна суровина. Казанската печка овозможува прецизно да се подесуви хемискиот состав на течниот метал кој се произведува во Електро лачна печка (легирање) и да се одлие на конти ливните машини.

Казанската печка е снабдена со работна платформа и помошни постројки како: систем за додатоци, машина за уфрлање на жица, копје за дување инертен гас во челикот и помошна мерна опрема итн. со кои можат да се вршат следните операции:

- Обработка на течниот челик со инертен гас, хомогенизација и дезоксидација;
- Декарбурација;
- Формирање течна троска од додадени топители со
- десулфуризација на течен челик;
- Фино легирање;

- Обработка на течен челик со Ca Si;
- Подигање на температурата или нејзино одржување и нејзино подесување на конти лив итн.

Казанската печка овозможува леење на три до четири шаржи во серија на конти ливните машини со сите предности што ги дава тоа во поглед на зголемувањето на металниот извадок и подобрувањето на квалитетот на слабот. Казанската печка дава можност и за проширување на асортиманот со широка лепеза на поквалитетни челици.

Гасовите што се ослободуваат во текот на процесот се водат преку водено ладениот капак, колено и водено ладена цевка до проширениот систем за прочистување и отпрашување. На тој начин се спречува загадувањето на работниот простор во челичарница и со примената на поефикасно пречистување на гасовите во филтрите се обезбедува заштита на животната средина. Применетите техники се воредот нанајдобрите достапни техники.

#### Технички карактеристики

Тип на казанска печка: Отворена со електро лачно загревање и обработка со инертен гас

Тежина на топ. челик во ливен казан: .....100 – 110 тони

Брзина на загревање: ..... приближно 4 °C/мин.

Мин. слоб. простор во лив. казан над топ. челик:..... 400 mm

#### Електрични карактеристики

Примарен напон на трансформатор:..... 35 KV, 50 Hz

Снага на трансформатор:..... 21 MVA

Секундарен напон:..... приближно 91 – 322 V

Секундарна струја: ..... max. 31 KA

Високо струјни кабли:..... 2×4000 mm<sup>2</sup> × 3 фази

Дијаметар на електроди:..... 356 mm

Електроден круг:..... 680 mm

#### Карактеристики на механички делови:

Водено ладен капак од цевки:..... 3500 mm

Висина на подигање на капак:..... 500 mm

Брзина на подигање на капак :..... 30 mm/s

Вертикални носачи на електроди

Висина на подигање:..... 2500 mm

Брзина на подигање:..... 30 mm/s

#### 3.1.6 Излевање на троска од Казанска печка

Во текот на обработката на челикот во Казанска печка настанува, приближно 1.800 kg троска при секоја шаржа. Истата по одливањето на шаржата на Конти лив се истура на просторот меѓу столб Б5-Б6. Потоа, со возила се пренесува и се складира на Халдата лоцирана во близина на погон Челичарница. Поради различниот хемиски и минералошки состав на троската од казанска печка во однос на онаа од електролачната печка, тие се складираат одвоени една од друга.



Слика 5 Место на изливање на трска од казанска печка

#### 4 Правниот статус на трските од производство на железо и челик во Европа

За правниот статус на трските од производство на железо и челик, односно нивната класификација како отпад, производ или нус-производ се расправа повеќе од 30 години. Во 2006 година, Европската асоцијација за трска EUROSILAG, ги изложи своите гледишта во врска со ова во документот „Правен статус на трските“ (EUROSILAG, 2006). Во тој документ беше потенцирано дека општата класификација на трската како отпад сосема го занемарува третманот кој таа го има од челичаните, пререботувачите и производителите на материјали за градежништво и земјоделство, како и од пазарот. Поради тоа, општата класификација на трската како отпад не е прифатена од индустријата.

Во Февруари 2007 година, Европската комисија упатува до Европскиот совет и Парламентот толкување во врска со поимите отпад и нус производ. Комисијата смета дека нема јасна граница меѓу овие две категории, па затоа нуди критериуми за одлучување од случај до случај. Се чини дека ставовите на EUROSILAG се земени пред вид бидејќи разликите не се големи со оглед на тоа дека толкувањето не се однесува само на трски туку на отпад и нус-производ воопшто. Во комуникацијата на Европската комисија е наведена и шема на одлучување за категоризација на материјалите како отпад наспроти нус-производ односно производ или секундарна сировина (Слика 6). Како пример во комуникацијата е наведена трската од висока печка за железо која според критериумите и според заклучокот на комисијата е нус-производ.

Во Декември 2008 година во ЕУ стапи на сила ревидираната директива за отпад 2008/98/ЕС во која се чини дека толкувањето на Европската комисија е земено предвид. Чл.5 и Чл.6 од новата директива овозможуваат јасна дефиниција на критериумите за карактеризација на нус-производ (Чл.5), како и материји кои престануваат да бидат отпад и постануваат корисни производи/секундарни сировини (Чл. 6). Овие критериуми се внесени во директивата 2008/98/ЕС која ја заменува директивата 2006/12/ЕС. Чл. 5 од директивата 2008/98/ЕС се однесува на нус-продуктите, а чл. 6 на статусот кога отпадот престанува да биде отпад. Подолу се цитирани членовите 5 и 6 од Директивата:

## Член 5

### Нус производи

Супстанција или предмет произведен во процес чијашто основна цел не е производство на таа супстанција или предмет, може да се смета дека не е отпад на кој се однесува точка (1) од чл.3 туку дека е нус-производ само ако се исполнети следните услови:

1. Материјал кој не е основна цел на производниот процес, може да се смета за неопасен нус производ ако:
  - a. е извесна натамошната употреба на материјалот или предметот
  - b. материјалот може да се употребува без натамошен третман освен нормалната индустриска практика
  - c. материјалот е произведен како составен дел на индустрискиот процес и
  - d. ако натамошната примена е според законите, односно ако се исполнети сите барања за квалитет на материјалот, заштитата на животната средина и здравјето на луѓето за конкретната примена .
2. врз основа на условите наведени во параграф 1, можеда се усвојат мерки за определување на критериуми кои треба да ги исполнат одредени супстанции или предмети за да се сметаат за нус-производи, а не како отпад како што е наведено во точка (1) од чл. 3.Тие мерки, предвидени да ги прошират споредните елементи на оваа Директива дополнувајќи ја, ќе бидат усвоени во согласност со правната процедура со детално разгледување како што е наведено во Чл. 39(2).

## Член 6

### Статус кога отпадот престанува да биде отпад

1. одреден специфициран отпад ќе престане да биде отпад на кој се однесува точка (1) од чл.3 откако ќе се подвргне на обработка, вклучувајќи рециклирање и ги исполнува специфичните критериуми кои треба да се постават во согласност со следните услови:
  - a. Супстанцијата или предметот вообичаено се употребува за конкретни цели;
  - b. Постои пазар или побарувачка за таква супстанција или предмет;
  - c. Супстанцијата или предметот ги исполнува техничките барања за конкретната намена и ги задоволува законите и стандардите коишто се применуваат на производите и
  - d. Примената на супстанцијата или предметот нема да предизвика негативни ефекти врз животната средина и здравјето на луѓето.

Таму кадешто тоа е потребно, критериумите ќе вклучат гранични вредности за загадувачките супстанции и ќе ги имаат во предвид сите можни негативни влијанија од супстанцијата или предметот.

2. Мерките предвидени да ги прошират споредните елементи на оваа Директива дополнувајќи ја со тоа што ќе се усвојат критериуми наведени во параграф 1 и



наведувајќи го типот на отпад на кој тие ќе се применуваат, ќе се усвојат во правна процедура со детален преглед како што е наведено во чл. 39(2). Критериуми за престанок на статусот отпад ќе се воспостават најмалку, меѓу другите, за агрегати, хартија, стакло, гуми и текстил.

3. Отпадот кој ќе престане да биде отпад во согласност со параграфите 1 и 2, ќе престане да биде отпад и за целите на искористување и рециклирање наведени во Директивите 94/62/ЕС, 2000/53/ЕС и 2006/66/ЕС и другите релевантни правни актина Заедницата ако се исполнети барањата на тие законски акти во врска со рециклирањето или искористувањето.
4. Доколку не се дефинирани критериуми на ниво како што е предвидено во параграфите 1 и 2, Земјите членки можат да одлучуваат од случај до случај дали одреден отпад престанува да е отпад имајќи ја предвид судската практика. Тие ќе ја известат комисијата за таквата одлука во согласност со Директивата 98/34/ЕС...

На барање на Европската комисија во врска со развој на специфичните критериуми споменати во чл. 6(1), заедничкиот Центар за Истражувања (Joint Research Center – JRC) ги објави извештаите „End of Waste Criteria” (JRC, 2008), и „Study on the Selection of Waste Streams for End of Waste Assessment” (JRC, 2008). Поглавјето 3 од првиот извештај се однесува на агрегати, меѓу кои и оние изведени од троски од производство на железо и челик. Во тие извештаи е нагласено дека, во врска со животната средина, од првенствено значење се критериумите за лужење коишто треба конкретно да се документираат бидејќи основната употреба вклучува директна изложеност во животната средина.



Слика 6 Шема на одлучување за категоризација на материјалите како отпад наспроти нус-производ според Комуникацијата на Европската комисија од 2007 година

По воведувањето на REACH регулативата во 2007 година, членовите на FEhS (Институт за градежни материјали) во Дуисбург и EUROSLAG, во договор со EUROFER, иницираа регистрација на троските од производство на железо и челик како супстанции. Сметајќи дека троските од металургијата на железо и челик не се отпад туку нус-производ или производи/секундарна сировина, беше оформен конзорциумот за троски од црна металургија на REACH – RFSC. Задачата на RFSC беше да подготви регистрација на овие троски до 1 Декември 2010 година.

За време на процесот на регистрација беа разгледани и детално дискутирани расположивите податоци за составот на трските и соодветните процеси на производство од сите европски држави. Како резултат на тоа, извршена е ревизија на постоечките EINECS дефиниции. Договорено е да се регистрираат сите видови трски од црна металургија како UVCB супстанции коишто најдобро се дефинираат според процесот на производството. Други идентификатори се минералоскиот и хемискиот состав.

**Табела 1 CAS и EINECS броеви на трските од производство на железо и челик**

Група бр.	Заедничко име		EINECS име	EINECS No. CAS No.
1	Гранулирана високопечна трска	GBS	Трска, железо и челик, висока печка (гранулирана)	266-002-0 65996-69-2
	Воздушно ладена високопечна трска	ABS	Трска, железо и челик, висока печка (воздушно ладена)	266-002-0 65996-69-2
2	Конверторска трска	BOS	Трска, производство на железо и челик, конвертор	294-409-3 91722-09-7
3a	Електропечна трска (производство на јаглороден челик)	EAF C	Трска, производство на челик, електропечка (производство на јаглороден челик)	932-275-6 284-410-9 <sup>a</sup> 91722-10-0 <sup>a</sup>
3b	Електропечна трска (производство на високолегиран челик)	EAF S	Трска, производство на челик, електропечка (производство на нерфосувачки/високолегиран челик)	932-476-9 284-410-9 <sup>a</sup> 91722-10-0 <sup>a</sup>
4	Трска од производство на челик	SMS	Трска, производство на челик	266-004-1 6599671-6

a = Стари EINECS или CAS броеви

Во 2012 година, EUROSLAG објави нова позиција во врска со трските од железо и челик. Овој документ многу повеќе е во склад со Директивата, но дава одредени сугестии за поедноставување на одлучувањето за статусот на трската. Според EUROSLAG, за трските од производство на железо и челик постојат две можности:

- Трската се смета за нус-производ уште во течна состојба, веднаш откако е произведена, со или без третман или
- Трската иницијално се смета за отпад, но престанува да биде отпад по соодветен третман.

Во Европскиот Каталог на отпади, воспоставен со решение на Европската комисија бр. 2000/532/ЕЦС, којшто е преземен и во законодавството на Република Македонија, постојат две ставки во врска со трските:

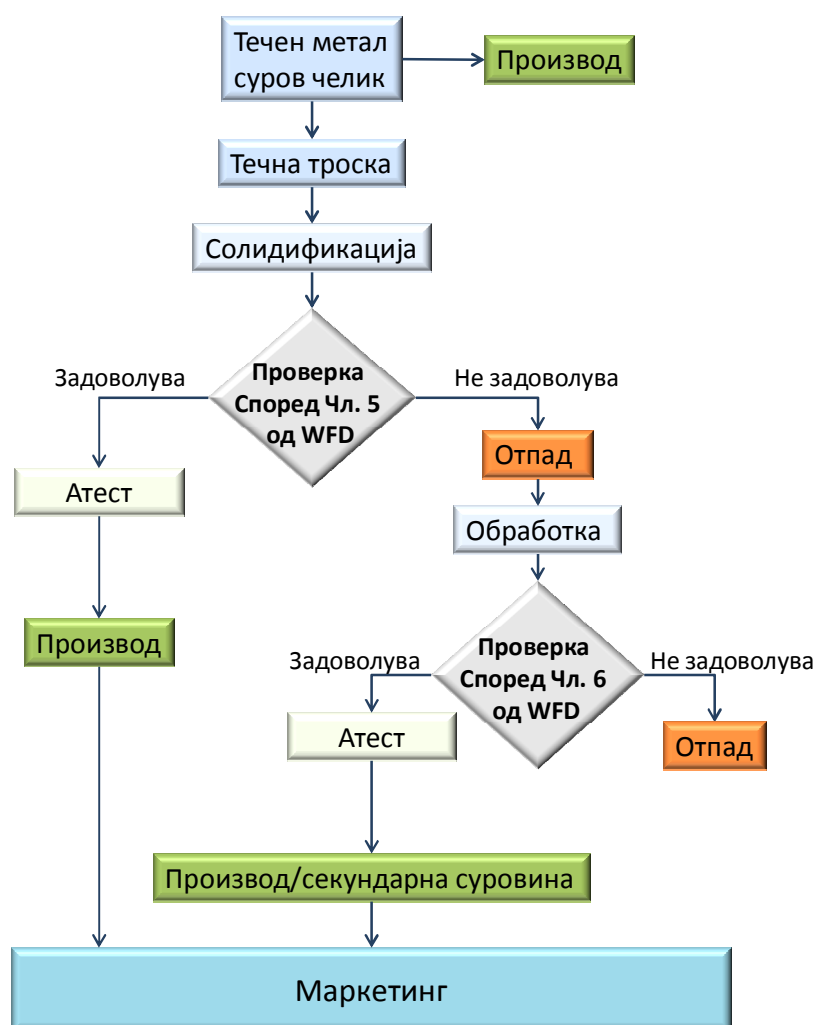
- 10 02 01 отпад од третман на трска и
- 10 02 02 нетретирана трска.

Индустријата на челик прифаќа дека, во одредени случаи, некоја трска може да се класифицира како 10 02 01 или 10 02 02, но потенцира дека уште во 2002 година, на барање на Германија, Европската комисија се сложила дека индустриските операции како гранулација,

пелетизација, пенење, контролирана солидификација со специфична термичка обработка, сепарација, дробење, сеење, мелење и сл. претставуваат третман на трската.

Според EUROSLAG, трските кои минале една или повеќе од наведените операции не се опфатени со EWC, немаат каталожки број и не би требало да се класифицираат како отпад.

Документот на EUROSLAG содржи и шема на одлучување, прикажана подолу на Слика 7. Шемата е во согласност со Директивата 2008/98/ЕС, но прилагодена е кон трските од железо и челик.



Слика 7 Шема на одлучување за класификација на трска од производството на железо и челик според гледиштето на EUROSLAG од 2012 година

## 5 Карактеристики на трските од електролачна и казанска печка

Основни компоненти на трските од производство на железо и челик се вар (CaO) и силициум диоксид (SiO<sub>2</sub>). За трските од производството на челик е карактеристично зголемено

присуство на оксиди на железо и други метали како манган. Поради големото количество варовник и кусото време на рафинација, можно е мал дел од варовникот да остане во троската како слободен CaO.

Наведените компоненти постојат во природата (земјината кора) како природен камен и минерали, а хемискиот состав е сличен на Портланд цемент. Обликот и физичките карактеристики на троските од железо и челик се слични на обичниот дробен камен или песок. Меѓутоа, поради разликите во хемискиот состав и процесите на ладење, можно е да се добијат различни видови троска со бројни карактеристични својства. На пример, некои троски стврдуваат при алкална стимулација.

Во Табела 2 се наведени рационалните состави на троски од електропечка и казанска печка од неколку автори.

**Табела 2 Рационален состав на троски од електролачна и казанска печка**

Референци	Вид на троска	Оксиди (%)											
		CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>total</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Free CaO
(M. Barra, 2001)	ЕЛП	29.5	16.1	7.6	5.0	—	32.56	—	0.6	4.5	0.78	0.6	—
(M. P. Luxán, 2000)	ЕЛП	24.4	15.4	12.2	2.9	34.4	—	—	—	5.6	0.56	1.2	—
(J. M. Manso, 2006)	ЕЛП	23.9	15.3	7.4	5.1	—	—	42.5	0.1	4.5	—	—	0.5
(Shi, 2004)	ЕЛП	35–60	9–20	2–9	5–15	15–30	—	—	0.1–0.2	3–8	—	0.0–0.3	—
(M. Tossavainen, 2007)	ЕЛП	38.8	14.1	6.7	3.9	5.6	20.3	—	—	5	—	—	—
(P. E. Tsakiridis, 2008)	ЕЛП	35.7	17.5	6.3	6.5	—	26.4	—	—	2.5	0.8	—	—
(M. Nicolae, 2007)	КП	49.6	14.7	25.6	7.9	0.44	0.22	0.17	0.8	0.4	—	0.2	—
(Shi, 2004)	КП	30–60	2–35	5–35	1–10	0–15	—	—	0.1–1	0–5.0	—	0.1–0.4	—
(G. R. Qian, 2002)	КП	49.5	19.59	12.3	7.4	—	0.9	—	—	1.4	—	0.4	2.5
(J. Setién, 2009)	КП	50.5–57.5	12.6–19.8	4.3–18.6	7.5–11.9	—	1.6–3.3	—	—	0.4–0.5	0.3–0.9	0–0.01	3.5–19
(M. Tossavainen, 2007)	КП	42.5	14.2	22.9	12.6	0.5	1.1	0.4	—	0.2	—	—	—

Во продолжение (Табела 3) се дадени статистички показатели за хемискиот (рационалниот) состав на троската од електропечката на МАКСТИЛ АД Скопје. Заради компарација компонентите од хемискиот состав се наведени по истиот редослед како погоре.

Направени се бројни истражувања во врска со минералошкиот состав на троските од електролачна и казанска печка. Според едно од нив со понов дадум (Тео, 2016) се потврдува дека основните минералошки фази во троската од електропечка за производство на челик се гехленитот (Gechlenite) (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2CaO·SiO<sub>2</sub>) и дикалциум силикатот (2CaO·SiO<sub>2</sub>) или ларнит, а железните оксиди се присутни како вустит (FeO) и магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>). Дикалциумсиликатот може да се сретне како β-дикалциум силикат или γ-дикалциум силикат. γ-дикалциум силикатот ретко се среќава во троските од ЕЛП, но се јавува во оние од КП, каде се создава со ладење на β модификацијата. Преминот од β во γ-дикалциум силикат предизвикува зголемување на волуменот за околу 10%, па затоа е од голема важност за примена во градежништвото.

Табела 3 Рационален состав на троскитеоделектролачна печка во МАКСТИЛ АД, Скопје

	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>total</sub>	SO <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Слободен CaO
Средна вредност	25.36	18.30	6.90	6.89	34.5				5.79			<1
Стандардна девијација	2.01	3.34	0.95	0.65	4.04				1.17			
Минимум	20.19	12.56	4.95	5.22	21.31				3.27			
Максимум	33.69	30.47	9.52	8.69	42.86				7.98			

Типичниот квалитативен минералшки состав на троските од ЕЛП според разни извори е даден во Табела 4 прикажаните податоци не се кохерентни, најверојатно поради различните потреби за кои се вршени испитувањата.

Најзастапена минерална фаза во троската од казанска печка е портландитот (Ca(OH)<sub>2</sub>). Ова е очекувано бидејќи троската од КП има повеќе од 40% CaO кој, во присуство на влага, се конвертира во (Ca(OH)<sub>2</sub>). Други значајни компоненти се мервинит (Ca<sub>3</sub>Mg(SiO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) и сребродолскиот (2CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Прсуството на слободна вар (CaO) и веројатното присуство на слободен магнезит (MgO), како и присуството на γ-дикалциумсиликат се индикација на потенцијална волуменска нестабилност на троската од КП.

Табела 4 Квакитативен минералшки состав на троски од ЕЛП и КП

Минерал	Формула	ЕЛП Јаглороден челик	ЕЛП високолегиран челик
Гехленит	2CaO·Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·SiO <sub>2</sub>	✗	✗
Акерманит	2CaO·MgO·SiO <sub>2</sub>	✗	✗
Мервинит	3CaO·MgO·SiO <sub>2</sub>		✗
Трикалциум силикат	3CaO·SiO <sub>2</sub>	✗	
Дикалциум силикат	2CaO·SiO <sub>2</sub>	✗	
Бредигит	2(Ca, Mg)O·SiO <sub>2</sub>	✗	
Браунмилерит	2CaO·(Al, Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	✗	
Спинели <sup>1</sup>	Me <sup>2+</sup> O·M <sup>e3+</sup> <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	✗	✗
Вустит	FeO <sub>x</sub>	✗	
Слободен CaO	CaO	✗	✗
Периклас	MgO	✗	✗
Мајенит	12CaO·7Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	✗	

Последните минералшки испитувања на збирна троска од електролачна печка извршени во 2018 година (УГД - Штип, 2018), укажуваат на поголема разновидност на железни соединенија.

<sup>1</sup> Ме означува различни метални јони

Детектирано е присуство на следните минерали во троската од електролачната печка во „Макстил“ АД, Скопје (Табела 5):

**Табела 5 Квалитативен минералoшки состав на примерок од троска од електролачна печка во АД „Макстил“, Скопје**

Минерал	Хемиска формула	Минерал	Хемиска формула
Магнетит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	Ранкинит	$\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$
Вустит	$\text{FeO}$	Ларнит	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$
Фајалит	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	Мелилит	$\text{Ca}_8\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Si}_7\text{O}_{28}$
Улвоспинел	$\text{TiFe}_2\text{O}_4$	Глаукохроит	$\text{CaMnSiO}_4$
Сребродолскиот	$\text{CaFeO}_4$	Периклас	$\text{MgO}$
Мауенит	$(\text{CaO})_{12}(\text{Al}_2\text{O}_3)_7$	Калцит	$\text{CaCO}_3$
Гехленит	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$		

Извор: (УГД - Штип, 2018)

Со оглед на тоа дека троската долготрајно е изложена на надворешни временски услови, слободната вар ( $\text{CaO}$ ) е трансформирана во калцит ( $\text{CaCO}_3$ ). Само во еден од испитуваните примероци е забележана појава на слободна вар. Извештајот од извршените испитувања на минералoшкиот и хемискиот состав на троската од ЕЛП во целост е приложен во Прилог 4.

### 5.1.1 Лужење на компоненти од троската

Тестови на лужење на троската се вршени во повеќе наврати во текот на работа на АД МАКСТИЛ. Применувана е стандардна метода со примерок од 250 грами во 1 литар дестилирана вода со рН 7 за период на време од 6, 12 и 24 часа. Во Табела 6 се прикажани резултатите од тест на лужење на троска од ЕЛП во 2015 година.

**Табела 6 Резултати од тест на лужење на калциум и тешки метали од троска од ЕЛП**

Време (h)	Количество растворена супстанција (mg/kg)					
	Ca	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe
6	5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
12	12	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
24	22	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

Според резултатите, единствено калциумот покажува значителна растворливост.

Според условите на изведување на тестот, постапката не е компатибилна со онаа на стандардната метода EN 12475-2, според која цврстата супстанција се прелива со сретството за лужење (вода) во однос  $L/S=10/1$ , а времетраењето на лужењето е 24 часа. Во решението на ЕУ 2003/33/ЕС може да се применат и други односи  $L/S$ , но никаде не се споменува 4/1.

Во 2018 година се извршени тестови на лужење на троска од електролачната печка во лабораториите за минерална геологија при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип (УГД - Штип, 2018). Резултатите од овие испитувања значително се разликуваат од погоре наведените. Ова особено се однесува на степенот на лужење на калциум и железо.

**Табела 7 Резултати од тестот на лужење на компонентите од ЕЛП троска (примерок P1) со дестилирана вода (mg/kg)**

Fe	13	Li	0.045	Tl	<0.001
Ca	860	Be	<0.001	Se	0.012
Al	<10	B	1.3	Ag	0.003
Mg	30	Ga	<0.001	Cd	<0.01
Na	90	Ge	0.003	Sb	0.098
K	59	Mo	0.2	Bi	<0.001
Mn	0.013	Pd	0.031	Pb	<0.001
Ti	2.2208	Sn	0.02	Th	0.003
P	1.1405	V	5.7	U	0.003
S	171.0189	Co	<0.001	Cs	0.001
Ba	6.899	Ni	<0.001		
Cr	0.046	Cu	<0.001		
Sr	1.7	Zn	<0.001		
Rb	0.144	As	<0.001		

Во Табела 7 се наведени резултатите од тестот на лужење во дестилирана вода на првиот од вкупно три примероци троска.

### 5.1.2 Третман на троската

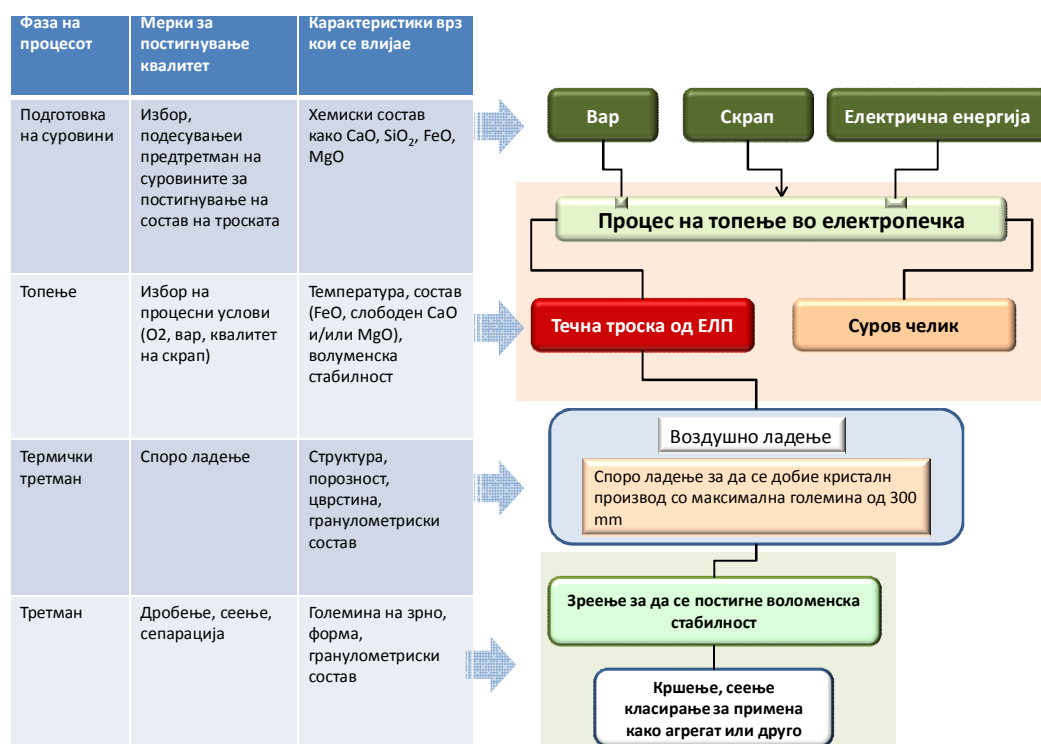
Вообичаено, троската се подвргнува на определени постапки на третман по ладењето кои вклучуваат магнетна сепарација на железо, сеење и класификација по големина на парчиња, дробење, повторно сеење и зреење кое вообичаено се постигнува едноставно со оставање на троската на отворено во атмосферски услови. Важно е троската да не се дроба по периодот на зреење бидејќи така би се формирале нови површини подложни на хидратација на варта и магнезитот. Меѓутоа, праксата на зреење понекогаш се разликува од претходниот став.

За да се постигне техничка употребливост, неопходно е слободните CaO и MgO да се трансформираат во хидроксиди. Ако има доволно простор, оставањето на троската неколку месеци без никаков третман, зависно од климатските услови, ќе се постигне бараната трансформација. За да се постигне рамномерно стареење, куповите треба повремено да се промешуваат или троската да се остава на мали купови. За да се спречи создавање нова површина со слободен калциум оксид, фазата на дробење треба да и претходи на фазата зреење.

Процесот на зреење може да се забрза на неколку начини како:

- Оросување со вода
- Третман со водена пареа на атмосферски притисок
- Третман со водена пареа при висок притисок





Слика 8 Производство и третман на трска од ЕЛП

Уште од раните осумдесети години на минатиот век во некои компании се спроведувала практика трската да се лади надвор во покриен простор или на отворено. Трската се изнесувала во кибла, се истурала во јама и се оставала да се лади. Зависно од компанијата и предвидената употреба на трската, таа можела да се оросува со вода. Оросувањето во почетокот помагало растопената трска побргу да се олади како и да се распака во текот на ладењето. Овој вид на ладење се нарекува процес на бавно ладење. Откако трската сосема ќе се олади, продолжува оросувањето што го забрзува зреењето преку хидратација на слободната вар и перикласот. Трската останува надвор, изложена на природните услови и од време на време се превртува за да се обезбеди целата трска рамномерно да зрее. Вообичаено, трската се остава да отстои околу 90 дена пред да биде употребена во градежни цели, но во многу случаи тој период е неколкукратно подолг..

Оросување со вода се практикува и како дополнително на воздушното ладење. Имено, по ладењето во јама и формирањето на халда, последната се оросува со вода со интензитет од околу  $0,2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ .

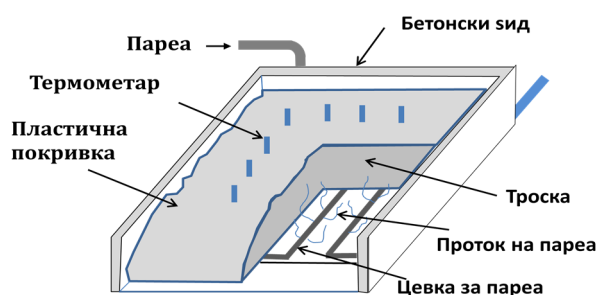
Поради должината на потребното време на зреење, во Јапонија уште од деведесетите години на минатиот век почнува да се практикува зреење под дејство на водена пареа (Sasaki & Hamazaki, 2015).

На Слика 9 е прикажана скица на системот за зреење на трската, додека Слика 10 е фотографија на системот во Кокура од 1992 година. Уредот се состои од три бетонски сидови, систем на цевки за вбризување пареа, инсталиран на дното и топлоотпорна пластична фолија како покривка која служи за одржување на загубите на пареа на најниско можно ниво. За да се обезбеди рамномерен проток на пареата, системот цевки на дното е силно разгранет, а

направени се и отвори според пресметките за најголема можна хомогеност. Во горните слоеви на троската се поставени бројни термометри за да се контролира времето на зреење.

Овој начин на работа овозможил циклусот на зреење да се скрати на само 6 дена, како што е прикажано на Слика 11, што претставува еден триесети дел од воздушното зреење кое инаку трае 6 месеци.

Методата на зреење со пареа сега се применува во голем број компании и е најраспространета во Јапонија. Добиениот производ ги задоволува сите критериуми за било каква примена во индустријата во Јапонија.

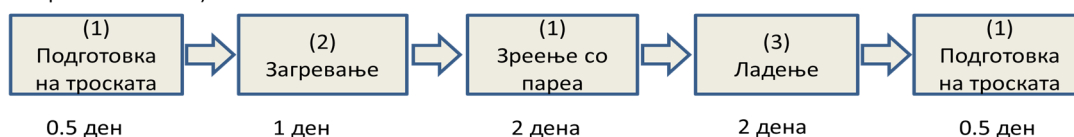


Слика 9 Шематски приказ на систем за зреење на троска со пареа во атмосферски услови



Слика 10 Фотографија на системот за зреење на троска во Kokura, Јапонија

(ЕЛП троска: 0~25mm)



Слика 11 Времетраење на фазите од процесот на зреење со водена пареа

И покрај сосема задоволителните резултати од зреењето на електролачна троска под дејство на водена пареа на атмосферски притисок, развиена е уште една метода – автоклавно зреење на троската. Овој начин на зреење се базира на примена на зголемен притисок и температура, со што времетраењето дополнително се скратува за неколку дена. Освен времето, се намалува и потребната работна површина. Меѓутоа, примената на автоклав за зреење на троската е поврзана со низа предизвици како:

- Потребата да се компензира порастот на притисокот поради експанзијата на троската

- Неопходноста од минимизирање на бројот на отвори на автоклавот
- Абразивноста на троската
- Можноста од создавање стврднати мостови во автоклавот и отежнување на празнењето

Иако се преземени мерки за успешно справување со проблемите, оваа метода сèуште не е во масовна примена. Три комерцијални постројки во индустриски размери работат во Јапонија. На Слика 12 е прикажана постројката во Вакајама (Wakayama).



Слика 12 систем за автоклавно зреење на троска во Вакајама, Јапонија

## 6 Физички и механички карактеристики на троските од електролачна и казанска печка

Физичките и механичките особини на агрегат од троска од ЕЛП и КП имаат сличности со природниот агрегат. Во Февруари 2014 година, во Градежниот институт „Македонија“ се направени опсежни испитувања на физичките и механичките карактеристики на троска од електролачната печка на АД МАКСТИЛ, која претходно е подложена на дробење и сепарација во постројката „КРАСТА“ во Куманово, сопственост на ДГ „Бетон“ АД – Скопје. Целосните извештаи од испитувањата се приложени во прилог 1 на оваа студија.

Во заклучоците од испитувањата се нагласува дека троската ги задоволува критериумите за примена во градежната индустрија (материјал за тампонирање, подготовка на бетон и асфалт). Забелешките се однесуваат единствено на поголемата специфична густина на материјалот.

Во исто време и во истиот институт се направени и дополнителни испитувања на физичките и механичките особини на троската со гранулација 0-63 mm кои се релевантни за материјали за примена во градба на патишта (тампонирање). Извештајот од овие испитувања во целост е прикажан во прилог 2.

Изненадувачки, определена е помала вредност на Калифорнискиот индекс на носивост – CBR (75.4). Бидејќи во целокупната прегледана литература нема друг таков пример, неопходно е да се направат дополнителни испитувања со гранулација која е соодветна на стандардите.

Во Декември 2017 година, во Градежниот институт „Македонија“ е направено испитување на подобноста на троската од електролачна печка за примена во нискоградба. Заклучокот од испитувањата (ГИМ, 2017) е дека испитуваниот материјал е погоден за насип, постелка и подобрена постелка. Во Табела 8 се прикажани збирните резултати од испитувањата.

Извештајот од испитувањата е прикажан во Прилог 3.

**Табела 8 Преглед на резултатите од испитувањата на физичките и механичките својства на троската од електролачна печка**

Примерок	1	2	3	Стандард
Волуменска густина (kg/m <sup>3</sup> )	2428	2342	2360	МКС ЕН 13286-2
Оптимална содржина на вода (% маса)	3,2	3	2,8	МКС ЕН 13286-2
Степен на нерамномерност (Cu)	16,3	6,3	6,0	МКС CEN ISO/TS 17892-4
Калифорниски индекс на носивост (%)	63	108	109	МКС ЕН 13286-47
Природна влажност (% маса)	0,6	0,1	0,2	МКС CEN ISO/TS 17892-1

## 7 Примена на троските од од производство на железо и челик

Врз база на нејзините својства, непреработена троска од производство на железо и челик е класифицирана како неопасен отпад и може да се депонира на соодветни депонии. Ова сосема ретко се случува бидејќи таа е скап материјал кој може да се употребува како вредна секундарна сировина во повеќе гранки на економијата.

Употребата на троската од производство на железо и челик датира од почетокот на нивното производство. Се смета дека првиот пат со вградена троска од производство на железо е Via Appia изградена во четвртиот век пред нашата ера и го поврзувал Рим со Бриндизи на југоистокот на Италија. На Слика 13 се гледа дека патот е сеуште во добра состојба.

Во минатото, само троската од висока печка имаше распространета употреба. Челичната троска се користеше само како вештачко ѓубриво и само ако е резултат на отстранување на фосфор од железото (Томасово брашно).



Слика 13 Via Appia

Денес, поради постојаниот пораст на производство на челик во електролачни печки, важноста на ЕЛП троските сè повеќе расте и тие ја заменуваат троската од високите печки во многу различни апликации. На пример, сепарирана троска без зголемена содржина на метални компоненти се користи во градежна индустрија. Забележано е исто така дека ЕЛП троската може да се користи како евтин апсорбент во третманот на отпадни води загадени со метални јони.

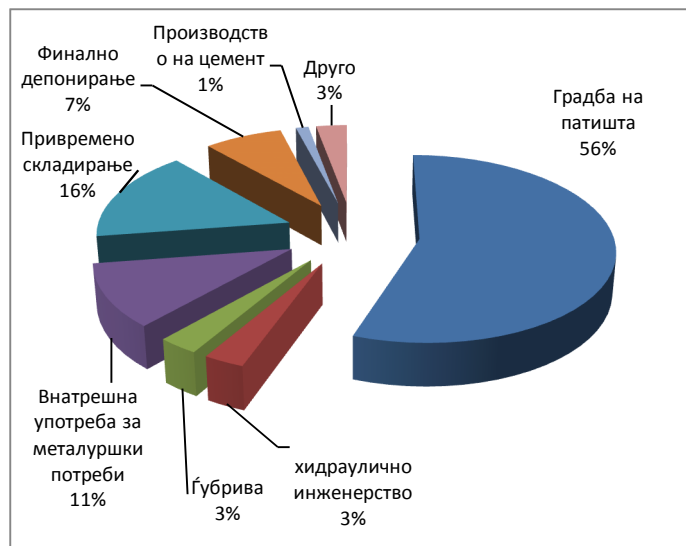
Во Табела 9 е даден преглед на областите на примена на троските од производство на железо и челик.

Табела 9 Типични области на примена на троски од производство на железо и челик

Троска од висока печка			Троска од челик
Воздушно ладена	Пелетизирана	гранулирана	
Агрегат за асфалт	градежен бетон	Цемент	Агрегат за асфалт
Бетон/агрегат за градежништво	Лесен бетон	Земјан цемент	Полнило
Изолација/минерална волна	Лесно полнило	Набиен бетон	Суровина за цемент
Суровина за цемент	Изолација		Земјоделство/додаток на почва
Земјоделство/додаток на почва	Основа на патишта	Основа на патишта	Еколошки апликации
Полнило	✗	Земјоделство/додаток на почва	Баласт на железнички пруги
Агрегат за покриви	✗	✗	Филтер за отпадна вода
баласт на железнички пруги	✗	✗	Заштитни сидови (нафран материјал или габиони)
Производство на стакло	✗	✗	✗
Еколошки апликации	✗	✗	✗
Rip Rap	✗	✗	✗
Лесно полнило	✗	✗	✗

Во извештаите за ставот на EUROSLAG за 2006 (EUROSLAG, 2006) е направена анализа на примената на троските од производство на челик (Слика 14). Истата анализа е направена и во документот со ист наслов, но за 2012 година (EUROSLAG, 2012). Резултатите од таа анализа се прикажани на Слика 15. Нема сомнение дека најголем дел од челичните троски се користат во градба на патишта, главно како материјал за тампонирање и во подготовка на асфалт.

Одредени поместувања во структурата се резултат на зголеменото учество на употребата во цементната индустрија и појава на некои нови подрачја на примена како на пример третман на отпадни води, но и како резултат на економската криза на почетокот на втората декада од овој век.



Слика 14 Употреба на трски од производство на челик во 2006 година. Извор: (EUROSLAG, 2006)



Слика 15 Употреба на трски од производство на челик во 2010 година. Извор: (EUROSLAG, 2012)

## 7.1 Агрегат во градежништвото

Поради своите физички и механички особини, трската од електро и казанска печка може да се користи како замена на природниот агрегат во градежништвото, особено во нискоградбата. Ова пред сè се однесува на изградба и асфалтирање на улици, патишта и др. Слично како природниот агрегат, неопходно е претходно да се постигне бараниот гранулометриски состав. Поради тоа трската се подвргнува на операции на дробење и сепарација. Системот за дробење и сепарација ќе зависи од намената на агрегатот, но како минимум треба да вклучи дробилка, сито и транспортни ленти за складирање и рецикулација. На овој вид агрегат се

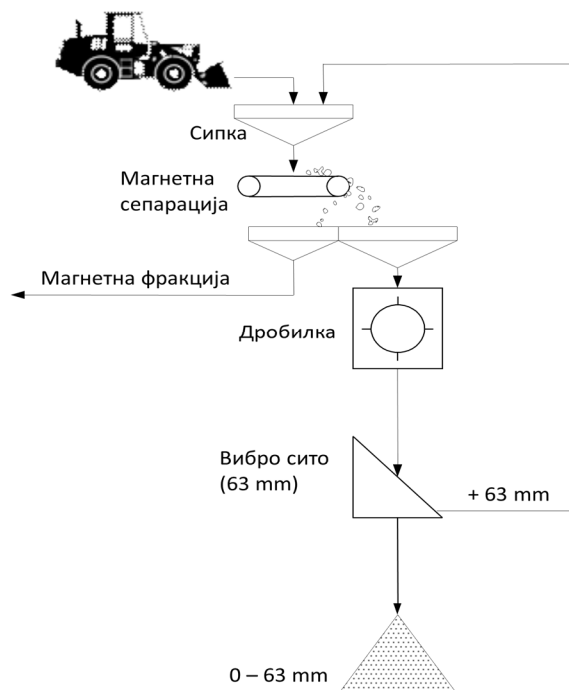
однесува извештајот АГИ/02.14.-127 на градежниот институт „Македонија“ од Февруари 2014 година.

Трската од ЕЛП содржи одредено количество магнетна фракција. Нејзиното одделување, според резултатите од испитувањата направени во АД МАКСТИЛ, нема економска оправданост, но не треба да се занемари можноста степенот на одделување да се зголеми со враќањето на дел од материјалот на поново дробење. Затоа, на Слика 16 како пример на наједноставен третман е вклучен и магнетен сепаратор.

За одделување на повеќе фракции ќе бидат потребни повеќе просејувања, но не се исклучува и потребата од дополнително дробење. Наједноставниот пример на едно дробење со одделување на четири фракции е прикажан на Слика 17.

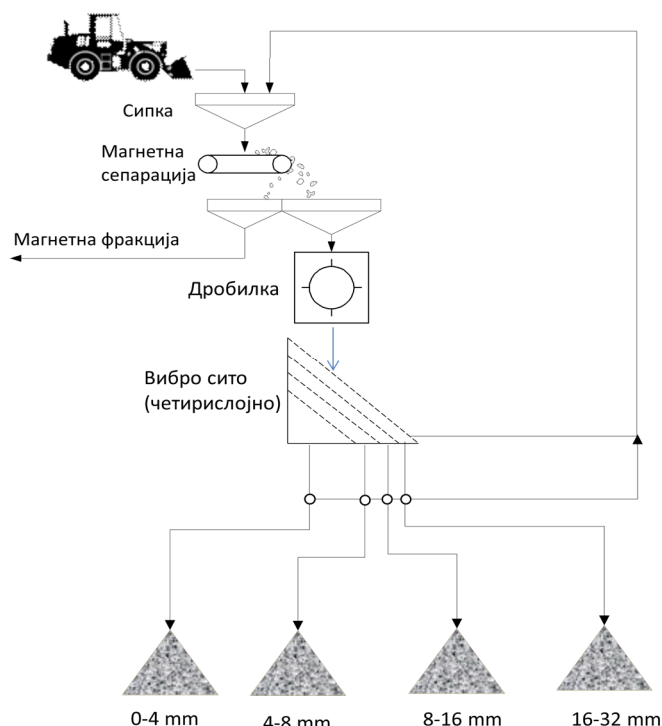
Со оглед на физичките и механичките особини на трската, ќе биде неопходно да се направат дополнителни испитувања на однесувањето при дробење и дури потоа да се усвои одредена метода.

Основниот ограничувачки фактор во примената на трските од ЕЛП и КП е ризикот од експанзија на волуменот (бабрење). Бабрењето е резултат на дејството на водата врз слободните оксиди на калциум и магнезиум. Токму поради тоа трската се подложува на зреење на отворен простор со или без прскање со вода, или на третман со водена пареа како што е опишано погоре во оваа студија.



Слика 16 Шема на подготовка на агрегат со фракција 0-63 mm





Слика 17 Шема на подготовка на агрегат со четири различни фракции

Нема сосема сигурна метода на определување на степенот на експанзија на троската, но група истражувачи (Wang, Wang, & Gao, 2010) успеале да формулираат емпириски израз со кој релативно точно се предвидува промената на волуменот. Тој израз е:

$$E_{tr} = 0.38 \cdot \gamma_{tr} \cdot F \quad 1$$

каде  $E_{tr}$  е волуменската експанзија на троската (%),  $\gamma_{tr}$  е специфична густина на троската ( $\text{g/cm}^3$ ), а  $F$  е концентрацијата на слободен калциум оксид (%).

Максималната концентрација на слободен калциум при која не се забележуваат макро – пукнатини по период од неколку недели може да се определи зависно од притисокот на кој е изложен агрегатот, односно од неговата намена.

### 7.1.1 Агрегат за асфалт

Основната примена на троските од ЕЛП е замена на природниот агрегат во градежништвото. Се употребува како во носечките слоеви под асфалтот, така и во производството на самиот асфалт. Употребата на ЕЛП троските во производство на асфалт датира од 1934 година (Jones, 2013), а во 1964 е формирана компанијата SteelPhalt која искористила повеќе од 15 милиони тони челична троска во асфалт.

Се повеќе земји во Европа и светот ја применуваат троската од електролачните печки за производство на челик како агрегат во производството на асфалт. Меѓу нив се САД, Австралија, Канада, Белгија, Велика Британија, Германија, Полска, Романија и др.



Во Данска, трска од ЕЛП често се користи за иградба на кружни текови и патишта со интензивен сообраќај. Трската има добри механички особини и после дробењето има кубична форма, но ја задржува грубата површина поради големата порозност. Како последица на тоа, се добива многу стабилна асфалтна површина.

Во документот „**Политика на FHWA во однос на рециклираните материјали**“ (FHWA, 2015) стои дека при избор на материјали првенствено треба да се земат предвид рециклираните материјали и дека треба да се отстранат сите забрани без соодветна техничка база, за употреба на овие материјали.

Некои предности на користењето на ЕЛП трска во производство на асфалт се несомнени:

- Голем коефициент на триење (отпорност на лизгање)
- Отпорност на абење
- Голема стабилност
- Отпорност на создавање бразди
- Изразена прионливост на битумен
- Голема кохезиона сила
- Отпорност на замор на материјалот.

Меѓутоа, треба да се има предвид дека овој вид агрегат има и одредени слабости:

- Големата порозност е поврзана со поголема потрошувачка на битумен за да ја покрие површината
- Големата специфична густина ги зголемува трошоците на транспорт на материјалот

Поради зголемената потрошувачка на битумен трските од ЕЛП се употребуваат за производство на асфалт за слоевите кои се најмногу изложени на абење.

Земајќи ги предвид предностите и недостатоците на употребата на ЕЛП трска како агрегат во асфалтот, може да се заклучи дека за сообраќајници со интензивен сообраќај, или за зони со поголемо оптоварување на коловозите, таа е соодветно решение. Всушност, нејзината употреба е оправдана секаде каде што е особено битна површинската стабилност на сообраќајниците.

Покрај целосна замена, правени се опити и докажано е (Ahmedzade & Sengoz, 2009) дека асфалтна мешавина со 30% трска има значително поголем коефициент на триење, додека асфалт во кој 75% од доломитниот агрегат е заменет со трска, покажува значително подобрување на механичките особини. Меѓу тие карактеристики особено значаен е Маршаловиот индекс на стабилност.

Иако агрегатот се покрива со тенок слој битумен, од производителите на трска се бара таа да биде подвргната на зреење, односно да се намали концентрацијата на слободен калциум оксид.

Во 1997 година, во Министерството за Транспорт на Пенсилванија (САД) се направени испитувања на волуменската експанзија на фини агрегати од челични трски, користени во

асфалтните слоеви (Kandhal & Goffman, 1997). Склоноста на агрегатот од трска кон волуменска експанзија била веќе забележана и била развиена метода за одредување на потенцијалот за експанзија. Поставена е гранична вредност на волуменска експанзија од 0.5%

Познатата градежна компанија NCC Roads од Солна, Шведска, има потпишан договор со исто така познатата компанија за производство на специјални челици, OVAKO Group, за откуп на целокупното производство на трска од електролачните печки за период од 10 години. Секоја партија испорачана трска мора претходно да е подложена на зреење на отворено во период од една година.

Тоа е пример на индустриска симбиоза со придонес кон животната средина.



Дробена трска од ЕЛП за челик е одличен агрегат за асфалт (Извор: NCC)

како критериум за прифатливост. Наложено е исто така агрегатот да се подвргне на зреење во период од 6 месеци со оросување со вода на контролирани купови за да се минимизира потенцијалот за експанзија.

Поаѓајќи од равенката (1), може да се определи приближната концентрација на слободен калциум оксид при која трската е прифатлива за употреба во производство на асфалтна смеша:

$$F < \frac{E_{tr}}{0.38 \cdot \gamma_{tr}} \quad 2$$

Со внесување на вредностите за  $E_{tr} = 0.5$  и  $\gamma_{tr} = 3.89$  се добива:

$$F < \frac{0.5}{0.38 \cdot 3.89} = 0.34\%$$

Тоа би требало да биде максималната концентрација на слободен калциум оксид во агрегатот за негова употреба во производството на асфалт.

## 7.2 Агрегат за тампонирање патишта

Трската од електролачна печка е гранулиран материјал погоден за примена при тампонирање на патишта. Уште во 2006 година, околу 50 до 70% од вкупно произведената челична трска во САД (Yildirim & Prezzi, 2009) се искористени во градба на патишта и тротоари.

Бројни студии укажуваат на задоволителни перформанси на челичните троски за користење при тампонирање на патишта во горните или долните слоеви. Во една од студиите (Rohde, Nunez, & Ceratti, 2003) е констатирано дека модулот на еластичност на троската од ЕЛП е многу поголем од оној на природните агрегати и дека употребата на троската како тампон за патишта со помало оптоварување може значително да ги намали трошоците за нивна изградба.

Во Саудиска Арабија се градат патишта во кои природниот агрегат е делумно заменет со агрегат од троска од ЕЛП. Утврдено е дека и смеси од ЕЛП троска и природни агрегати резултираат со висока вредност на Калифорнискиот индекс на носивост (Aiban, 2006) којшто достигнувал до 455.

Со оглед на тоа дека врз честичките троска нема водонепропусен филм, од особено значење е пред употребата да се изврши зреење и постојано да се следи степенот на експанзија на материјалот според европскиот стандард EN 1744-1:2009.

Ванг и соработниците (Wang, Wang, & Gao, 2010) утврдиле дека експанзијата на троската се намалува кога таа е под одредено оптоварување. Разликата е најмалку 7.5% ако оптоварувањето е еднакво на или поголемо од  $250 \text{ kg/m}^2$ , што е еквивалентно на 10 или повеќе cm асфалтен слој. Така, за волуменска експанзија на агрегат од челична троска под слој од асфалт подебел од 10 cm, равенката (2) ја добива формата:

$$F < \frac{0.075 \cdot (\gamma_s - \gamma_0)}{0.38 \cdot \gamma_s^2} \cdot 100 \quad (3)$$

Во која  $\gamma_0$  е густина на агрегатот во збиена состојба.

Според изразот (3) следува дека максималната концентрација на слободен калциум оксид во агрегатот кој може да се примени како тампон во градбата на патишта е

$$F < \frac{0.075 \cdot (3.89 - 2.35)}{0.38 \cdot 15.13} \cdot 100$$

$$F < 2.01\%$$

Овие пресметки се однесуваат на најлошо сценарио. Земена е предвид густината на најситната фракција, а изоставено е влијанието на долниот носечки слој кој е всушност асфалтна маса и претставува дополнително оптоварување, што треба да резултира со помали вредности на волуменска експанзија.

Според досега направените анализи, троската којашто АД МАКСТИЛ ја произведува во електролачната печка би можела да се користи како тампон за градба на патишта откако ќе се издоби според бараната гранулација. Факт е, меѓутоа, дека хемискиот состав на троската се разликува од шаржа до шаржа, па постои веројатност троски од некои шаржи да имаат повисоки концентрации на слободен калциум оксид. Затоа, независно од показателите кои овде се презентирани, таа треба да се третира (да отстои 3 до 6 месеци или да се оросува до три месеци) пред да биде испорачана како агрегат.

### 7.3 Суровина за цемент

За разлика од троските од производство на железо во висока печка, троските од ЕЛП се помалку искористени во цементната индустрија. Хемискиот состав на троската од електролачна печка, иако варира од шаржа до шаржа, укажува дека таа може да се користи како една од компонентите за производство на цемент. Единствениот ограничувачки фактор е високата концентрација на железо (Табела 10). Така, 30 kg троска на тон сирова шаржа на вруќа база, заменуваат 30% од потребите од железо во неа.

**Табела 10 Споредба на хемискиот состав на сирова шаржа за клинкер со троските од висока печка и електропечката во МАКСТИЛ**

Соединение	Содржина (%)		
	Сирова шаржа	Троска од висока печка	Троска од ЕЛП МАКСТИЛ
CaO	65-68	42	25.4 (20-33)
SiO <sub>2</sub>	20-23	15	18.3 (13-30)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4-6	5	6.9 (5-10)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2-4	24	34.5 (21-40)
MgO	1-5	8	6.9 (5-8)
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1-3	5	4-8
TiO <sub>2</sub>	0.1-1	N/A.	N/A.
SO <sub>3</sub>	0.1-2	0.08	?
K <sub>2</sub> O	0.1-1	N/A	N/A
Na <sub>2</sub> O	0.1-0.5	N/A	N/A

Но, троската има и низа корисни ефекти во производството на цемент:

Троската од ЕЛП не содржи CO<sub>2</sub>. Тоа значи дека ќе се намали потрошувачката на енергија за негова дисоцијација. Дополнително, емисиите на CO<sub>2</sub> ќе се намалат соодветно.

При користење троска од ЕЛП, работната температура на ротационата печка може да се намали за околу 100 °C. Со тоа значително се намалуваат емисиите на NO<sub>x</sub>. Досегашните резултати укажуваат дека емисијата на NO<sub>x</sub> се намалува за околу 40%.

Уште попогодна за користење во индустријата на цемент е троската од казанска печка поради поголемата концентрација на CaO и намалената содржина на железо.

Според NSA (Националната асоцијација за троски во САД), користењето на троски од електролачни печки во производството на цемент ги има следните ефекти (Табела 11):

**Табела 11 Ефекти од примена на троска од електропечка при производствена цементен клинкер**

Параметар	Промена (%)
Зголемување на производството	10
Намалувањена потрошувачката на гориво	2,3
Намалување на емисиите на CO <sub>2</sub>	7
Намалување на емисиите на NO <sub>x</sub>	40

Нема сомнение дека ефектите, особено оние во врска со заштита на животната средина, се значителни. Меѓутоа, ќе биде неопходно да се дефинира начин на кој цементната индустрија дополнително ќе се стимулира да ги користи овие ресурси.

#### 7.4 Агрегат за бетон

Трските од електролачна печка содржат малку аморфен силициум диоксид и големо количество железни оксиди. Поради тоа, тие имаат слаба пуцоланска активност во споредба со трската од висока печка и не се сметаат соодветни за примена во производство на цементна мешавина. Поради веројатноста од волуменска експанзија, не е погоден ниту за употреба во подготовка на бетон. Сепак, во последните неколку години се направени бројни експерименти во врска со употребата на ЕЛП трска како агрегат за бетон. Шекарчи со своите соработници (Alizadeh, Chini, Ghos, Hoseini, Sh., & Shekarchi, 2003) определил гранична концентрација на слободен калциум оксид од 0.11% при која не се појавува волуменска експанзија. Тие исто така утврдиле дека бетон во којшто крупниот агрегат е ЕЛП трска има подобри механички особини од оној со природен агрегат.

Значително поголемата специфична густина на ЕЛП трската овозможува таа да се користи во подготовка на самонабивачки бетон (Tomasiello & Felitti, 2010). На тој начин се подобруваат карактеристиките на бетонот, а се скратува времето на градба.

#### 7.5 Маса за подобрување на механичките карактеристики на почвата

Направени се успешни обиди (Akinwumi, 2014) трската од електролачна печка да се употреби за подобрување на механичките својства на почвата. Резултатите укажуваат дека употребата на пулверизирана ЕЛП трска ги подобрува пластичноста, јакоста и дренажните карактеристики на латеритните почви. Максимален корисен учинок се постигнува со давање на 8% челична трска, со што се постигнува зголемување на CBR за околу 40%, додека индексот на пластицитет се намалува за околу 2%.

Како и кај другите апликации и во овој случај трската треба да се подвргне на соодветен третман: Трската прво се остава да зрее околу 8 месеци, а потоа се дроби и меле до гранулација од 425  $\mu\text{m}$  со тоа што 75% од материјалот е со големина помала од 75  $\mu\text{m}$ .

#### 7.6 Сретство за апсорпција во системи за прочистување на отпадни води

Челичните трски имаат порозна структура и голема специфична површина. Покрај тоа, поради големата специфична густина, тие лесно се одделуваат од водата. Поради тоа, во последниве години зема замав примената на челичните трски во третман на индустриските отпадни води. Направени се успешни испитувања за отстранување на жива од морска вода и определен е голем капацитет на трската за апсорпција на жива. Покажано е исто така дека ЕЛП трската може да се користи како евтин абсорбент за отстранување на арсен (Oh, Rhee, Oh, & Park, 2014). Постигната е ефикасност на отстранување од 95 до 100% при почетна вредност на  $\text{pH} \approx 2$ .

Покрај наведените, ЕЛП трската како посебен адсорбенс може да се користи и за отстранување на амонијачен азот, фосфор и фенол.

Конечно, Клаво-Мале и соработниците покажаа преку експерименти во поголем обим (Claveau-Mallet, Scott, & Comeau, 2011) дека троската од ЕЛП може да се користи и за комплексни задачи, како што е прочистување на руднички отпадни води.

## 8 Заклучоци

1. Резултатите од бројните истражувања во светот и досега стекнатото искуство недвосмислено укажуваат на тоа дека троската од електролачна и казанска печка може сосема успешно да се применува во разни сфери на индустријата, а особено во градежништвото. Нејзиното користење е во склад со начелата на одржливиот развој бидејќи:
  - а. Придонесува да се штедат природните ресурси и
  - б. Го намалува негативното влијание врз пределот коешто го прават отворените каменоломи и ископи на песок и чакал од речните корита.

При тоа, квалитетот на добиениот производ е еднаков или подобар во споредба со оној во кој се користат природните ресурси.

2. Во Република Македонија нема прецизна регулатива која го уредува прашањето на употреба на троските од електропечка за челик и во општ интерес е таа да се воспостави во најкус можен рок. Всушност, во склад со начелата на одржлив развој е да се штедат природните ресурси, па според тоа, сосема е логично употребата на секундарните сировини (меѓу нив и челичните троски) да се поттикнува и со законски решенија. Во меѓувреме, треба да се инсистира на пообемни пробни апликации следејќи ги постоечките Македонски, Европски и Американски стандарди.
3. МАКСТИЛ како иницијатор, а во соработка со Сојузот на стопанските комори и со поддршка од Министерството за животна средина и просторно планирање и Министерството за транспорт и врски треба да организираат расправи на кои ќе се формираат насоките на идните законски решенија.
4. Единствена пречка којашто треба да се отстрани за да може троската да се користи без негативни последици (со исклучок на индустријата за цементен клинкер) е можната тенденција за волуменска експанзија при присуството на слободен калциум оксид. Со оросување на материјалот после дробење и сепарација, во период од неколку месеци се постигнуваат очекуваните резултати.
5. Троската од ЕЛП може, без претходни подготовки, но во ограничени количества, да се употребува во производство на цементен клинкер.
6. Нај економично и наједноставно решение, со оглед на релативно малото количество троска произведена на годишно ниво е таа, по кристализацијата и анализата на слободен СаО, да се отстапува на оператор којшто е специјализиран за производство на агрегат. Таа пракса е востановена во Европа, а веќе се појавуваат заинтересирани компании и кај нас. Ако такво решение сепак не е изводливо, ќе биде неопходно да се изврши обработка на троската во рамките на Макстил АД за соодветна намена. За таков зафат треба да се предвиди инвестиција од околу €330.000.
7. Со дробење во еден степен, сепарација на сито од 63 mm и зреење со оросување од 2 до 3 месеци (доколку анализата на слободен СаО покаже дека има потреба), троската

од ЕЛП може да се користи за тампонирање на патишта, други сообраќајници и тротоари. Имајќи ги предвид количествата кои се вградуваат, ова е најзначајното поле на примена.

8. Фракции со пофина гранулација можат да се користат при подготовка на абечки асфалтни слоеви.
9. Со оглед на светската пракса и трендовите на примена, не е неопходно троската да се гранулира со вода. На тој начин се спречува кристализацијата и троската останува во стаклеста структура којашто не е погодна за најголем дел од областите на примена. Затоа, точките 2, 3 и 4 од активност 9.1.1.15 од оперативниот план треба да се изостават.
10. Подготвената троска (зреена и по потреба дробена и сепарирана) не е отпад и за неа не треба да важат одредбите за управување со отпад.

## 9 Библиографија

Ahmedzade, P., & Sengoz, B. (2009). Evaluation of steel slag coarse aggregate in hot mix asphalt concrete. *Journal of Hazardous Materials* , 300-305.

Aiban, S. (2006). Utilisation of Steel Slag Aggregate for Road Bases. *Journal of Testing and Evaluation*, Vol. 34 No.1 , 65-67.

Akinwumi, I. (2014). Soil Modification by the Application of. *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 58/4 , 371-377.

Alizadeh, R., Chini, M., Ghos, P., Hoseini, M., Sh., M., & Shekarchi, M. (2003). Utilization of Electric Arc Furnace Slag as Aggregates in Concrete - Environmental Issue. *6th CANMET/ACI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology*, (pp. 451-464). Bucharest.

Claveau-Mallet, D., Scott, W., & Comeau, Y. (2011). Steel Slag Filtration for Extensive Treatment of Mining Wastewater. *Water Environment Federation; WEFTEC 2011; technical exhibition and conference*. Los Angeles, Ca.

Euroslag. (n.d.). *Legal Status of Slag - Position Paper*.

EUROSLAG. (2012, January). *Legal Status of Slags*. Retrieved from [http://www.euroslag.com/fileadmin/\\_media/images/Status\\_of\\_slag/Position\\_Paper\\_April\\_2012.pdf](http://www.euroslag.com/fileadmin/_media/images/Status_of_slag/Position_Paper_April_2012.pdf)

EUROSLAG. (2006, January). *Legal Status of Slags Position Paper*. Retrieved from [http://www.euroslag.com/fileadmin/\\_media/images/Status\\_of\\_slag/Position\\_paper\\_Jan\\_2006.pdf](http://www.euroslag.com/fileadmin/_media/images/Status_of_slag/Position_paper_Jan_2006.pdf)

FHWA. (2015, August 09). *FHWA Recycled materials Policy*. Retrieved from Federal Highway Administration: <https://www.fhwa.dot.gov/legregs/directives/policy/recmatpolicy.htm>

G. R. Qian, D. D. (2002). Hydrothermal reaction and autoclave stability of Mg bearing RO phase in steel slag. *British Ceramic Transactions*, vol. 101, no. 4 , 159–164 .

- Gomes, J. F., & Pinto, C. G. (2006). Leaching of heavy metals from steelmaking slags. *Revista de Metalurgia*, 42 (6) , 409-416.
- J. M. Manso, J. A. (2006). "Durability of concrete made with EAF slag as aggregate,". *Cement and Concrete Composites*, vol. 28, no. 6, , 528–534.
- J. Setién, D. H. ( 2009). Characterization of ladle furnace basic slag for use as a construction material. *Construction and Building Materials*, vol. 23, no. 5 , 1788–1794.
- Jones, N. (2013). Retrieved 07 27, 2017, from [http://www.recydepotech.at/media/223\\_Jones\\_\\_Steel\\_Slag\\_Asphalt.pdf](http://www.recydepotech.at/media/223_Jones__Steel_Slag_Asphalt.pdf)
- JRC. (2008). *End of Waste Criteria*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- JRC. (2008). *Study on the Selection of Waste Streams for End of Waste Assessment*. Luxemburg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Kandhal, P., & Goffman, G. (1997). Evaluation of Steel Slag Fine Aggregate in Hot-Mix Asphalt Pavement. *Transportation Research Record* 1583 , 28-36.
- M. Barra, E. V. (2001). *Stabilization of soils with steel slag and cement for application in rural and low traffic roads," in Proceedings of the Beneficial Use of Recycled Materials in Transportation Application*. Arlington: RMCR University of Durham.
- M. Nicolae, I. V. (2007). X-ray diffraction analysis of steel slag and blast furnace slag viewing their use for road construction . *UPB Scientific Bulletin Series B*, vol. 69, no. 2 , 99–108.
- M. P. Luxán, R. S. (2000). Characteristics of the slags produced in the fusion of scrap steel by electric arc furnace.
- M. Tossavainen, F. E. (2007). Characteristics of steel slag under different cooling conditions. *Waste Management*, vol. 27, no. 10, pp , 1335–1344.
- Oh, C., Rhee, S., Oh, M., & Park, J. (2014). Removal characteristics of As(III) and As(V) from acidic aqueous solution by steel making slag. *Journal of Hazardous Materials* , 147-155.
- P. E. Tsakiridis, G. D. ( 2008). Utilization of steel slag for Portland cement clinker production. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 152, no. 2 , 805–811.
- Rohde, L., Nunez, W. P., & Ceratti, J. A. (2003). Electric Arc Furnace Steel Slag - Base Material for Low Volume Roads. *Transportation Research Board* , 201-207.
- Sasaki, T., & Hamazaki, T. (2015). *Development of Steam-Ageing Process for Steel Slag*. Tokyo: Nipon Steel & Sumitomo Metal Technical Report No. 109.
- Shi, C. ( 2004). Steel slag—its production, processing, characteristics, and cementitious properties. *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 16, no. 3 , 230–236.



Teo, P. T. (2016). Characterization of EAF Steel Slag Waste: The Potential Green Resource for Ceramic Tile Production. *Procedia Chemistry* 19 , 842 – 846.

Tomasiello, S., & Felitti, M. (2010). EAF Slag in Self-Compacting Concretes. *Architecture and Civil Engineering, Vol. 8, No.1* , 13-21.

Wang, G., Wang, Y., & Gao, Z. (2010). Use of steel slag as a granular material: Volume expansion prediction and. *Journal of Hazardous Materials* , 555-560.

Yildirim, I. Z., & Prezzi, M. (2009). *Use of Steel Slag in Sub-grade Applications*. FHWA.

ГИМ, А.-1.-1. (2017). *Градежен Институт „Македонија“*. Скопје: Градежен Институт „Македонија“.

УГД - Штип. (2018). *Извештај од Испитувања*. Штип: Факултет за Природни и Технички Науки, Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип.

**Прилог 1 Извештај од испитувања на вештачки дробен агрегат од троска за производство на бетонски и асфалтни мешавини...**

**НАРАЧАТЕЛ:**

**“МАКСТИЛ” АД СКОПЈЕ**  
**БУЛЕВАР МАКЕДОНСКА БРИГАДА Бр.18, СКОПЈЕ**

**ЛОКАЛИТЕТ/НАОГАЛИШТЕ НА МАТЕРИЈАЛОТ:**  
**ЗГУРА ОД ПЕЧКИ ОД ТОПИЛНИЦА**  
**“МАКСТИЛ” АД СКОПЈЕ**

**ИЗВЕШТАЈ:**

**ОД ИЗВРШЕНИ ИСПИТУВАЊА НА ВЕШТАЧКИ ДРОБЕН**  
**АГРЕГАТ ОД ТРОСКА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА**  
**БЕТОНСКИ И АСФАЛТНИ МЕШАВИНИ**  
**ФРАКЦИИ (0-4, 4-8, 8-11,2, 11,2-16 и 16-22,4) мм**  
**ПРОИЗВЕДЕНИ НА ДРОБИЛКА И СЕПАРАЦИЈА**  
**“КРАСТА” КУМАНОВО (ДГ “БЕТОН” АД СКОПЈЕ)**

**ТЕХНИЧКИ БРОЈ НА ИЗВЕШТАЈОТ:**

**АКК - 02/2014 - 067**

**ДАТУМ:**

**МЕСЕЦ ФЕВРУАРИ 2014 год.**






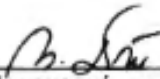

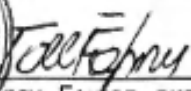
**ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ**  
**„МАКЕДОНИЈА“ АД.**

Ул. „Дрезденска“ бр.52, 1000 Скопје  
Република Македонија

Тел: 02 3066 816 | 02 3066 833  
Факс: 02 3066 828

web: [www.gim.com.mk](http://www.gim.com.mk)  
e-mail: [gim@gim.com.mk](mailto:gim@gim.com.mk)



 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ „МАКЕДОНИЈА“ АД.</b>  	
НАРАЧАТЕЛ:	"МАКСТИЛ" АД СКОПЈЕ БУЛЕВАР МАКЕДОНСКА БРИГАДА Бр.18, СКОПЈЕ
ИЗВРШИТЕЛ:	ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ "МАКЕДОНИЈА" А.Д. СКОПЈЕ Ул."ДРЕЗДЕНСКА" бр.52, Скопје
СОДРЖИНА:	ИЗВЕШТАЈ ОД ИЗВРШЕНИ ИСПИТУВАЊА НА ВЕШТАЧКИ ДРОБЕН АГРЕГАТ ОД ТРОСКА ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА БЕТОНСКИ И АСФАЛТНИ МЕШАВИНИ ФРАКЦИИ (0-4, 4-8, 8-11,2, 11,2-16 и 16-22,4) мм
ОДГОВОРЕН ИНЖЕНЕР НА СЕКТОР:	МИРЈАНА ДАЛАНОВИЌ, дипл.град.инж.
ИЗВРШИТЕЛИ НА ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА И ДРУГИ СОРАБОТНИЦИ:	ЗЛАТКО ИЛИЕВСКИ, дипл.хем. инж. АЛЕКСАНДРА НИКОЛОВА, град.лаб. ОЛИВЕРА ПИСЛЕВСКА, град.тех. БОРЧЕ ПРАНГОВСКИ, град.лаб. СРБОЉУБ ДЕЈАНОВИЌ, в.х.в.м.
НАДВОРЕШЕН СОРАБОТНИК: МИНЕРОЛОШКО - ПЕТРОГРАФСКА АНАЛИЗА	/
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА ТЕХ. БРОЈ:	СКОПЈЕ АКК - 02/2014 - 067
РАКОВОДИТЕЛ НА СЕКТОР:	ДИРЕКТОР НА ЛАБОРАТОРИЈА:
 Мирјана Далановиќ, дипл.град.инж.	  Торги Гошев, дипл.град.инж.
Скопје, Февруари 2014 год.	
Извештај број: АКК - 02/2014 - 067 <span style="float: right;">страна 2 од 8</span>	



ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.



## СОДРЖИНА:

1/ ОПШТИ ПОДАТОЦИ ..... 4 СТ.

2/ ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АГРЕГАТОТ ..... 5 - 7 СТ.

3/ УВОД И АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИ СО МИСЛЕЊЕ ЗА УПОТРЕБЛИВОСТ НА МАТЕРИЈАЛОТ ..... 9 СТ.

ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.

Извештај: АКК - 02/2014 - 067

ГЛАВНА ПРОБА

## ИЗВЕШТАЈ


ОД ИСПИТУВАЊЕ ДРОБЕН СЕПАРИРАН КАМЕН АГРЕГАТ НАМЕНЕТ  
ЗА ИЗРАБОТКА НА БЕТОНСКИ И АСФАЛТНИ МЕШАВИНИ

### 1/ ОПШТИ ПОДАТОЦИ

- 1.1/ Агрегатот потекнува од: ЗГУРА ОД ПЕЧКИ ОД ТОПИЛНИЦА "МАКСТИЛ" АД СКОПЈЕ
- 1.2/ Агрегатот е произведен на: ДРОБИЛКА И СЕПАРАЦИЈА "КРАСТА" КУМАНОВО  
(ДГ "БЕТОН" АД СКОПЈЕ)
- 1.3/ Нарачаел на испитувањето: "МАКСТИЛ" АД СКОПЈЕ
- 1.4/ Вид на агрегатот: ФРАКЦИОНИРАН ДРОБЕН АГРЕГАТ - МКС Б.Б3.100
- 1.5/ Мострите се земени од стручно лице назначено од страна на Извршителот на испитувањето  
ГИ "Македонија" АД - Скопје според МКС Б.Б0.001, во присуство на лице - представник од Нарачателот.
- 1.6/ Место на земање на мостри за испитување: ДРОБИЛКА И СЕПАРАЦИЈА "КРАСТА" КУМАНОВО
- 1.7/ Датум на земање на мострирање: 03 - 02 - 2014 год.
- 1.8/ Записник / Барање за испитување бр: АКК - 02/2014 - 067
- 1.9/ Испитувањето е извршено во: Месец Февруари 2014 год.
- 1.10/ Период на контрола: 6 (шест) месеци
- 1.11/ Условите за квалитет се утврдени според МКС НЕ АКРЕДИТИРАНИ методи: Б.Б2.009, Б.Б2.010,  
Б.Б3.100, У.Е9.021 и У.Е4.014.
- 1.12/ Испитувањето е извршено според МКС НЕ АКРЕДИТИРАНИ методи: Б.Б2.010 ; Б.Б3.100; Б.Б8.003;  
Б.Б8.029; Б.Б8.030; Б.Б8.031; Б.Б8.034; Б.Б8.036; Б.Б8.037; Б.Б8.038; Б.Б8.039; Б.Б8.042;  
Б.Б8.044; Б.Б8.045; Б.Б8.049 и У.М8.030



Извештај: АКК - 02/2014 - 067

страница 4 од 8



ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ

„МАКЕДОНИЈА“ АД.

Извештај: АКК - 02/2014 - 067

2.1/ ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Ред. број	ИСПИТУВАЊЕ:	Метода според МКС	Ед. Мерка	Фракции					Мерна неодреденост	Услови за квалитет МКС Б.Б2.010 МКС
				ЗГУРА ОД ПЕЧКИ ОД ТОПИЛНИЦА "МАКСТИЛ" АД СКОПЈЕ						
				0/4mm	4/8mm	8/11mm	11/16mm	16/22mm		
1.	Обвитканост на површината на зрната	Б.Б8.004	(%)	/	/	/	/	/	± 0,5 %	0,0
2.	Зафатнинска маса во растресита состојба	Б.Б8.030	kg/m³	2180	1810	1960	1810	1760	± 24 kg/m³	/
3.	Зафатнинска маса во збиена состојба	Б.Б8.030	kg/m³	2350	2070	2080	2080	2020	± 24 kg/m³	/
4.	Зафатнинска маса на зрната	Б.Б8.031	kg/m³	3890	3730	3700	3720	3700	± 24 kg/m³	2000 - 3000
5.	Водовпивање	Б.Б8.031	% /m/m/	0,73	0,67	0,63	0,75	0,67	± 0,15 %	Најмногу 1,5
6.	Содржина на лесни честички	Б.Б8.034	% /m/m/	не содржи	не содржи	не содржи	не содржи	не содржи	± 0,5 %	Најмногу 1 /0,5/
7.	Содржина на слаби зрна	Б.Б8.037	% /m/m/	/	/	/	/	/	± 0,5 %	Најмногу 4 /3/
8.	Содржина на грутки глина	Б.Б8.038	% /m/m/	не содржи	не содржи	не содржи	не содржи	не содржи	± 0,06 %	Најмногу < 4 mm - 0,5 > 4mm - 0,25
9.	Содржина на органски материји	Б.Б8.039	% /m/m/	/	/	/	/	/	± 1 %	/
10.	Содржина на вкупен сулфор изразен како SO <sub>3</sub>	Б.Б8.042	% /m/m/	/	/	/	/	/	/	Најмногу 1
11.	Содржина на хлориди изразени како CL	Б.Б8.042	% /m/m/	/	/	/	/	/	/	Најмногу 0,1
12.	Постојаност на мраз /5 циклуси во Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /	Б.Б8.044	% /m/m/	0,80	0,20	0,63	0,42	0,38	/	Најмногу 12
13.	Отпорност против дробење и абеење Градација "Б"	Б.Б8.045	coef. L <sub>A</sub>	/	17,8				± 5 %	Најмногу 30
14.	Облик на зрна L : D ≤ 3 : 1	Б.Б8.048	% /m/m/	/	0,50	0,20	0,42	2,10	± 0,12 %	Најмногу 20
15.	Облик на зрна	Б.Б8.049	coef.	/	0,325	0,290	0,394	0,339	± 0,12 %	Најмалку П - 0,18 Д - 0,15
16.	Прионливост со битумен	У.М8.096	% /m/m/	100/80 до 100/90					/	Најмалку 100/80
17.	Отпорност против дробење	У.М8.030	% /m/m/	/	18,2				/	Најмногу 30

ВИД НА КАМЕН: К ..... Карбонатен

Е ..... Еруптивен

ЗГУРА ОД ПЕЧКИ ОД ТОПИЛНИЦА ✓

ВИД НА АГРЕГАТОТ: Природен агрегат ..... ПА

Вештачки агрегат ..... ВА ✓

Дробен ..... Д ✓



„МАКЕДОНИЈА“ АД.											
Извештај: АКК - 02/2014 - 067											
2.2/ ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ - ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ											
Реден Број	Метод според МКС	ИСПИТУВАЊЕ:		Фракции					Мерна неодреденост	Услови за квалитет МКС Б.52.010 МКС Б.53.100	
				ЗГУРА ОД ПЕЧКИ ОД ТОПИЛНИЦА "МАКСТИЛ" АД СКОПЈЕ							
				0/4mm	4/8mm	8/11mm	11/16mm	16/22mm			
1:	Б.53.100	Гранулометриски состав	отвор на сито # (mm)	минува низ сито (%)							
1.1.	Б.58.036	Дно	0							Учество на ситни честички  до 4 mm - max.10% над 4 mm - max.1%	
		Честички поситни од	0,063								
		Честички поситни од	0,09	4,8	0,3	0,2	0,3	0,4			
1.2.	Б.58.029	Ситен агрегат	0,125	5,8					±1		
			0,25	15,5							
			0,5	35,4							
			1	60,2							
			2	83,2	0,4	0,3					
		Крупен агрегат	4	97,5	2,2	0,5	0,5			Подмерни зрна Најмногу 15 %	
			8	100,0	99,2	14,7	2,0	0,5			
			11		100,0	97,3	9,3	1,7			
			16			100,0	97,1	12,8			
			22				100,0	95,3			
			31,5					100,0			
			45								
			63								
			100								
											Надмерни зрна Најмногу 10 %
2.	Б.52.010	Модул на зрнестост		3,024					/	2.3 - 3.6	

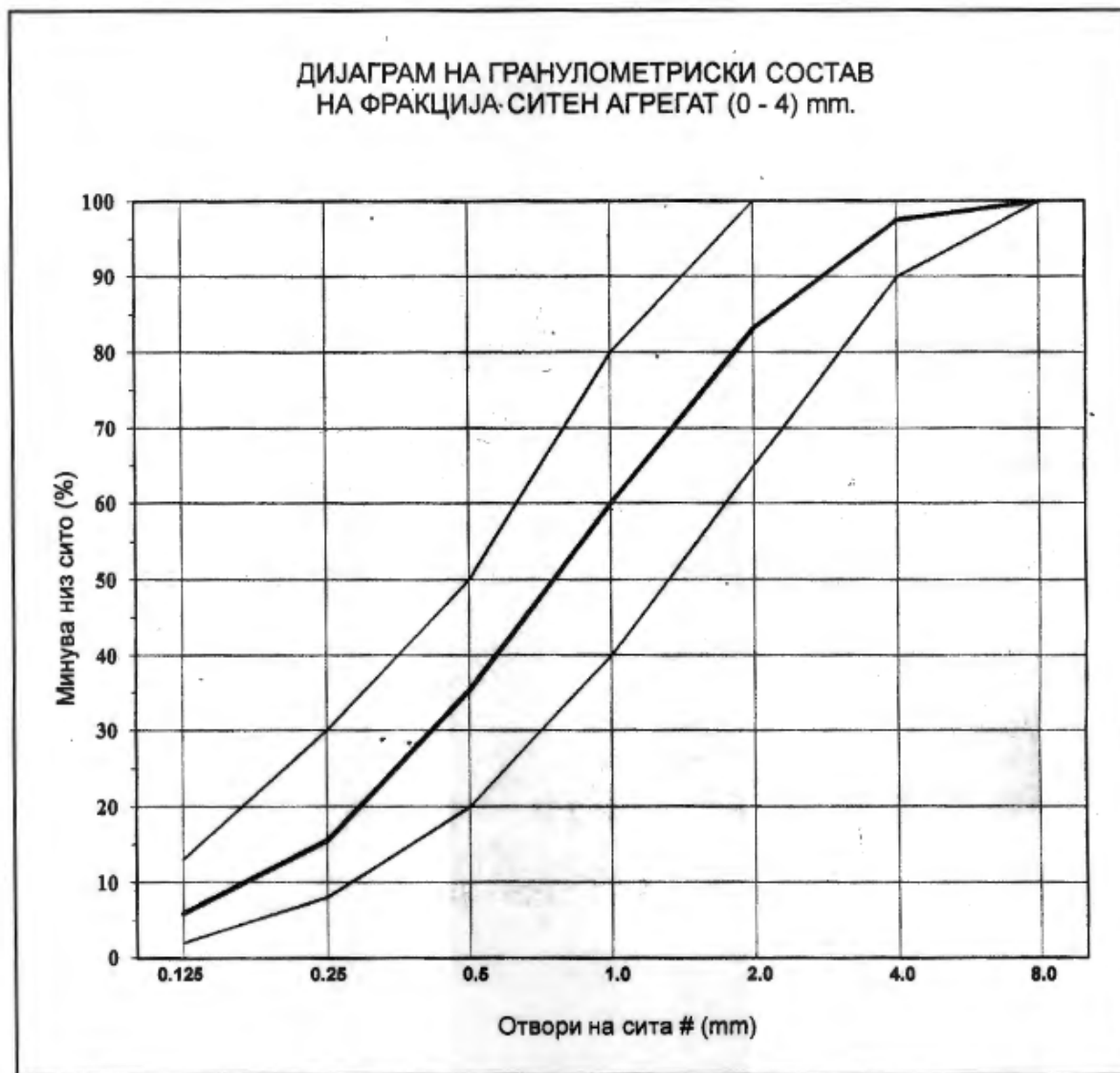
ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.

## 2.2.1/ ДИЈАГРАМ НА ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ

дробена фракција (0 - 4) мм ситен агрегат - (МКС Б.Б2.010)

АНАЛИЗА НА АГРЕГАТ Бр.:

АКК - 02/2014 - 067 ГЛАВНА ПРОБА



НАЗИВНА ФРАКЦИЈА НА АГРЕГАТОТ	ВКУПНО МИНУВАЊЕ НИЗ СИТО ВО (%) СО ОТВОРИ НА ОКЦАТА ВО ( мм )						
	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8,0
ЗГУРА ОД ПЕЧКИ ОД ТОПИЛНИЦА ( 0 / 4 )mm —	5,8	15,5	35,4	60,2	83,2	97,5	100
ГРАНИЧНИ ЛИНИИ —	2,0	8,0	20,0	40,0	65,0	90,0	100
ЗА Д <sub>max</sub> = 4.0 мм (МКС У.Б2.010)	13,0	30,0	50,0	80,0	100,0	100,0	100

ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.

### 3/ УВОД И АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИ СО МИСЛЕЊЕ ЗА УПОТРЕБЛИВОСТ НА МАТЕРИЈАЛОТ 3.1/ У В О Д :

За потребите на Нарачателот на испитувањето е извршено испитување на вештачки дробен агрегат од трска, која настанува како несакан остаток од производствен процес на фирмата „МАКСТИЛ“ АД СКОПЈЕ. Истиот е добиен во еднократен процес на дробење и сепарирање на Дробилка и Сепарација „КРАСТА“ КУМАНОВО (ДГ „БЕТОН“ АД СКОПЈЕ), обавен со цел да се одредат физичко – механичките карактеристики на приготвениот агрегат, поради утврдување можноста и доменот на негова примена во градежни цели, од кои една е утврдување на можноста за негова примена како агрегат за производство на бетонски и асфалтни мешавини. Добиените резултати од извршените испитувања на фракциите (0-4, 4-8, 8-11,2, 11,2-16 и 16-22,4) мм се презентирани во овој Извештај.

### 3.2/ АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИ СО МИСЛЕЊЕ ЗА УПОТРЕБЛИВОСТ НА ВЕШТАЧКИОТ ДРОБЕН АГРЕГАТ:

Од аспект на утврдените физичко – механички карактеристики на испитаните фракции вештачки агрегат од дробена трска, може да се каже дека повеќето барани карактеристики за квалитет за агрегати за бетонски и асфалтни мешавини се исполнети со вредности: на водовпивање во распон од (0,6-0,8) %, постојаност на дејство на мраз во распон до (0,2-0,8) %, отпорност на агрегатот на дробење и абеење со одредување на Лос Ангелес коефициент по „Б“ – градација кој изнесува 17,8 %, отпорност на агрегатот на притисок која изнесува 18,2 %, нема учество на слаби зрна, задоволителен облик на зрна и гранулометриски состав.

Од аспект на употребливост на овој агрегат како агрегат за производство на асфалтни мешавини, битно е да се каже дека е утврдена способност за прионливост на зрната агрегат со битуменот е во распон од 100/80 до 100/90, што појдовно ги задоволува условите за агрегат за производство на битуменизирани мешавини за носечки слоеви (БНС) и абечки слоеви.

Но и покрај поволните горе наведени физичко – механички карактеристики, треба да се потенцира високата запреминска маса утврдена кај сите фракции, која во голема мера е над препорачаната максимална вредност за агрегати за бетонски и асфалтни мешавини.

За конечно мислење за квалитет и употребливост на овој агрегат од дробена и фракциски поделена трска како агрегат за бетонски и асфалтни мешавини, потребно е да се направат уште подетални испитувања, кои би обфатиле пообсежни анализи и други потребни испитувања од поширок опсег, како што се минеролошко – петрографска анализа, хемиска анализа и радиолошка анализа, изработка на лабораториски припремени бетонски и асфалтни мешавини, а по потреба би можело да си изработат и други испитувања.

Освен на радиолошката анализа, особено внимание треба да се посвети и на хемиската анализа, која ќе го даде хемискиот состав на трската и точно одреденото учеството на силициската компонента во овој агрегат, според кое ќе може да се процени можноста за настанување на алкално – силикатната реактивност на агрегатот во бетонските мешавини произведени со употреба на овој дробен агрегат од трска.

Изложените резултати се однесуваат исклучиво на испитаниот примерок.  
Не се превзема никаква одговорност во поглед на веродостојноста на доставените примероци освен ако мострирањето е извршено од стручно лице од Градежниот Институт „Македонија“ АД Скопје.  
Извештајот не смее да се умножува, освен во целина. За делумно копирање е неопходно писмено одобрение од овластено лице од Градежниот Институт „Македонија“ АД Скопје.  
Извештајот се состои од вкупно 8 страни, вклучувајќи ја и насловната страница.



Директор на Лабораторија:

  
Горги Гошев, дипл.град.инж.

Извештај број: АКК - 02/2014 - 067

страница 8 од 8

## **Прилог 2 Извештај од извршени испитувања на дробена згура со јадрост 0-63 mm (депонија во кругот на фабриката)**

НАРАЧАТЕЛ:

МАКСТИЛ АД - Скопје

ПРЕДМЕТ:

ИЗВЕШТАЈ ОД ИЗВРШЕНИ ИСПИТУВАЊА НА  
ДРОБЕНА ЗГУРА со јадрост 0/63мм.  
(депонија во кругот на фабриката)

ТЕХНИЧКИ БРОЈ НА ИЗВЕШТАЈОТ:

АГИ/02.14.- 127

ДАТУМ:

Февруари 2014



**ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ А.Д.**

Ул. „Дрезденска“ бр.52, 1000 Скопје  
Република Македонија

Тел: 02 3066 816 | 02 3066 833  
Факс: 02 3066 828

web: [www.gim.com.mk](http://www.gim.com.mk)  
e-mail: [gim@gim.com.mk](mailto:gim@gim.com.mk)

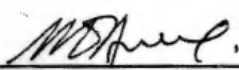





ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.



### УЧЕСНИЦИ ВО ИЗРАБОТКАТА

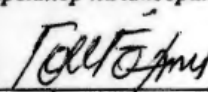
ИЗВЕДУВАЧ НА РАБОТИТЕ / ПРОИЗВОДИТЕЛ:	МАКСТИЛ АД - Скопје
ИЗВРШИТЕЛ НА ИСПИТУВАЊАТА:	ГИ.Македонија АД, Скопје Централна лабораторија ул.Дрезденска бр.52, 1000 Скопје
СОДРЖИНА:	1. Насловна страна (страна 1/5) 2. Учесници во изработката (страна 2/5) 3. Општи податоци (страна 3/5) 4. Извештај (страна 4/5) 5. Резултати од испитувањата (страна 5/5) 6. Прилог - Графички приказ на добиените резултати (страни 3)
ОДГОВОРЕН ИНЖИЊЕР НА СЕКТОР:	Б.Алексовски 
ИНЖИЊЕР СОРАБОТНИК:	/
ОБРАБОТКА:	К.Шотаровски
ТЕРЕНСКИ / ЛАБОРАТОРИСКИ ИСПИТУВАЊА:	Д.Глигоровски, П.Становски
ИЗВЕШТАЈ БРОЈ:	АГИ/02.14.- 127
Февруари 2014	

Раководител на Сектор,

  
А.Делиулинова - Нешевска, д.г.и.



Директор на Лабораторија

  
Г.Гошев, д.г.и.

Акредитирано тело, акредитирано од ИАРМ за:  
Тестирање на градежни материјали под бр. ЛТ - 014.  
Методите означени во овој извештај со "НЕ АКРЕДИТИРАНИ"  
се методи кои не се опфатени со опсегот на акредитацијата  
добиена од ИАРМ.



ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.



## ОПШТИ ПОДАТОЦИ

ГРАДЕЖЕН ПРОИЗВОД:	Дробена згура за изработка на тампонски слој
НАЗИВ ИЛИ ПОТЕКЛО НА ПРОИЗВОДОТ/ СОСТАВНИТЕ КОМПОНЕНТИ:	Згура депонирана на депонија во сопственост на Мак Стил а.д. - Скопје
СЕРИЈА/ПАРТИЈА/ ДЛАБИНА/СЛОЈ:	/
МЕСТО НА ЗЕМАЊЕ НА МОСТРАТА:	од место на дробење на згурата - каменолом "Краста", Куманово
ДАТУМ НА ПРИМАЊЕ НА МОСТРАТА:	03.02.2014.
МОСТРАТА ЈА ЗЕМАЛ:	Представник на извршителот на испитувањата
МОСТРАТА ЗА ИСПИТУВАЊЕ ЈА ДОСТАВИЛ:	Представник на извршителот на испитувањата
МЕСТО НА ИСПИТУВАЊЕ:	ГИ.Македонија АД. Скопје Централна лабораторија ул.Дрезденска бр.52, 1000 Скопје
ЛАБОРАТОРИСКА ОЗНАКА НА МОСТРАТА:	47
ОПИС НА МОСТРАТА:	предробена згура без присуство на железни остатоци со јадрост 0-63 мм
ИСПИТАНИ СВОЈСТВА:	Комплетно испитување според критериум за тампонски материјал
ДАТА НА ПОЧЕТОК НА ИСПИТУВАЊЕ:	06.02.2014.
ДАТА НА ЗАВРШЕТОК НА ИСПИТУВАЊЕ:	24.02.2014.











ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.

## ИЗВЕШТАЈ

Од резултатите од извршеното испитување на предробената згура во сопственост на МАКСТИЛ АД - Скопје, може да се заклучи дека истата ги задоволува бараните критериуми како материјал за изведба на долен носив слој - тампон, со исклучок на бараниот критерум за ЦБР > 80%.

НАПОМЕНА: Во текот на испитувањето за одредување на оптималната влажност - Прокторов опит и Калифорнискиот индекс на носивост (ЦБР) констатрано е дека материјалот многу тешко се збива. Како главна причина за многу тешката вградливост на материјалот може да се смета недоволно присуство на фини честици по примарното дробење, како и неговата големата цврстина (нема предробување при збивање), што може да се види и од извршените испитувања на гранулометрискиот состав пред и по набивањето.

 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ „МАКЕДОНИЈА“ АД.</b>    			
ТАБЕЛАРЕН ПРЕГЛЕД НА РЕЗУЛТАТИ			
ИСПИТУВАЊЕ	РЕЗУЛТАТ	КРИТЕРИУМ	СТАНДАРД
ЗРНА СО НЕПРАВИЛЕН ОБЛИК (%маса)	23,2	max. 40%	МКС Б.Б8.047
ТРОШНИ ЗРНА (%маса)	Нема	max. 40%	МКС.Б.Б8. 046
СОДРЖИНА НА ГЛИНОВИТО МУЉЕВИТИ ЧЕСТИЧКИ (%маса)	Нема	max. 5%	МКС.Б.Б3.050
ОСЕТЛИВОСТ НА ДЕЈСТВО НА МРАЗ (Содржина на честички <0,02мм.) (%маса)	Нема	max. 3%	МКС.У.Е9.020
ПОСТОЈАНОСТ НА МРАЗ (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )(губиток маса) -зрна <8.0мм. (%маса) -зрна >8.0мм.(%маса)	0,43 0,88	max. 10% max. 12%	МКС.Б.Б8. 044
ОПТИМАЛНО УЧЕСТВО НА ВОДА (МОДИФИЦИРАН)	Y <sub>d</sub> .= 2.76 t/m <sup>3</sup> W <sub>опт</sub> .= 3,5%	Се испитува (Прокторов опит)	МКС.У.Б18. 038
ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ	Се вклопува во предвидениот граничен појас за тампонски материјал, освен на сито 0,1 мм	Предвиден граничен појас за тампонски материјал	МКС.У.Б18. 018
СТЕПЕН НА НЕРАМНОМЕРНОСТ (Cu)	Cu= 17,1	min. 15%	МКС.У.Б18. 018
АБЕЊЕ(Дробење) по метода ЛОС АНГЕЛЕС (%маса)	La = 21,3	max. 40%	МКС.Б.Б8. 045
КАЛИФОРНИСКИ ИНДЕКС НА НОСИВОСТ (CBR <sub>2.54</sub> )	CBR =75,4 %	min. 80%	МКС.У.Б1. 042
АГИ/02.14.- 127			
стр.5/5			

 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ „МАКЕДОНИЈА“ А.Д.</b>  
<b>ПРИЛОГ</b>
<p>1. Гранулометриски состав</p> <p>1/1. Гранулометриски состав пред и после Прокторов опит</p> <p>2. Оптимална содржина на вода</p> <p>3. Лабораториски ЦБР</p>
АГИ/02.14.- 127



ГРАДБЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.



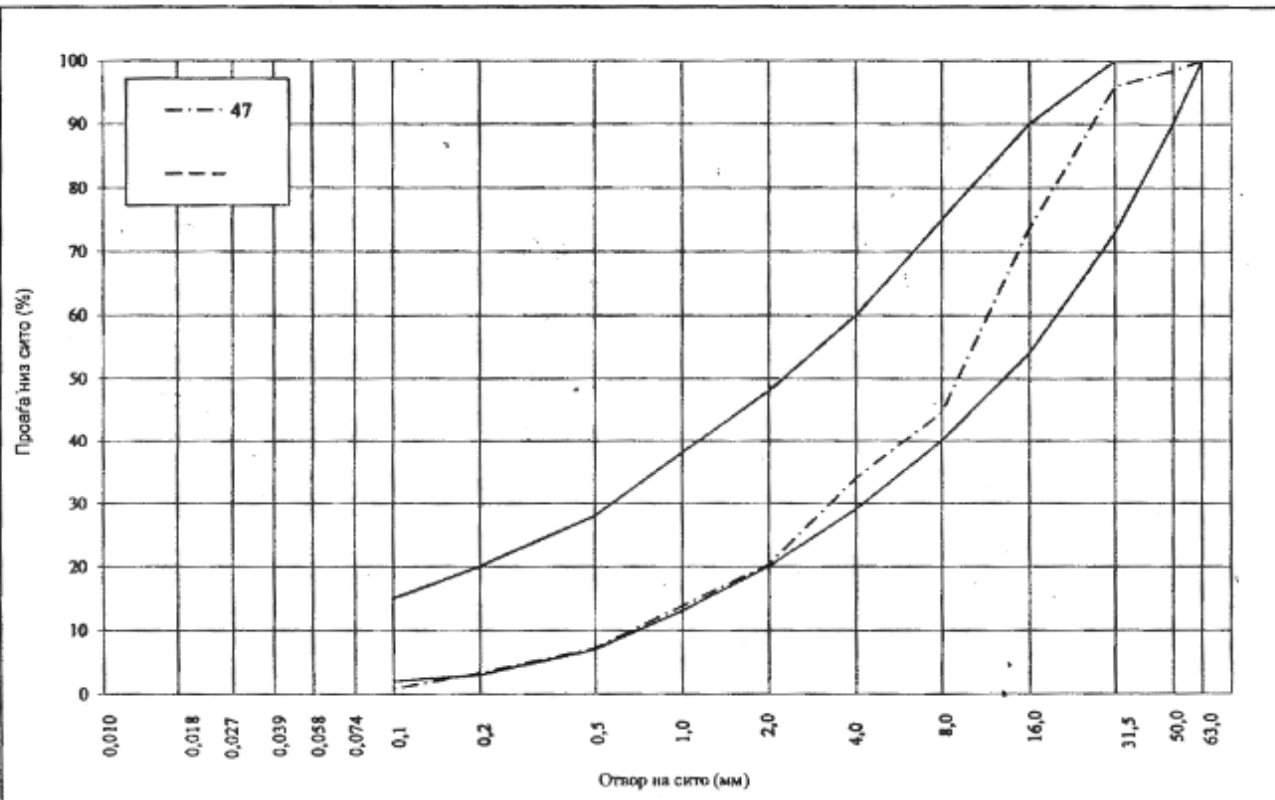
TÜV  
AUSTRIA



### ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ

(МКС У.Б1.018/80)

Нараѓање: МАКСТИЛ АД - Скопје



Ознака на пробата	Место на земање / стационаж	Сонда / слој	Опис на пробата	Дата на земање на пробата	Дата на испитување	Содржина честички < 0,02 mm (%)	D <sub>90</sub>	D <sub>50</sub>	D <sub>60/D10</sub>
				(д.м.г.)	(д.м.г.)		(mm)	(mm)	
47	од место на дробење - Каменоом Краста, Куманово	I	дробена згура зо јадрост 0-63	03.02.2014	06.02.2014.	не содржи	12	0,7	17,1



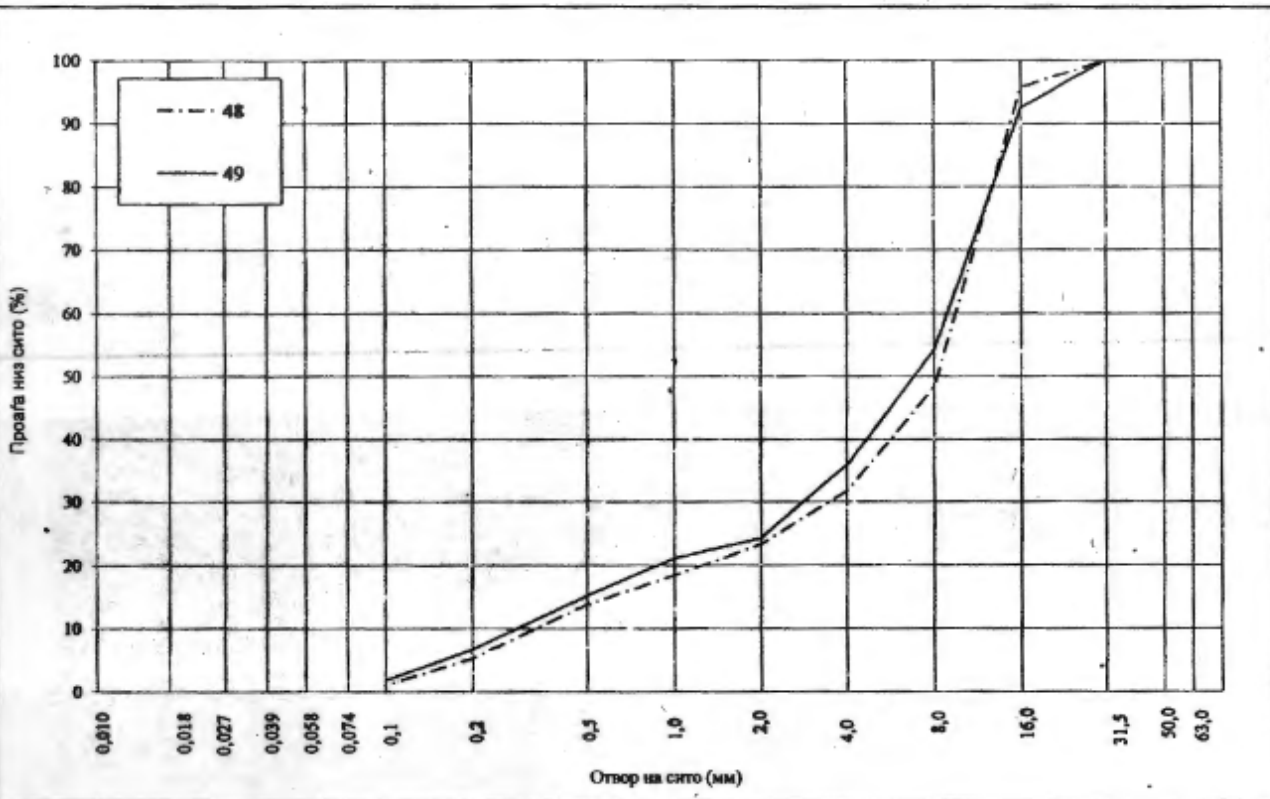
ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
„МАКЕДОНИЈА“ АД.



### ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ

(МКС У.Б1.018/80)

Нарачател: МАКСТИЛ АД - Скопје







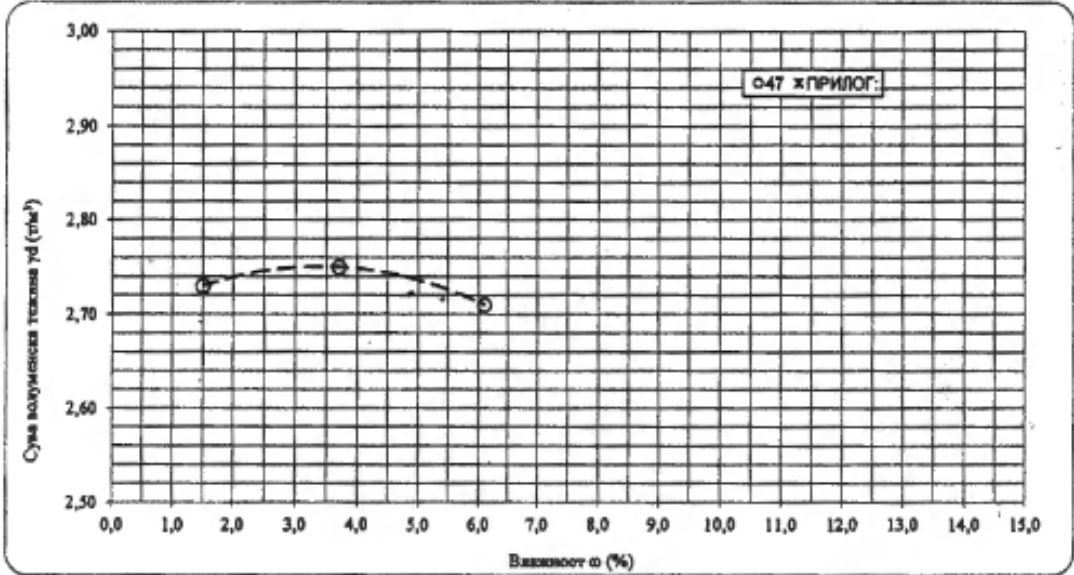

Ознака на пробата	Место на земање / стационска	Сонда / слој	Опис на пробата	Дата на земање на пробата	Дата на испитување	Содрж на честички < 0,02 мм (%)	D <sub>90</sub> (мм)	D <sub>10</sub> (мм)	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>
				(д.м.г)	(д.м.г)				
48	од место на дробење - Каменоо Краста, Куманово	/	дробена згура зс: јадрот 0-03 мм пред Прокторов опит	03.02.2015	10.02.2014.	не содржи	/	/	.
49	од место на дробење - Каменоо Краста, Куманово	/	дробена згура зс: јадрот 0-03 мм по Прокторов опит	03.02.2016	10.02.2014.	не содржи	/	/	.





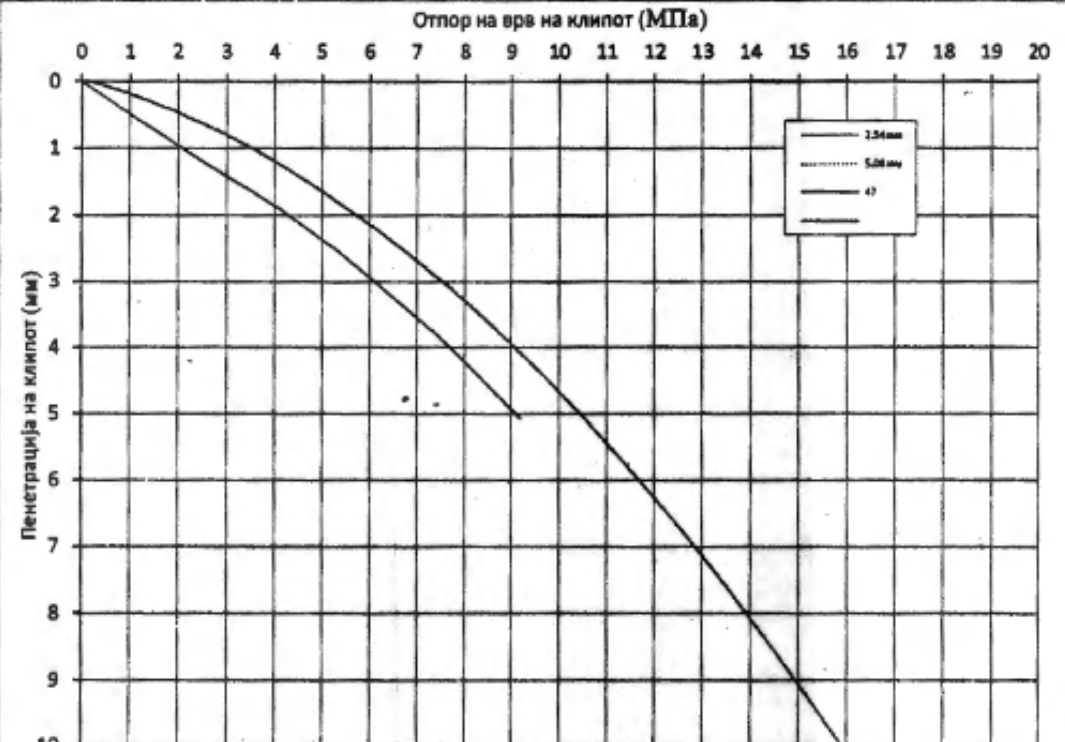
Дата: февруари 2014.

Испитат:

Прегледач:

ПРИЛОГ 1/1

 <b>„МАКЕДОНИЈА“ АД.</b>		  	
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА			
ОПТИМАЛНА СОДРЖИНА НА ВОДА (МКС У.Б1.038/68)			ПРИЛОГ: 2
Нарачател: МАКСТИЛ АД - Скопје			
Ознака на пробата	47		
Место на земање на пробата	од место на дробење - Камениооо Крста, Куманово		
Вид на материјал / слој број	дробена згура со јадрост 0-63 мм		
Датум на земање на пробата	03.02.2014		
Дата на испитување	07.02.2014.		
Длабочина (м)	/		
Енергија на збивање (MNm/m <sup>3</sup> )	2,7		
Точка број	146	147	148
Волуменска тежина $\gamma_d$ (т/м <sup>3</sup> )	2,73	2,75	2,71
Влажност W (%)	1,5	3,7	6,1
Прокторов оптимум $\gamma_{dmax}$ (т/м <sup>3</sup> )	2,76		
Оптимална содрж. на вода $\omega_{opt}$ (%)	3,5		
			
Дата:	Испитал:		Прегледал:
Февруари 2014.			

 <b>„МАКЕДОНИЈА“ А.Д.</b>		  																								
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА																										
ЛАБОРАТОРИСКИ ЦБР (МКС У.Б1.042/69)		ПРИЛОГ 3																								
<b>Објект:</b> <b>МАКСТИЛ АД - Скопје</b>																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Ознака на пробата</td> <td style="width: 40%; text-align: center;">47</td> <td style="width: 20%;"></td> </tr> <tr> <td>Место на земање на пробата</td> <td>од место на дробење - Камсноом Краста, Куманово</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Вид на материјал / слој број</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Датум на земање на пробата</td> <td style="text-align: center;">03.02.2014</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Дата на испитување</td> <td style="text-align: center;">11.02.2014.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ЦБР на 2,54 мм (%)</td> <td style="text-align: center;">76,49</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ЦБР на 5,08 мм (%)</td> <td style="text-align: center;">87,64</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Усвоен ЦБР (%)</td> <td style="text-align: center;">76,40</td> <td></td> </tr> </table>			Ознака на пробата	47		Место на земање на пробата	од место на дробење - Камсноом Краста, Куманово		Вид на материјал / слој број	/		Датум на земање на пробата	03.02.2014		Дата на испитување	11.02.2014.		ЦБР на 2,54 мм (%)	76,49		ЦБР на 5,08 мм (%)	87,64		Усвоен ЦБР (%)	76,40	
Ознака на пробата	47																									
Место на земање на пробата	од место на дробење - Камсноом Краста, Куманово																									
Вид на материјал / слој број	/																									
Датум на земање на пробата	03.02.2014																									
Дата на испитување	11.02.2014.																									
ЦБР на 2,54 мм (%)	76,49																									
ЦБР на 5,08 мм (%)	87,64																									
Усвоен ЦБР (%)	76,40																									
<div style="text-align: center;">Отпор на врв на клипот (МПа)</div> 																										
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div>Дата: 11.02.2014.</div> <div>Испитал:</div> <div>Прегледат:</div> </div>																										



### **Прилог 3 Извештај од испитување на применливоста на згура од позајмиште Железара за изработка на објекти од нискоградба**

- Градежен институт Македонија –  
- 2017 година -

Градежен институт  
МАКЕДОНИЈА АД  
Бр. 1103-1320/3  
28.12.2017 год.  
СКОПЈЕ

Д МАКСТИЛ Скопје

РИМЕНО	Датум	Број
ИД	25.01.18	1087
ПРЕДАНО	ЛРГ единица	Рво единица

НАРАЧАТЕЛ :

МАКСТИЛ АД. За производство и трговија со производи  
за црна металургија Скопје

ЛОКАЦИЈА :

Депонија во кругот на Железарница - Скопје

## ИЗВЕШТАЈ ОД ИСПИТУВАЊЕ

ПРЕДМЕТ

Подобност на материјал (згура) од позајмиште  
Железара , за изработка на објекти во нискоградба

ТЕХНИЧКИ БРОЈ НА ИЗВЕШТАЈОТ

АГИ-12/17- 1434

ДАТУМ

Декември 2017.





**ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ  
МАКЕДОНИЈА**

ул. Дрезденска бр.52, 1000 Скопје  
Република Македонија

тел: +389 2 3066 821 / +389 2 3066 816  
факс: 02 3066 828

web: www.gim.com.mk  
e-mail: gim\_laboratorija@gim.com.mk

 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b>		ул. Дрезденска бр.52, 1000 Скопје Република Македонија тел: 02 3066 821 / 02 3066 816 факс: 02 3066 828 web: www.gim.com.mk e-mail: gim_laboratorija@gim.com.mk
Инвеститор :	/	
Извршител на испитувањата:	"ГИ. Македонија " АД. Скопје - централна лабораторија- ул.Дрезденска бр.52, 1000 Скопје	
Број на договор/понуда:	1101 - 1320/1 12.10.2017г.	
Производ:	Подобност на материјал (згура) од позајмиште Железара , за изработка на објекти во нискоградба	
Производител/ Изведувач:	"ГИ. Македонија " АД. Скопје - централна лабораторија- ул.Дрезденска бр.52, 1000 Скопје	
Одговорен инженер на испитувањето:	Мр.З.Ѓорѓиевски дипл.град инж.	
Изготвувач:	К.Шотаровски град.техн.	
Инженер соработник :	/	
Обработка :	/ Ален Јаќимовски Град.техн.	
Теренски/Лабораториски испитувања	/ Ален Јаќимовски Град.техн.	
Извештај број:	АГИ-12/17- 1434	
Директор на Завод ЛАБОРАТОРИЈА  М-р. Ѓорѓи Гошев, дипл.град.инж.		

стр.2/4

## ТАБЕЛАРЕН ПРЕГЛЕД НА РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊАТА

Проба број / Опит	1	2	3	Стандард
Запреminsка тежина (т/м³)	2,428	2,342	2,360	MKS EN 13286-2
Оптимална содржина на вода (% маса)	3,2	3	2,8	MKS EN 13286-2
Степен на нерамномерност (Cu)	16,3	6,3	6,0	MKS CEN ISO/TS 17892 - 4
Калифорниски индекс на носивост (%)	63,0	108,0	109,0	MKS EN 13286-47
Природна влажност (% маса)	0,6	0,1	0,2	MKS CEN ISO/TS 17892-1

\* Методата по која е извршено испитувањето не е акредитирана по ISO EN 17025.

Изложените резултати се однесуваат исклучиво на испитаниот примерок.

Не се превзема никаква одговорност во поглед на веродостојноста на земањето на примероците освен ако е извршено во присуство на претставник на Градежниот Институт Македонија АД Скопје.

Извештајот не смее да се умножува, освен во целина и со одобрение од ГИМ.

Id



ул. Дрезденска бр.52, 1000 Скопје  
Република Македонија  
тел: 02 3066 821 / 02 3066 816  
факс: 02 3066 828  
web: www.gim.com.mk  
e-mail: gim\_laboratorija@gim.com.mk

### ИЗВЕШТАЈ

На барање на нарачателот, извршено е испитување на подобност на металуршка згура за употреба при изведба на работи во нискоградба. Резултатите од испитувањата на доставените 3 (три) примероци се доставени во прилог на овој извештај.

Одредени се следните карактеристики на материјалот:

1. Гранулометриски состав
2. Запреминска маса и оптимална содржина на вода при вградување на материјалот со збивање (Прокторов Опит).
3. Калифорниски индекс на носивост (ЦБР.Опит)

Според добиените резултати од испитувањата може да се констатира дека:

- Материјалот означен со Р - 1, може да се употребува како материјал а изработка на насип, постелка и подобрена постелка
- Материјалите означени со Р - 2 и Р - 3 се крупнозрни материјали, кои се тешко вградливи (доколку не се оплеменат со додавање ситнозрна фракција 0/4 мм), и може да се употребат за изведба на разни видови исполни и насипи.

Изготвил:

Одговорен инженер:

Датум:

19.12.2017.

Id



ул. Дрезденска бр.52, 1000  
Скопје  
Република Македонија  
тел: 02 3066 821 / 02 3066 816  
факс: 02 3066 828  
web: www.gim.com.mk  
e-mail:  
gim\_laboratorija@gim.com.mk


## ПРИЛОГ

Графички приказ на резултати од :

1. Гранулометриски состав
2. Прокторов опит
3. Калифорниски индекс на носивост (ЦБР.)

АГИ-12/17- 1434



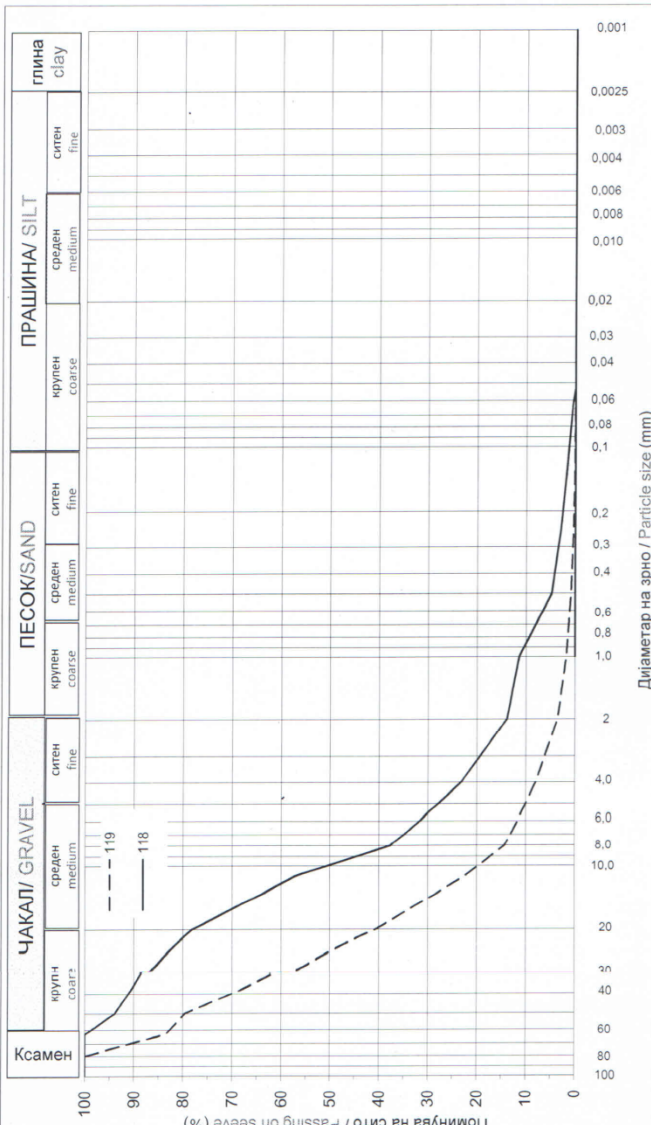
 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b>	
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА / LABORATORY DEPARTMENT	
ГРАНУЛОМЕТРИСКА АНАЛИЗА / GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
MKS CEN ISO/TS 17892-4	
Локација:	Депонија во кругот на Железарница - Скопје
Location:	

Ознака на проба	Место на земање	Сонда / слој	Длабочина на земање (m)	Дата на земање (д.м.г)/(d.m.y)	Дата на испитување (д.м.г)/(d.m.y)	Специфична тежина (kg/m <sup>3</sup> )	"ESCS"	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	
								D <sub>60</sub>	D <sub>10</sub>
118	Депонија во кругот на Железарница - Скопје	P-1	Доставено од нарачателот	11.12.2017.	12.12.2017.	/	Згура	14,00	16,3
119	Депонија во кругот на Железарница - Скопје	P-2	Доставено од нарачателот	11.12.2017.	12.12.2017.	/	Згура	31,00	6,3

Поминување на сито / Passing on sieve (%)	ЧАКАЛ / GRAVEL			ПЕСОК / SAND			ПРАШИНА / SILT			глина clay
	крупен coarse	среден medium	ситен fine	крупен coarse	среден medium	ситен fine	крупен coarse	среден medium	ситен fine	

Диаметар на зрно / Particle size (mm)

Поминување на сито / Passing on sieve (%)

Осцила: --- 119    — 118

Одговорен инженер

Марио Стојановски Дипл.инж.геотехника

Испитал: Ален Јаќимовски Град.техн.

Обработил: К.Шотаровски


Дата/Date:

12.12.2017.

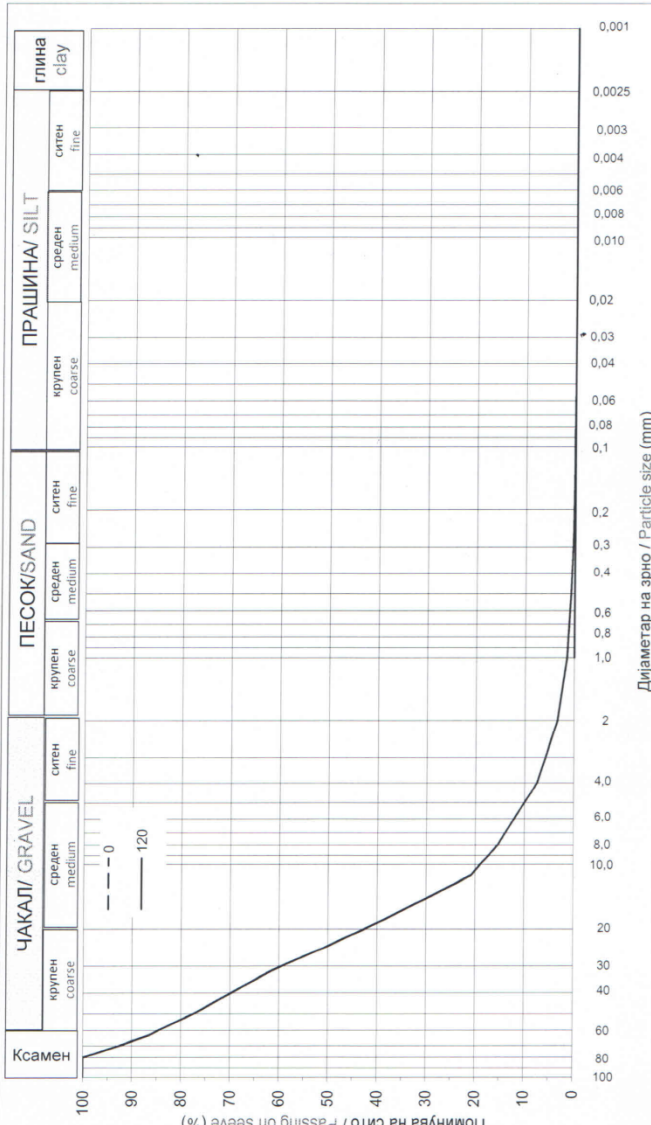
Прилог бр/ Appendix:

1.1



 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b>	
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА / LABORATORY DEPARTMENT	
ГРАНУЛОМЕТРИСКА АНАЛИЗА / GRAIN SIZE DISTRIBUTION	
MKS CEN ISO/TS 17892-4	
Локација:	Депонија во кругот на Железарница - Скопје
Location:	



Диаметар на зрно / Particle size (mm)

Поминува на сито / Passing on sieve (%)


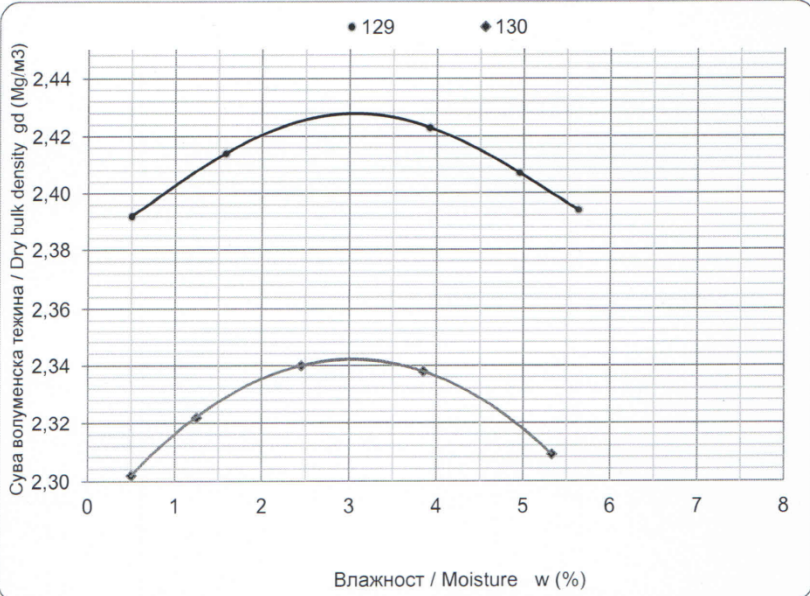
ЧАКАЛ/ GRAVEL		ПЕСОК/SAND		ПРАШИНА/ SILT		глина clay
крупен coarse	ситен fine	крупен coarse	среден medium	крупен coarse	среден medium	ситен fine


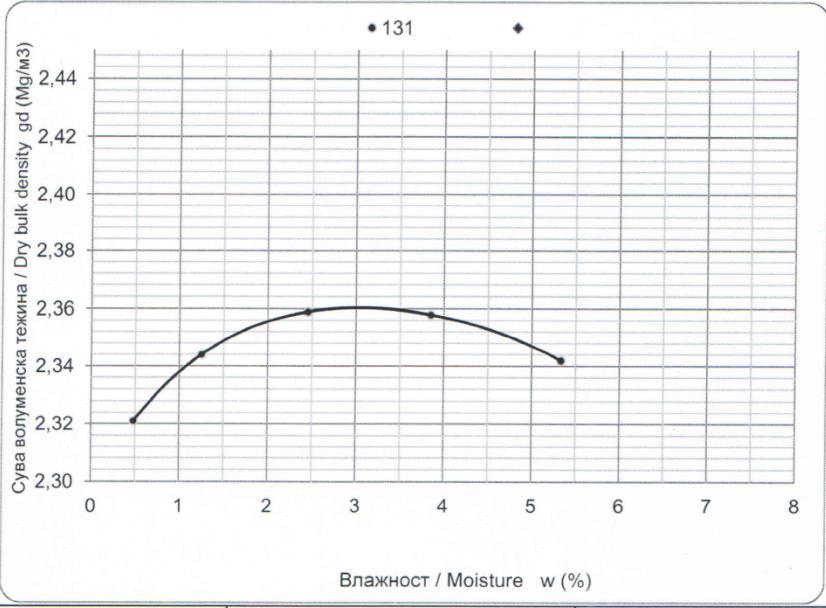
  

Ознака на проба	Место на земање	Сонда / слој	Длабочина на земање (m)	Дата на земање (д.м.г)/(d.m.y)	Дата на испитување (д.м.г)/(d.m.y)	Специфична тежина (kg/m <sup>3</sup> )	"ESCS"	D <sub>60</sub>	D <sub>10</sub>	D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>
120	Депонија во кругот на Железарница - Скопје	P-3	Доставено од нарачкателот	11.12.2017.	12.12.2017.		Згура	30,00	5,00	6,0


  

Одговорен инженер	Испитал: Ален Јакимовски Град.техн.	Дата/Date:
Марио Стојановски Дипл.инж.геотехника	Обработил: К.Шотаровски	12.12.2017.
		Прилог бр/ Appendix:
		1.1

 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b>		ул. Дрежденска бр. 52, 1000 Скопје Република Македонија Тел. +389 2 3066816 / +389 2 3066816 Факс 02 3066828 веб: www.gim.com.mk e-mail: gim_laboratorija@gim.com.mk								
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА										
ПРОКТОРОВ ОПИТ										
Нарачател :	МАКСТИЛ АД. За производство и трговија со производи за црна металургија Скопје									
Објект:	Депонија Железарница - Скопје									
Ознака на пробата	129		130							
Место на земање на пробата	P - 1		P - 2							
Вид на материјал / слој број	Згура од металуршки процес		Згура од металуршки процес							
Датум на земање на пробата	11.12.2017.		11.12.2017.							
Дата на испитување	14.12.2017.		14.12.2017.							
Длабина (м)	/		/							
Енергија на збивање (Mg/m <sup>3</sup> )	2,7		2,7							
Точка број	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740
Волуменска тежина gd (Mg/m <sup>3</sup> )	2,392	2,414	2,423	2,41	2,394	2,302	2,322	2,34	2,338	2,309
Влажност W (%)	0,5	1,6	3,9	4,95	5,6	0,5	1,25	2,45	3,85	5,33
Прокторов опит gdm <sub>max</sub> (Mg/m <sup>3</sup> )	2,428		2,342							
Оптимална содрж. на вода w <sub>opt</sub> (%)	3,2		3,0							
										
Одговорен инженер:	Испитал:		Дата							
Марио Стојановски	Ален Јакимовски Град.техн.		14.12.2017г.							
д.и.геомех.	Обработка:		Прилог бр							
	К.Шотаровски град.техн.		2.1							

 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b> ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА		ул. Дрезденска бр. 52,1000 Скопје Република Македонија Тел.: +389 2 3066816 / +389 2 3066816 Факс: 02 3066828 веб: www.gim.com.mk e-mail: gim_laboratorija@gim.com.mk							
<b>ПРОКТОРОВ ОПИТ</b>									
Нарачател :	МАКСТИЛ АД. За производство и трговија со производи за црна металургија Скопје								
Објект:	Депонија Железарница - Скопје								
Ознака на пробата	131								
Место на земање на пробата	P - 3								
Вид на материјал / слој број	Згура од металуршки процес								
Датум на земање на пробата	11.12.2017.								
Дата на испитување	14.12.2017.								
Длабина (м)	/								
Енергија на збивање (Mg/m <sup>3</sup> )	2,7								
Точка број	741	742	743	744	745				
Волуменска тежина gd (Mg/m <sup>3</sup> )	2,321	2,344	2,359	2,36	2,342				
Влажност W (%)	0,5	1,3	2,5	3,85	5,3				
Прокторов опит gdmax (Mg/m <sup>3</sup> )	2,360								
Оптимална содрж. на вода wopt (%)	2,8								
<div style="text-align: center;">  <p>Сува волуменска тежина / Dry bulk density gd (Mg/m<sup>3</sup>)</p> <p>Влажност / Moisture w (%)</p> </div>									
Одговорен инженер:	Испитал:			Дата					
Марио Стојановски	Ален Јаќимовски Град.техн.			14.12.2017г.					
д.и.геомех.	Обработка:			Прилог бр					
	К.Шотаровски град.тех.			2.2					



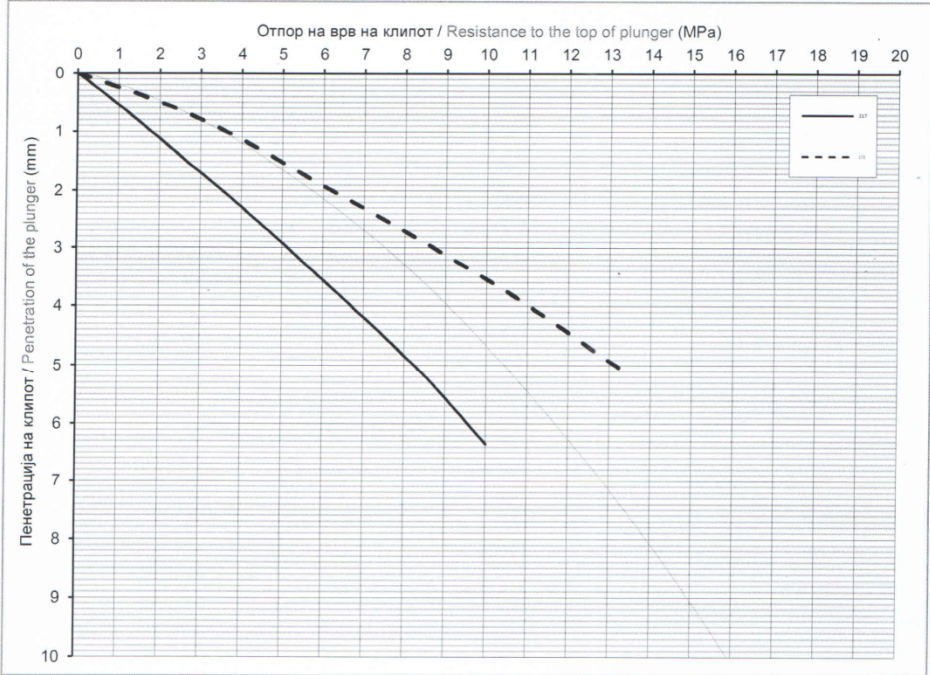
 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b>		ул. Дрезденска бр.52, 1000 Скопје Република Македонија тел: +389 2 3066 821 / +389 2 3066 816 факс: 02 3066 828 веб: www.gim.com.mk e-mail: gim_laboratorija@gim.com.mk
ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА		
Калифорниски индекс на носивост (ЦБР.) МКС У.Б1.042		
Објект: / Нарачател:	<b>Депонија Железарница - Скопје</b>	МАКСТИЛ АД. За производство и трговија со производи за црна металургија Скопје


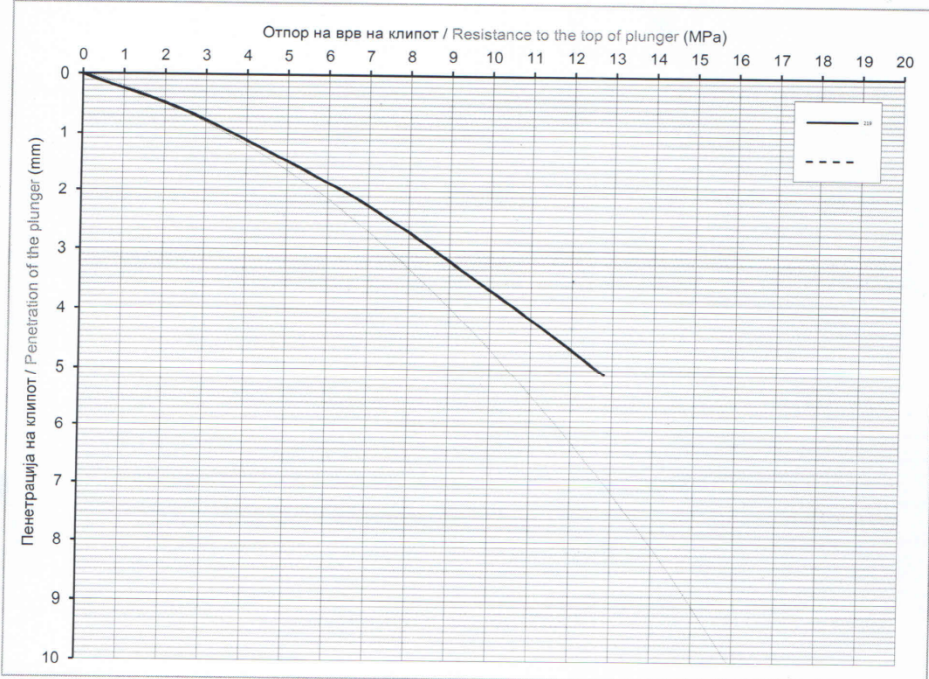
Ознака на пробата	217	218
Место на земање на пробата	Депонија Железарница - Скопје	Депонија Железарница - Скопје
Вид на материјал / слој број	Згура од металуршки процес	Згура од металуршки процес
Датум на земање на пробата	11.12.2017.	11.12.2017.
Дата на испитување	19.12.2017.	12.12.2017.
ЦБР на 2,54 mm (%)	63,05	108,24
ЦБР на 5,08 mm (%)	79,59	126,80
ЦБР (%)	<b>63,0</b>	<b>108,0</b>

Отпор на врв на клипот / Resistance to the top of plunger (MPa)

Одговорен инженер  Марио Стојановски дипл. инж. геомех.	Испитал: Ален Јакимовски Град.техн.	Дата: 19.12.2017.  Прилог бр: 3.1
	Обработка: К.Шотаровски град.техн.	

 <b>ГРАДЕЖЕН ИНСТИТУТ МАКЕДОНИЈА</b>		ул. Дрезденска бр.52, 1000 Скопје Република Македонија тел: +389 2 3066 821 / +389 2 3066 816 факс: 02 3066 828 web: www.gim.com.mk e-mail: gim_laboratorija@gim.com.mk																									
		ЗАВОД ЛАБОРАТОРИЈА																									
<b>Калифорнски индекс на носивост (ЦБР.)</b> <b>МКС У.Б1.042</b>																											
Објект: / Нарачател:	<b>Депонија Железарница - Скопје</b>		<b>МАКСТИЛ АД. За производство и трговија со производи за црна металургија Скопје</b>																								
<table border="1"> <tr> <td>Ознака на пробата</td> <td>219</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Место на земање на пробата</td> <td>Депонија Железарница - Скопје</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Вид на материјал / слој број</td> <td>Згура од металуршки процес</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Датум на земање на пробата</td> <td>11.12.2017.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Дата на испитување</td> <td>19.12.2017.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ЦБР на 2,54 mm (%)</td> <td>109,17</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ЦБР на 5,08 mm (%)</td> <td>121,78</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ЦБР (%)</td> <td><b>109,0</b></td> <td></td> </tr> </table>				Ознака на пробата	219		Место на земање на пробата	Депонија Железарница - Скопје		Вид на материјал / слој број	Згура од металуршки процес		Датум на земање на пробата	11.12.2017.		Дата на испитување	19.12.2017.		ЦБР на 2,54 mm (%)	109,17		ЦБР на 5,08 mm (%)	121,78		ЦБР (%)	<b>109,0</b>	
Ознака на пробата	219																										
Место на земање на пробата	Депонија Железарница - Скопје																										
Вид на материјал / слој број	Згура од металуршки процес																										
Датум на земање на пробата	11.12.2017.																										
Дата на испитување	19.12.2017.																										
ЦБР на 2,54 mm (%)	109,17																										
ЦБР на 5,08 mm (%)	121,78																										
ЦБР (%)	<b>109,0</b>																										
																											
Одговорен инженер	Испитал:	Дата:																									
Марио Стојановски дипл.инж.геомех.	Ален Јаќимовски Град.техн.	19.12.2017.																									
	Обработка: К.Шотаровски град.техн.	Прилог бр: 3.2																									

**Прилог 4 Извештај од минералошки и хемиски испитувања на трската од Електролачна печка во МАКСТИЛ АД, Скопје**

Универзитет „Гоце Делчев“

Штип, 2018–



Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

## ИЗВЕШТАЈ ОД ИСПИТУВАЊА

### ОПШТИ ПОДАТОЦИ

Нарачател: Макстил АД-Скопје

Адреса:

Лице за контакт:

Тел:

Е-mail:

Датум на прием:

Број на извештај:

Датум на извештај:

Време:

### ИЗВРШИТЕЛ

Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип

Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

**Оддел: Лабораторија за минерална технологија**

Кампус 2 – Научноистражувачки центар

По барање на фирмата Макстил се извршени следниве анализи:

- Хемиска анализа
- Рендгенско дифракциона анализа

Од страна на Макстил АД – Скопје се доставени за испитување 3 примероци означени како (P1, P2 и P3). Примероците се во облик на парчиња со заоблена форма и различна големина. По боја се црни. Врз основа на макроскопските испитување може да се заклучи дека се работи за згура.

За поточна идентификација на истите се направени минералошки и хемиски испитувања. Минералошките испитувања се направени со рендгенска дифракција со рендген дифрактометар Shimadzu 6100. Овој дифрактометар е опремен со автоматски пребарувач/споредбен софтвер како стандард за квалитативна анализа. Користена е ICDD (International Center for Diffraction Data) база на податоци и PDF2 софтвер –пребарувач.

Снимањето е вршено при следниве услови: употребено е  $\text{CuK}\alpha$  зрачење; напонот на цевката и струјата е 40 (kV) и 30(mA);  $2\theta$  (степени) 5.00-80.00; брзина (степен / мин) 2,00/0,100; одредено време (во секунди) 0.12.

Содржината на елементите е определена со ИЦП МС метода, додека нивното фракционирање е дефинирано со помош на постапката за секвенционални екстракции, попозната како (СЕП) по модифицирана постапка на Tessier.



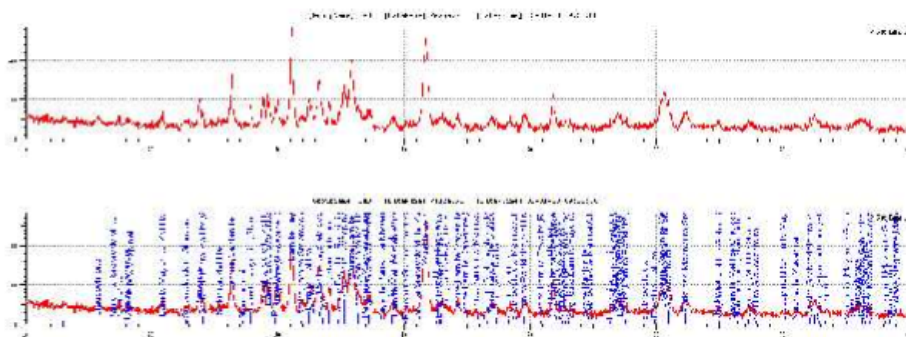


Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

## Резултати од рендгенско дифракциони испитувања

### Примерок Р1

На сл.1. е даден дифрактограмот на примерок Р1. Добиените d-вредности и I-интензитети се споредени со податоците од JCPDS картичките.



Слика 1. Ренгенски дифрактограм на примерок Р1

Во примерок Р1 е одредено присуство на следниве минерали:

Минерал	Хемиска формула	Број на JCPDS картица
Магнетит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	00 019 0629
Вустит	$\text{FeO}$	00 006 0615
Фајалит	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	00 012 0220
Улвоспинел	$\text{TiFe}_2\text{O}_4$	00 025 0417
Сребродолскит	$\text{CaFeO}_4$	00 003 0804
Мауенит	$(\text{CaO})_{12}(\text{Al}_2\text{O}_3)_7$	01 070 2144
Гехленит	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$	00 001 0982
Ранкинит	$\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$	00 009 0327
Ларнит	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$	00 024 0037
Мелилит	$\text{Ca}_8\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Si}_7\text{O}_{28}$	00 004 0682
Глаукохроит	$\text{CaMnSiO}_4$	01 083 1745
Периклас	$\text{MgO}$	00 002 1207
Калцит	$\text{CaCO}_3$	00 003 0569

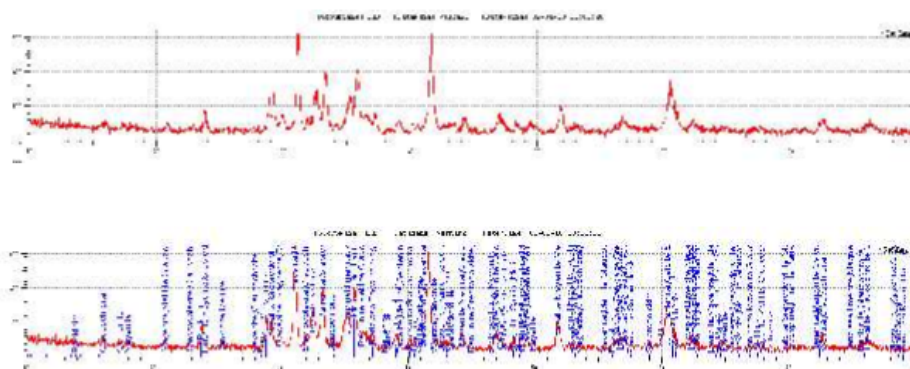




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

### Примерок Р2

На сл.2. е даден дифрактограмот на примерок Р2 . Добиените d-вредности и I-интензитети се споредени со податоците од JCPDS картичките.



Слика 2. Ренгенски дифрактограм на примерок Р2

Во примерок Р2 е одредено присуство на следниве минерали:

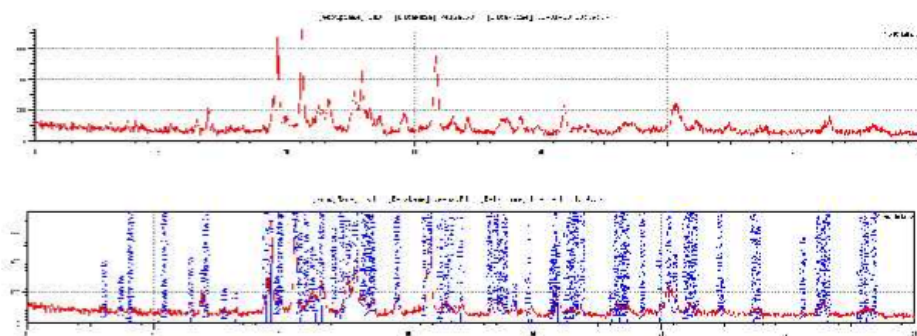
Минерал	Хемиска формула	Број на JCPDS картица
Магнетит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	00 019 0629
Вустит	$\text{FeO}$	00 006 0615
Фајалит	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	00 012 0220
Илменит	$\text{FeTiO}_3$	00 003 0778
Улвоспинел	$\text{TiFe}_2\text{O}_4$	00 025 0417
Сребродолскит	$\text{CaFeO}_4$	00 003 0804
Мауенит	$(\text{CaO})_{12}(\text{Al}_2\text{O}_3)_7$	01 070 2144
Гехленит	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$	00 001 0982
Ранкинит	$\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$	00 009 0327
Мелилит	$\text{Ca}_8\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Si}_7\text{O}_{28}$	00 004 0682
Глаукохроит	$\text{CaMnSiO}_4$	01 083 1745
Периклас	$\text{MgO}$	00 002 1207
Калцит	$\text{CaCO}_3$	00 003 0569



Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

### Примерок Р3

На сл.3. е даден дифрактограмот на примерок Р3. Добиените d-вредности и I-интензитети се споредени со податоците од JCPDS картичките.



Слика 3. Ренгенски дифрактограм на примерок Р3

Во примерок Р3 е одредено присуство на следниве минерали:

Минерал	Хемиска формула	Број на JCPDS картица
Магнетит	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	00 019 0629
Вустит	$\text{FeO}$	00 006 0615
Пирит	$\text{FeS}_2$	00 003 0822
Фајалит	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$	00 012 0220
Улвоспинел	$\text{TiFe}_2\text{O}_4$	00 025 0417
Сребродолскит	$\text{CaFeO}_4$	00 003 0804
Манганхромит	$(\text{Mn,Fe})(\text{Cr,V})_2\text{O}_4$	00 054 0876
Мауенит	$(\text{CaO})_{12}(\text{Al}_2\text{O}_3)_7$	01 070 2144
Гехленит	$\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$	00 001 0982
Ларнит	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$	00 024 0037
Ранкинит	$\text{Ca}_3\text{Si}_2\text{O}_7$	00 009 0327
Мелилит	$\text{Ca}_8\text{Al}_2\text{Mg}_3\text{Si}_7\text{O}_{28}$	00 004 0682
Глаукохроит	$\text{CaMnSiO}_4$	01 083 1745
Периклас	$\text{MgO}$	00 002 1207
Калцит	$\text{CaCO}_3$	00 003 0569
Вар	$\text{CaO}$	00 037 1497



Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

### Резултати од хемиски испитувања

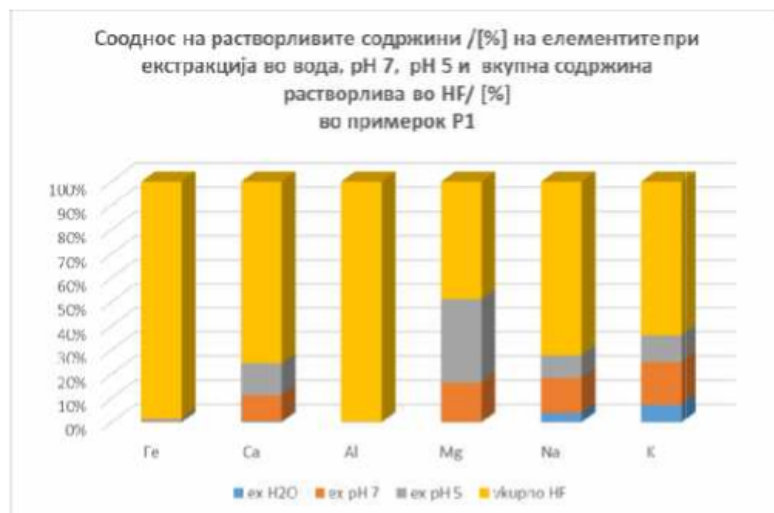
Освен вкупната содржина на елементите, одредена со растварање со HF, е одредена и содржината на елементите при екстракција во вода, екстракција при pH 7, екстракција при pH 5 (кои се сметат за лесно достапни и најмобилни форми на елементите). Останатите две фракции редуccionата и резидуалната(силикати) не учествуваат во мобилноста на елементите во животната средина бидејќи за екстракција на елементите од овие две фракции се неопходни построги услови (растварање со  $\text{NH}_2\text{OH}\cdot\text{HCl}$  при  $\text{pH}=2$ , и растварање со  $\text{HClO}_4+\text{HF}$ ) од оние кои владеат во животната средина.

Од добиените примероци, P1, P2, P2, направени се хемиски анализи за одредување на вкупната содржина и содржината во 3 екстракциони фракции со ICP MS, Agilent, а добиените резултати за вкупните содржини и екстрахираните форми се представени во табеларно и графички.

Хемискиот состав на **примерок P1** е даден во табела 1,2,3,4,5 и 6

Табела 1. Содржина на Fe, Ca, Al, Mg, Na и K изразени во %

	Fe	Ca	Al	Mg	Na	K
Екстракција во $\text{H}_2\text{O}$	0.0013	0.086	<0.0001	0.003	0.009	0.0059
Екстракција при pH 7	0.0357	2.6	0.0001	0.926	0.032	0.0143
Екстракција при pH 5	0.2435	3.1	0.006	1.921	0.021	0.009
Вкупно со HF	16.6	17.7	2.1	2.7	0.2	0.1

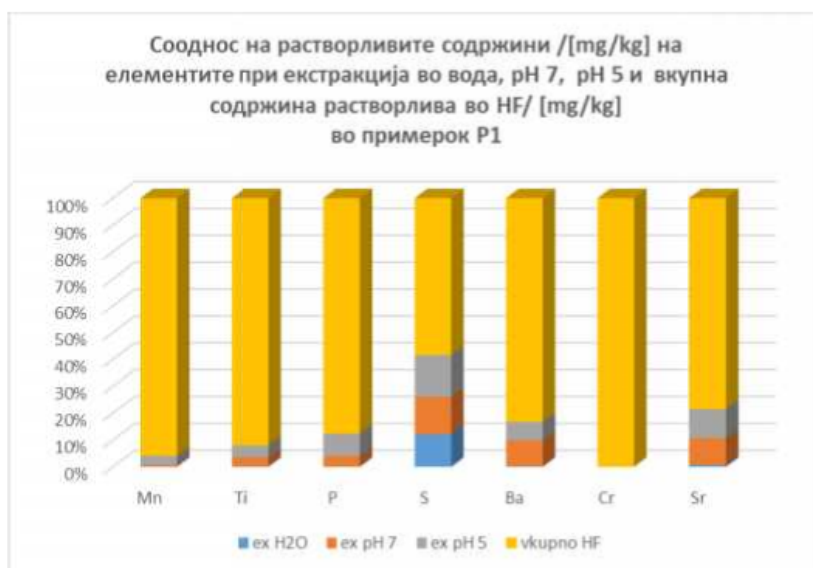


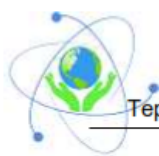


Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 2. Содржина на Mn, Ti, P, S, Ba, Cr, Sr, Rb изразена во mg/kg

	Mn	Ti	P	S	Ba	Cr	Sr	Rb
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.013	2.2208	1.1405	171.0189	6.899	0.046	1.7	0.144
Екстракција при pH 7	101	65.9884	69.3692	196.1811	287.316	0.153	22.5	0.633
Екстракција при pH 5	507	79.596	145.001	219.085	204.906	1.3	24.3	0.34
Вкупно со HF	14195.9	1705.8	1528.7	824.4	2484.0	2474.0	177.4	2.1
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List					200	100		

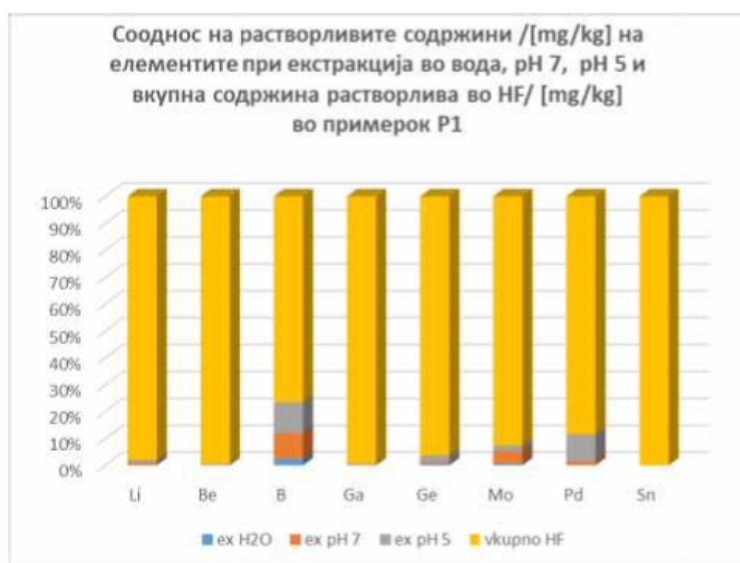




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 3. Содржина на Li, Be, B, Ga, Ge, Mo, Pd и Sn изразена во mg/kg

	Li	Be	B	Ga	Ge	Mo	Pd	Sn
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.045	<0.001	1.3	<0.001	0.003	0.2	0.031	0.020
Екстракција при pH 7	0.206	<0.001	5.1	0.001	0.003	1.1	0.210	0.010
Екстракција при pH 5	0.275	0.0046	6.1	0.1	0.0	0.5	1.510	0.057
Вкупно со HF	23.8	0.7	40.6	9.2	0.5	21.7	13.3	42.8
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List						10		





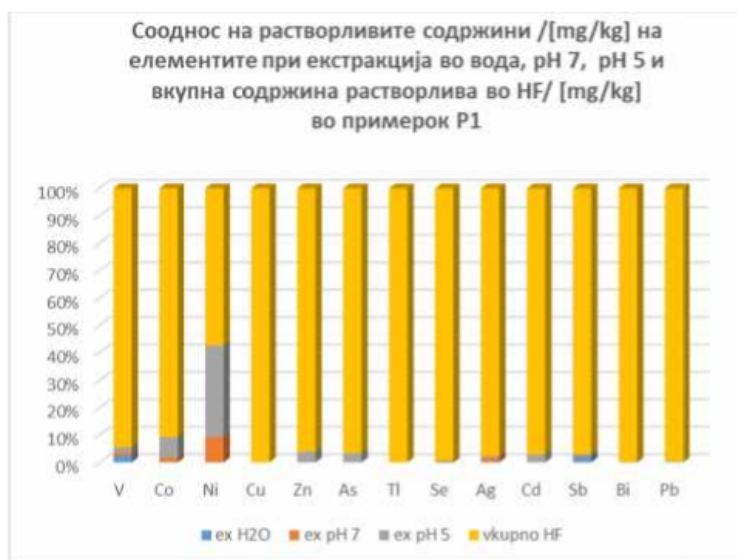
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 4. Содржина на V, Co, Ni, Cu, Zn, As и Tl изразена во mg/kg

	V	Co	Ni	Cu	Zn	As	Tl
Екстракција во H <sub>2</sub> O	5.7	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 7	2.7	0.082	5.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 5	4.2	0.388	18.9	<0.001	22.3	0.3	<0.001
Вкупно со HF	218.0	4.6	32.4	157.1	551.6	7.3	0.3
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List		20	35	36	140	29	

Табела 5. Содржина на Se, Ag, Cd, Sb, Bi и Pb изразена во mg/kg

	Se	Ag	Cd	Sb	Bi	Pb
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.012	0.003	<0.01	0.098	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 7	0.093	0.030	<0.01	0.019	0.001	<0.001
Екстракција при pH 5	0.06	0.013	0.126	0.021	0.029	0.864
Вкупно со HF	23.2	1.9	4.1	4.4	25.4	300.9
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List			0.8			85



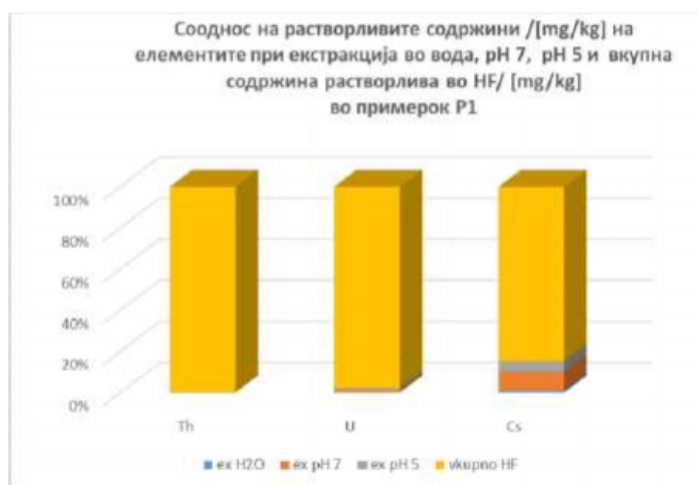




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 6. Содржина на Th, U и Cs изразена во mg/kg

	Th	U	Cs
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.003	0.003	0.001
Екстракција при pH 7	0.001	0.024	0.011
Екстракција при pH 5	0.003	0.037	0.006
Вкупно со HF	2.7	2.5	0.099



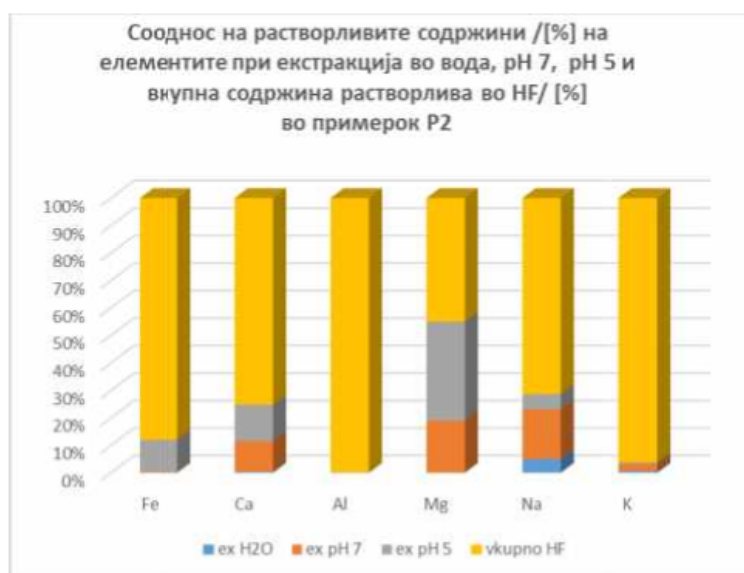


Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Хемискиот состав на **примерок Р2** е даден во табела 7,8,9,10,11 и12

Табела 7. Содржина на Fe, Ca, Al, Mg, Na и K изразена во %

	Fe	Ca	Al	Mg	Na	K
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.0014	0.082	<0.0001	0.004	0.008	0.0032
Екстракција при pH 7	0.0431	2.4	0.0001	0.928	0.028	0.0133
Екстракција при pH 5	1.6771	2.9	0.004	1.770	0.009	0.0024
Вкупно со HF	12.6	16.5	1.8	2.2	0.1	0.5



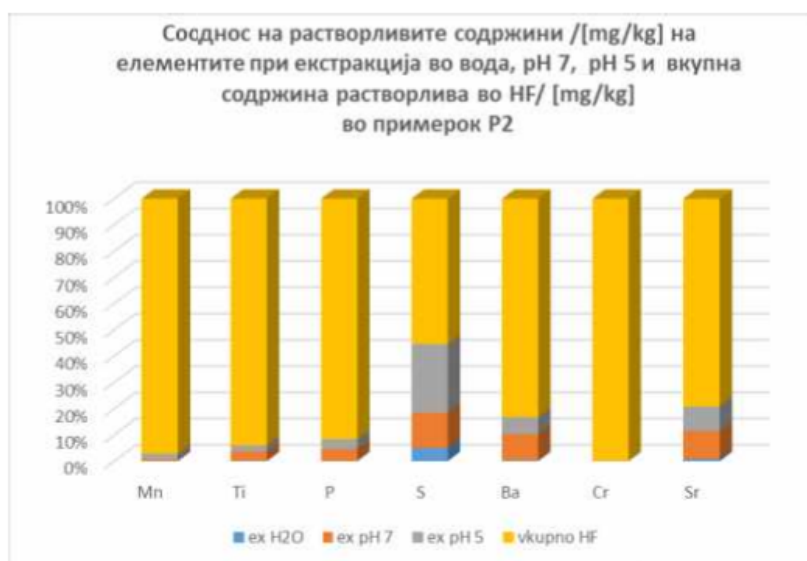




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 8. Содржина на Mn, Ti, P, S, Ba, Cr, Sr, Rb изразена во mg/kg

	Mn	Ti	P	S	Ba	Cr	Sr	Rb
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.451	2.1468	1.1174	66.0516	8.969	0.059	1.8	0.064
Екстракција при pH 7	96	61.7529	68.8124	175.5737	282.504	0.116	21.4	0.617
Екстракција при pH 5	346	38.860	55.2158	339.3000	180.390	2.6	18.5	1.5
Вкупно со HF	15046.7	1590.0	1357.9	720.7	2339.9	2312.9	158.2	0.7
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List					200	100		

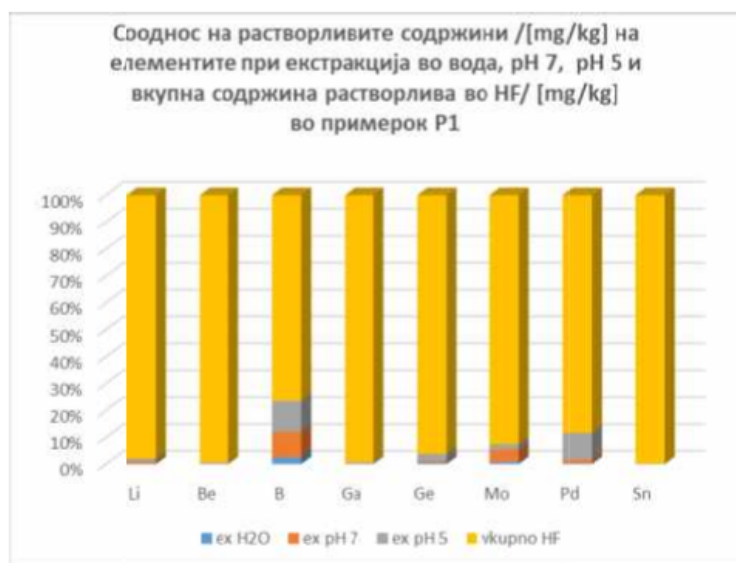




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 9. Содржина на Li, Be, B, Ga, Ge, Mo, Pd и Sn изразена во mg/kg

	Li	Be	B	Ga	Ge	Mo	Pd	Sn
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.032	<0.001	1.4	<0.001	0.001	0.2	0.034	0.018
Екстракција при pH 7	0.162	<0.001	4.2	0.002	0.004	1.1	0.068	0.004
Екстракција при pH 5	0.231	0.0033	1.3	1.6	1.5	1.9	1.578	1.554
Вкупно со HF	15.1	0.6	21.3	7.7	0.3	17.0	12.2	35.9
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List						10		





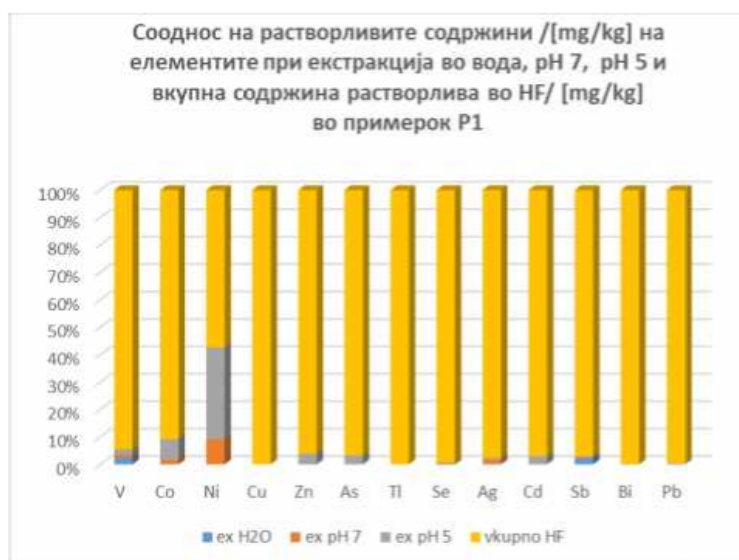
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

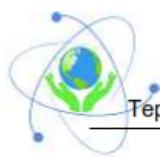
Табела 10. Содржина на V, Co, Ni, Cu, Zn, As и Tl изразена во mg/kg

	V	Co	Ni	Cu	Zn	As	Tl
Екстракција во H <sub>2</sub> O	5.7	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 7	2.7	0.082	5.2	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 5	4.2	0.388	18.9	<0.001	22.3	0.3	<0.001
Вкупно со HF	218.0	4.6	32.4	157.1	551.6	7.3	0.3
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List		20	35	36	140	29	

Табела 11. Содржина на Se, Ag, Cd, Sb, Bi и Pb изразена во mg/kg

	Se	Ag	Cd	Sb	Bi	Pb
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.012	0.003	<0.001	0.098	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 7	0.093	0.030	<0.001	0.019	0.001	<0.001
Екстракција при pH 5	0.06	0.013	0.126	0.021	0.029	0.864
Вкупно со HF	23.2	1.9	4.1	4.4	5.4	300.9
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List			0.8			85

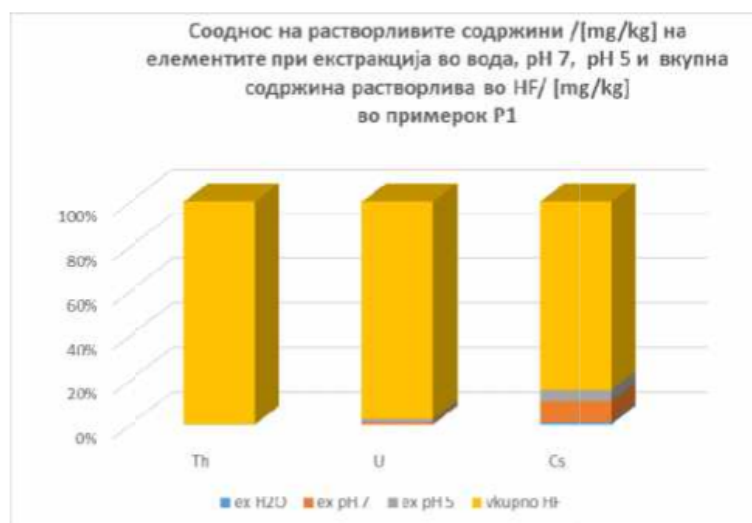




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 12. Содржина на Th, U и Cs изразена во mg/kg

	Th	U	Cs
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.003	0.003	0.001
Екстракција при pH 7	0.001	0.024	0.011
Екстракција при pH 5	0.003	0.037	0.006
Вкупно со HF	2.7	2.5	0.099



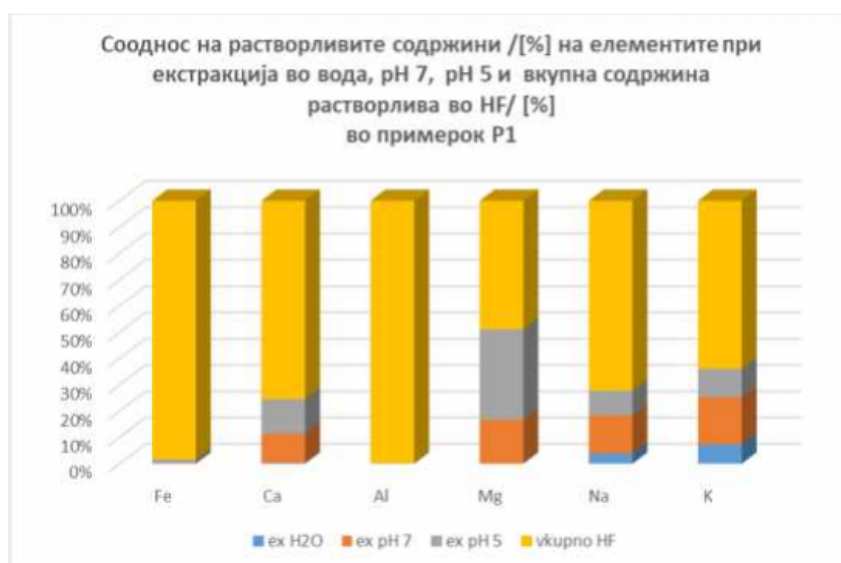


Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Хемискиот состав на **примерок Р3** е даден во табела 13,14,15,16,17 и18

Табела 13. Содржина на Fe, Ca, Al, Mg, Na и K изразена во %

	Fe	Ca	Al	Mg	Na	K
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.0008	0.072	<0.0001	0.003	0.013	0.0039
Екстракција при pH 7	0.0531	2.3	<0.0001	0.927	0.018	0.0048
Екстракција при pH 5	2.2779	2.7	0.001	1.880	0.003	0.0015
Вкупно со HF	12.0	18.4	2.2	2.2	0.1	2.1

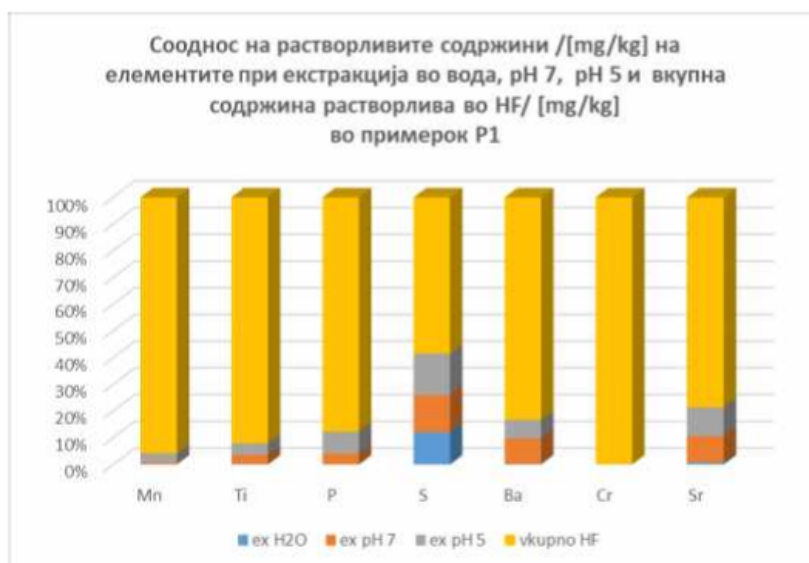




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 14. Содржина на Mn, Ti, P, S, Ba, Cr, Sr, Rb изразена во mg/kg

	Mn	Ti	P	S	Ba	Cr	Sr	Rb
Екстракција во H <sub>2</sub> O	<0.001	1.8588	1.2339	185.1678	4.813	0.016	1.1	0.075
Екстракција при pH 7	140	58.4305	34.3925	29.7795	283.220	0.202	26.2	0.154
Екстракција при pH 5	87	15.487	25.8505	82.4000	53.130	2.3	7.0	2.3
Вкупно со HF	11140.2	1748.8	2693.9	734.2	2114.0	1627.1	137.0	1.7
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List					200	100		

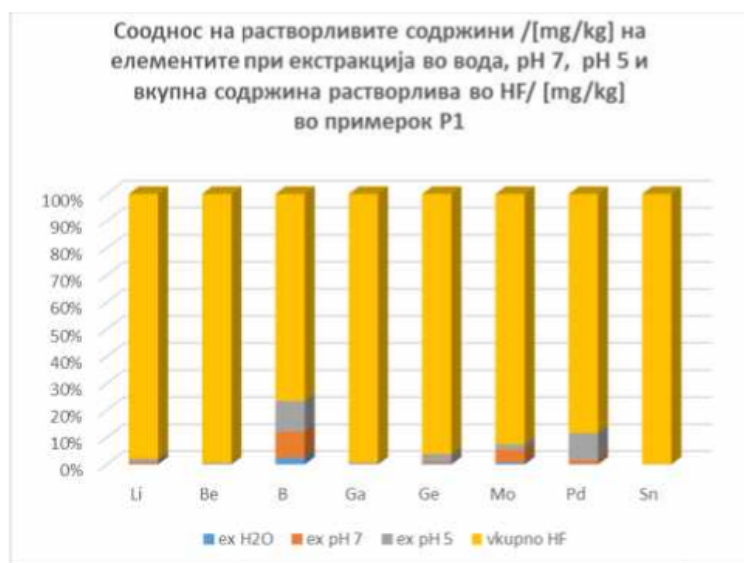




Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 15. Содржина на Li, Be, B, Ga, Ge, Mo, Pd и Sn изразена во mg/kg

	Li	Be	B	Ga	Ge	Mo	Pd	Sn
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.029	<0.001	1.3	<0.001	0.004	0.7	0.083	0.015
Екстракција при pH 7	0.073	<0.001	1.6	0.005	0.002	0.9	0.410	0.004
Екстракција при pH 5	0.120	<0.001	0.4	2.2	2.2	2.3	2.205	2.208
Вкупно со HF	12.8	0.8	21.2	8.1	0.3	15.7	9.8	38.0
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List						10		





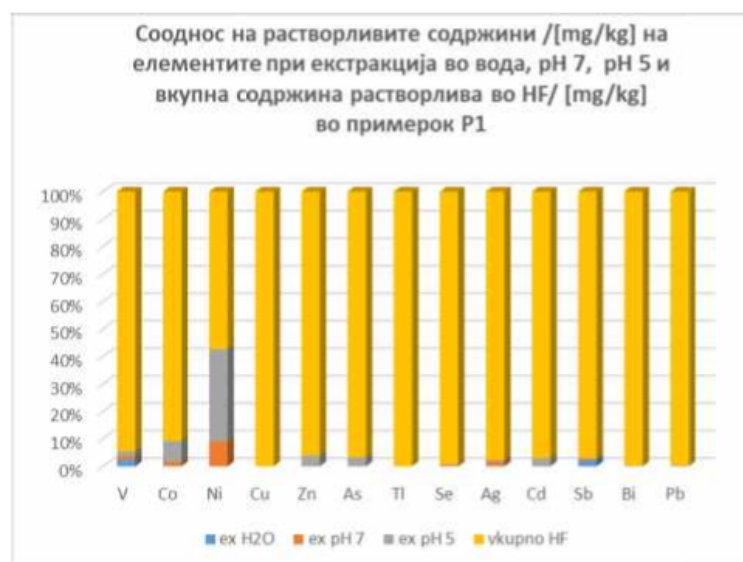
Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 16. Содржина на V, Co, Ni, Cu, Zn, As и Tl изразена во mg/kg

	V	Co	Ni	Cu	Zn	As	Tl
Екстракција во H <sub>2</sub> O	9.1	<0.001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000
Екстракција при pH 7	1.3	0.116	6.9	0.0	0.0	0.0	0.000
Екстракција при pH 5	3.0	2.34	12.6	2.2	7.3	2.2	0.394
Вкупно со HF	252.4	2.3	28.4	113.8	316.7	7.3	2.1
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List			35	36	140		

Табела 17. Содржина на Se, Ag, Cd, Sb, Bi и Pb изразена во mg/kg

	Se	Ag	Cd	Sb	Bi	Pb
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.013	0.049	<0.001	0.017	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 7	0.036	0.003	0.013	0.003	<0.001	<0.001
Екстракција при pH 5	2.2	2.208	2.208	2.204	2.206	2.703
Вкупно со HF	25.3	8.4	2.1	2.3	10.7	42.6
Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List			0.8			85



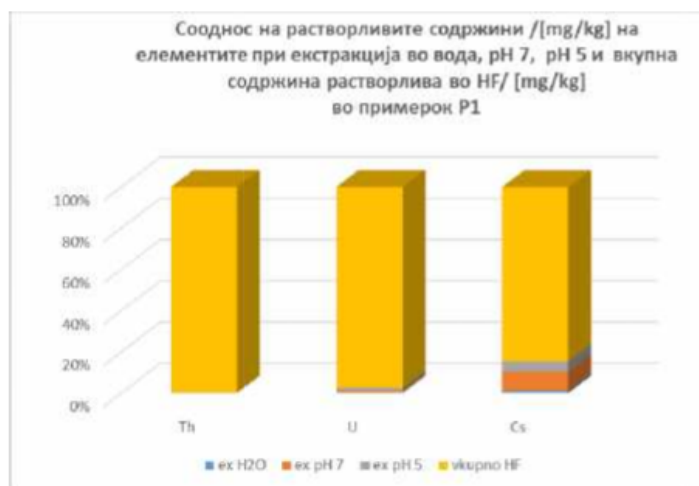


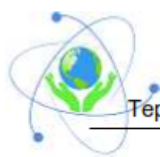


Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

Табела 18. Содржина на Th, U и Cs изразена во mg/kg

	Th	U	Cs
Екстракција во H <sub>2</sub> O	0.002	0.002	<0.001
Екстракција при pH 7	0.002	0.017	0.001
Екстракција при pH 5	0.002	0.010	0.077
Вкупно со HF	2.6	2.3	2.2





Универзитет „Гоце Делчев“ – Штип  
Факултет за природни и технички науки  
Теренска лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија

## ЗАКЛУЧОК

Ова истражување воглавно беше насочено кон идентификација на доставените примероци и проценка на нивното однесување при изложеност на атмосферски влијанија. преку определување на вкупните содржини на таргетираните елементи-тешки и токсични метали и нивните форми кои би се екстрахирале при изложеност на атмосферски влијанија, како чекор кон разбирање на однесувањето на згурата во животната средина и потенцијалната опасност по истата.

Интересот за згура постојано се зголемува, бидејќи во целиот свет се произведуваат големи количини, од редот на стотици милиони тони годишно. Истражувањата на згура главно се фокусираат на потенцијални еколошки проблеми поврзани со атмосферските депонии или на нејзината корисност како градежен материјал или репроцесирање за секундарно обновување на метали.

Врз основа на добиените резултати од извршените минералоски и хемиски испитувања е утврдено дека испитуваните примероци се згура.

Главна аморфна компонента на згурата е стаклото, додека кристалните компоненти се присутни во најголем дел како Fe, Ca и Mg оксиди (магнетит, вустит, илменит, мауенит, сребродолскиот, улвоспинел, манганхромит, периклас), силикати (фајалит, гехленит, ранкинит, глаукохроит, ларнит), сулфиди (пирит) и карбонати (калцит).

Вкупните содржини на тешки метали во сите три примерока не ги надминуваат максимално дозволените количества (Dutch Target and Intervention Values, 2000, Dutch List), а последователно ни содржините во естрахираните фракции. така што нивниот ефект врз подземните води, почвата и растенијата е занемарлив и не би требало да предизвика било какви потенцијални технолошки, еколошки или здравствени проблеми.

Од страна на Градежен институт- Македонија е извршено испитување на истите три примероци и е утврдено дека е имат добри физичко механички карактеристики и можат да се користат како материјал за изработка на насип, постелка и подобрена постелка.

Освен во градежништво згурата може да се користи и за третман на отпадни вода, во земјоделство и цементна индустрија, но за таа цел е потребно да се направат детални испитувања во кои ќе бидат вклучени поголем број на анализи. Резултатите добиени врз основа на поголем број анализи ќе придонесат како за точно одредување на минералоско хемиските карактеристики на згурата така и за утврдување на можноста за нејзина употреба за различни цели.

*Горе наведените резултати се однесуваат само на примероците кои беа донесени за анализа. Не се превзема никаква одговорност во однос на начинот на земањето на примероците.*

**Забелешка:** Деловите означени со (\*) не се дел од опсегот на акредитација на лабораторијата.