



# ПРОЕКТ SMARTEnvi

**Интелигентни инструменти за вземане на решения за  
намаляване на опасностите за нашата околна среда и водните  
ресурси чрез рехабилитация на нерегламентирани сметища**

## 01

**Инструмент за взимане на решения за  
рехабилитиране на открити сметища**

### Ръководство



**Silesian University  
of Technology**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



*Този проект е финансиран от програма Еразъм+ на Европейския съюз. Въпреки това, Европейската комисия и Турската национална агенция не могат да бъдат държани отговорни за каквото и да е използване на информацията, съдържаща се в него.*

2020-1-TR01-KA226-VET-098150

Водещ партньор:

Технологичен Университет на Силезия, Гливице, Полша

Партньори:

Технически Университет на Гебзе, Коджаели, Турция

Университет на Памуккале, Денизли, Турция

Университет за петрол и газ на Плоещ, Плоещ, Румъния

Обучение 2000 ООД, Мондавио, Италия

Община Денизли, Денизли, Турция

Община Фано, Фано, Италия

Софийски Университет Св. Кл. Охридски”, София, България

ЦИРД Биоинтех ООД, София, България

Интегрирането на Частта от инструмента, посветена на биогаза е разработено от: Силезийски технологичен университет

Частта за стабилност е разработена от: Технически университетна Гебзе,

Частта за инфилтрат е разработена от: Университета на Памуккале





Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

## СЪДЪРЖАНИЕ

Въведение .....	4
Процес на оценяване .....	6
Емисии на сметищен газ .....	7
Емисии на инфилтрат .....	10
Заплахи, свързани със стабилността .....	12
Описание на входните и изходните данни .....	15
Раздел, описващ депото за отпадъци.....	15
Описание на процеса на рехабилитация.....	17
Резултати - обобщение .....	19
Резултати – Сметищен газ.....	20
Резултати - Инфилтрат.....	22
Резултати - Стабилност.....	23

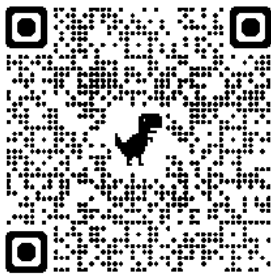


## Въведение

Инструментът за вземане на интелигентни решения позволява да се направи оценка на въздействието на открити сметища върху околната среда. Той може да помогне при оценката на потенциалните ползи, които произлизат от рехабилитацията на откритите сметища. Оценката включва целия жизнен цикъл, от началото на съществуване на сметището до края. Използването на инструмента позволява да се преценят екологичните последици от извършване или неизвършване на рекултивация на открито сметище. Следователно това е инструмент, който може да предостави ценна информация и аргументи за или против рехабилитацията на лицата, вземащи решения.

Инструментът е достъпен онлайн посредством настолни компютри и мобилни устройства. Използването му е отворено за широката общественост и не е ограничено до което и да е местоположение на група потребители.

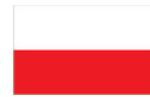
Инструментът е разработен на 6 различни езика: английски, турски, полски, италиански, румънски и български. Той е достъпен чрез уебсайта на проекта: <https://smart-envi.gtu.edu.tr/>.



English version



Turkish version



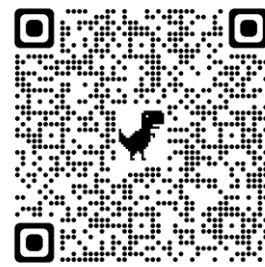
Polish version



Italian version



Romanian version



Bulgarian version

Инструментът е онлайн и е проектиран да бъде удобен за потребителя. Изчисленията се извършват в реално време, веднага след въвеждане на всяка информация. Системата извършва сложни математически операции и огромен брой изчисления. Поради това може да има леки забавяния в работата на системата.

Рехабилитацията на откритите сметища е критичен процес за опазване на околната среда и общественото здраве. Откритите сметища могат да доведат до изпускане на вредни химикали и замърсители в почвата и подземните води, да допринесат за замърсяването на въздуха и емисии на парникови газове и да създадат нехигиенични условия, които могат да увеличат риска от предаване на болести. Поради това, от съществено значение е да се оценят усилията за рехабилитация на открити сметища, за да се гарантира, че те са ефективни за смекчаване на тези рискове и че ресурсите, предназначени за рехабилитация, се използват ефективно.

Използването на онлайн система за оценка на рехабилитацията на открити сметища може да помогне за насърчаване на прозрачност, отчетност и ефективност в тези критични усилия за околната среда и общественото здраве.

Важно е да се отбележи, че **онлайн инструментът за оценка на рехабилитацията на открити сметища е създаден предимно за образователни цели**. Инструментът предоставя информация на потребителите за значението на рехабилитацията на откритите сметища. Това би могло, също така, да предостави на потребителите по-добро разбиране на рисковете за околната среда и общественото здраве, свързани с откритите сметища, както и потенциалните ползи от правилното им възстановяване.

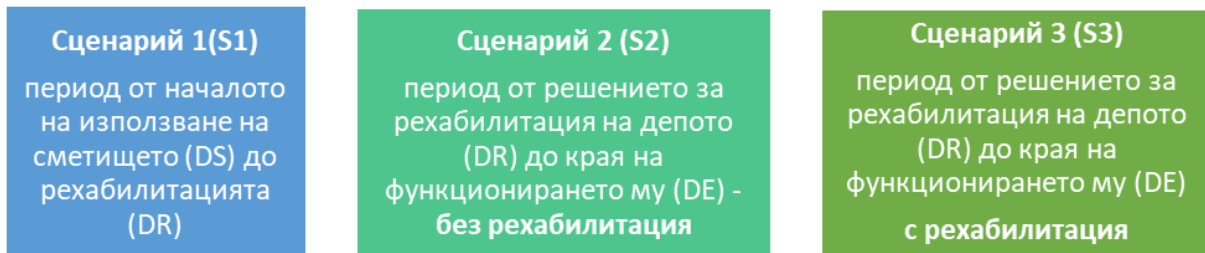
Чрез използването на инструмента, заинтересованите страни като представители на общини, политици и екологични организации биха могли да придобият по-задълбочено разбиране на процеса на рехабилитация, което би могло да помогне в подкрепата на усилията за рехабилитация и да насърчи по-устойчиви практики за управление на отпадъците.

Инструментът може да осигури значителни ползи при оценката на рехабилитацията на открити сметища, но включва някои опростявания или допускания, които могат да доведат до не толкова точни резултати. Следователно е важно да се подхожда предпазливо към резултатите от системата и да се използват като един от няколко варианта в процеса на вземане на решения. Резултатите от инструмента не трябва да служат като единствена основа за вземане на решения. Необходим е цялостен и подробен анализ, за да се гарантира, че действията по рехабилитацията са успешни за опазване на околната среда.

## Процес на оценяване

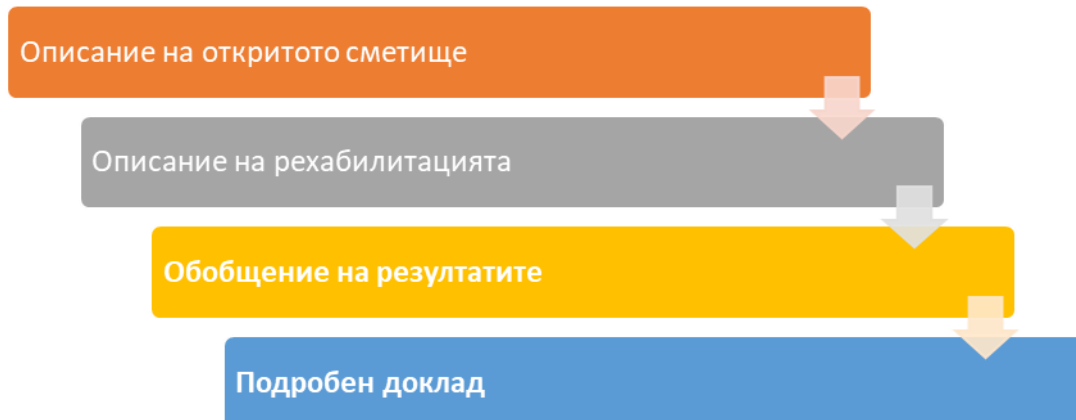
Инструментът оценява три периода от жизнения цикъл на едно депо. Първият период е от началото на съществуването на депото (DS), т.е. времето, когато е приета първата порция отпадък, до момента, в който се обмисля да се вземе решение за неговото оползотворяване (DR). Анализът на този период се разглежда като сценарий 1.

Вторият период е от момента на вземане на решение за рехабилитация до края на дейността на депото (DE). През този период от време се анализират два алтернативни сценария. Сценарий 2 е ситуация, при която рехабилитацията не е осъществена, а сценарий 3 е ситуация, при която рехабилитацията е осъществена.



Фиг. 1. Сценарии за анализ на депата за отпадъци

Процесът на анализ протича в няколко стъпки (Фиг. 2). В началото потребителят определя основните параметри на депото. След това се определят елементите, които ще бъдат изпълнени като част от рехабилитацията. След въвеждане на съответните данни, системата изчислява индикатори, които ще бъдат полезни за лицата, вземащи решения и които подчертават най-важните аспекти на въздействието на депото върху околната среда.



Фиг. 2. Стъпки при анализа

Разглеждат се 3 основни вида въздействия. Те са свързани с:

- Емисии на сметищен газ
- Емисии на инфилтрат
- Стабилност

Трите основни вида въздействия се считат за най-важни, тъй като имат значителни последици за околната среда.

**Емисии на газове:** Газовите емисии от откритите сметища са едно от най-значимите въздействия върху околната среда. Депата генерират газове като метан, въглероден диоксид и летливи органични съединения, които могат да допринесат за замърсяването на въздуха и повишаване на емисиите от парникови газове. По-специално метанът е мощен парников газ, който има значително въздействие върху изменението на климата. Правилно проектираните и поддържани системи за управление на сметищен газ могат да помогнат за смекчаване на тези емисии и тяхното въздействие върху околната среда и общественото здраве.

**Емисии от инфилтрат:** инфилтратът е течност, която се образува, когато водата се просмуква през отпадъците в депото, като поема контаминанти и замърсители по пътя си. Инфилтратът може да замърси подпочвените и повърхностните води, което води до влошаване на условията в околната среда, свързано с рискове за общественото здраве. Правилно проектираните и поддържани системи за управление на инфилтрата могат да помогнат за намаляване на въздействието на емисиите на инфилтрат върху околната среда и общественото здраве.

**Стабилност:** Стабилността на открито сметище се отнася до способността му да остане структурно здраво и да не се срутва или да претърпява значително утаяване. Стабилността е важна, тъй като срутванията и сляганията могат да доведат до ерозия на почвата, щети върху близката инфраструктура и потенциални вреди за работниците и обществеността. Правилно проектираните и поддържани инженерни мерки на депото могат да помогнат за гарантиране на стабилността на сметището и да намалят тези рискове.

Мотивация за включване на тези три фактора при разработване на инструмента беше фактът, че чрез смекчаване на тези въздействия посредством подходяща рехабилитация, рисковете за околната среда и общественото здраве могат да бъдат сведени до минимум и могат да бъдат насърчавани практики за устойчиво управление на отпадъците.

**Стабилност:** Стабилността на дадено открито сметище се отнася до способността му да остане структурно здраво и да не се срутва или да претърпява значително утаяване. Стабилността е важна, тъй като срутванията и слягането могат да доведат до ерозия на почвата, щети на близката инфраструктура и потенциални щети за работниците и обществеността. Правилно проектираните и поддържани инженерни мерки на депото могат да помогнат за гарантиране на стабилността на сметището и да намалят тези рискове.

## Емисии на сметищен газ

Биогазът е естествен газ, който се получава при разграждането на органични материали от микроорганизми в анаеробни условия. Депата за отпадъци са едни от основните източници за генериране на биогаз, тъй като съдържат големи количества органични отпадъци, които се разлагат с времето.

Процесът на генериране на биогаз в депата започва с депонирането на органични отпадъчни материали в депото. Докато отпадъците се разлагат, те генерират смес от газове, включително метан ( $\text{CH}_4$ ), въглероден диоксид ( $\text{CO}_2$ ) и други следи от газове. Тази газова смес е известна като сметищен газ (LFG).

Рехабилитацията на депо за отпадъци се отнася до процеса на възстановяване на старо или изоставено депо за отпадъци до функционално и безопасно състояние. В контекста на



оползотворяването на сметищния газ, този процес включва извличането и оползотворяването на сметищния газ (LFG) като възобновяем енергиен източник, като същевременно се обръща внимание на опасенията за околната среда, свързани с депата.

Рехабилитацията на едно открито сметище обикновено включва няколко стъпки, включително отстраняване на всички останали отпадъчни материали, инсталиране на система за събиране на газ и прилагане на мерки за предотвратяване на по-нататъшно замърсяване на околната среда. Системата за събиране на газ е критичен компонент от оползотворяването на сметищния газ, тъй като позволява улавянето и обработката на сметищен газ, който след това може да се използва за генериране на електричество или топлина.

Отпадъчният газ може да бъде извлечен от депото с помощта на система от тръби и помпи. След това извлеченият газ може да се третира и използва като източник на енергия. Метанът е най-ценният компонент на LFG, тъй като може да се използва като гориво за производство на електроенергия, отопление или като транспортно гориво.

След като газът бъде извлечен, той може да бъде обработен за отстраняване на примеси като влага, сероводород и други замърсители. След това пречистеният газ може да се използва за генериране на електричество или като гориво за други приложения.

**Основният компонент на сметищния газ е  $\text{CH}_4$  (метан), който е мощен парников газ.**  $\text{CH}_4$  е по-ефективен при улавяне на топлина в атмосферата от  $\text{CO}_2$ , с потенциал за глобално затопляне, който се оценява на 28 пъти по-висок от  $\text{CO}_2$  за 100-годишен времеви период.

**$\text{CO}_2$  (въглероден диоксид) е компонент на сметищния газ (LFG),** който се получава в резултат на разлагането на органични отпадъци в депото. Въпреки че  $\text{CO}_2$  е парников газ, който допринася за изменението на климата,  $\text{CO}_2$ , генериран от разлагането на органични отпадъци, се счита за „климатично неутрален“ поради редица причини.

Първо, въглеродът, съдържащ се в органичните отпадъци, които се разлагат в откритите сметища, първоначално идва от атмосферата чрез процеса на фотосинтеза. Като такъв,  $\text{CO}_2$ , получен при разлагането, се включва обратно в цикъла на въглерода в природата. Това е в контраст с използването на изкопаеми горива, при което въглеродът, съхраняван под земята в продължение на милиони години, се освобождава в атмосферата, което допринася за нетното увеличение на нивата на този газ в атмосферата.

Второ, когато сметищния газ се улови и използва като източник на енергия,  $\text{CO}_2$ , получен по време на горенето, се компенсира от намаляването на емисиите на  $\text{CO}_2$ , които биха били резултат от използването на изкопаеми горива. С други думи, емисиите на  $\text{CO}_2$  от използването на сметищен газ се компенсират от намаляването на емисиите от други източници на енергия.

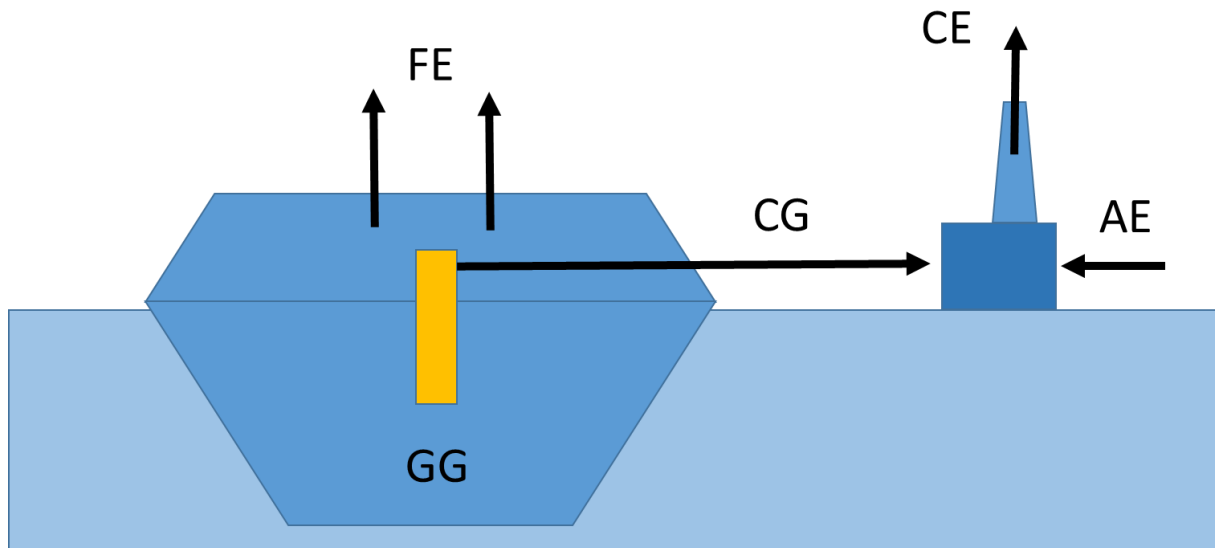
Накрая, когато сметищния газ не се улови и използва, съдържащият се в газа метан ( $\text{CH}_4$ ) може да достигне до атмосферата в качеството на много по-мощен парников газ от  $\text{CO}_2$ . Чрез улавяне и използване на LFG, емисиите на метан от сметищата могат да бъдат значително намалени, осигурявайки нетна полза по отношение на емисиите на парникови газове.

В обобщение, докато  $\text{CO}_2$ , генериран от разлагането на органични отпадъци в сметищата, допринася за изменението на климата, той се счита за „климатично неутрален“, когато сметищния газ се улови и използва като източник на възобновяема енергия. Това се дължи на факта, че въглеродът в отпадъците вече е част от въглеродния цикъл, компенсирането на емисиите от изкопаемите горива и намаляването на емисиите на метан от сметищата.

В инструмента всички емисии на  $\text{CO}_2$  – т.е. свободните емисии на сметищен газ, както и емисиите от пречиствателната станция за сметищен газ – се приемат като климатично неутрални. Емисиите на  $\text{CH}_4$  се разглеждат като заплаха за изменението на климата. По практически причини  $\text{CH}_4$  се преизчислява в еквиваленти  $\text{CO}_2$ , с цел да се прецени реалното въздействие на различните емисии върху околната среда.

Генерирането на биогаз в сметищата може да има значителни екологични и икономически ползи. Чрез извличане и използване на сметищен газ, депата могат да намалят своите емисии на парникови газове и да допринесат за производството на възобновяема енергия. Освен това използването на биогаз като източник на гориво, може да намали зависимостта от изкопаемите горива и да осигури устойчив източник на енергия.

Фигура 3 представя илюстрации на емисиите от сметищата, които се вземат предвид в инструмента.



Фиг. 3. Емисии, оценявани в инструмента.

В инструмента се оценяват следните параметри на газове:

- **Генериране на сметищен газ (GG)** – изчисление на база масата, фракционния състав и средата (влажна, суха, средна).
- **Свободна емисия (FE)** – емисия на сметищен газ, който не се събира от газосъбирателна система (ефективност по-ниска от 100%)
- **Събран сметищен газ (CG)** – част от генерирания сметищен газ, който се събира от системата за събиране на сметищен газ и се насочва към инсталация за оползотворяване.
- **Избегнати емисии (AE)** – емисии, които няма да се осъществят поради подмяна на енергийни източници (този параметър се влияе от местоположението на инсталацията и параметрите на местната енергийна мрежа);
- **Горивни емисии (CE)** – емисии от инсталация за оползотворяване на сметищен газ (горене или възстановяване на енергия). В инсталацията протича процес на горене и  $\text{CH}_4$  се трансформира в  $\text{CO}_2$ . Този  $\text{CO}_2$  е климатично неутрален, което означава, че CE винаги е 0.



- **Ефективна емисия (ЕЕ)** – крайната емисия на всички парникови газове, трансформирани в еквиваленти CO<sub>2</sub>, включително FE, CE, AE и ефективността на събиране на газ и генериране на енергия. **Това може да се третира като мярка за реалното въздействие на депото върху околната среда в категорията на въздействието върху изменението на климата.**

Ако 1 kWh енергия от мрежата, която отделя X kg CO<sub>2</sub>, се замени с енергия от друг източник, който отделя Y kg CO<sub>2</sub>, тогава можем да кажем, че това действие е причинило промяна във въздействието върху околната среда. Чрез замяната на един енергиен източник с друг, се избягват част от емисиите. Тези избегнати емисии са разликата между емисиите на CO<sub>2</sub>, свързани с използването на двата източника на енергия: AE=X-Y.

**Избегнатите емисии** се отнасят до намаляването на емисиите на парникови газове, което би настъпило, ако не беше предприета определена дейност. В случай на използване на сметищен газ (LFG) за производство на енергия, има няколко начина, по които могат да бъдат постигнати избегнати емисии.

Като се вземат предвид **избегнатите емисии, ефективните емисии на парникови газове (ЕЕ)** следователно могат да бъдат отрицателни, което е свързано с по-малко замърсяване на околната среда съгласно уравнението:

$$EE=FE+CE-AE$$

Използването на сметищен газ (LFG) може да се разглежда като източник на възобновяема енергия, като може да измести използването на изкопаеми горива като въглища, петрол и природен газ, които отделят големи количества CO<sub>2</sub> и други парникови газове, когато се изгарят. Чрез използването на LFG вместо изкопаеми горива се избягват емисиите на CO<sub>2</sub> и други парникови газове, което води до намаляване на общия въглероден отпечатък от генерирането на енергия.

Прогнозата и оценката на емисиите от сметищни газове се прави на базата на модела LandGEM на Агенцията за опазване на околната среда на САЩ.

## Емисии на инфилтрат

Инфилтратът от сметищата се определя като отпадъчна вода, която има високо съдържание на замърсители и токсични вещества. Инфилтратът е изключително вреден за околната среда. Един от най-важните ефекти на инфилтратата от сметищата е, че той се смесва с водни екосистеми като езера и потоци, причинявайки цъфтеж на водорасли и планктон. Количеството кислород във водоема намалява и животът във водната екосистема е застрашен. Поради високата си токсичност, инфилтратът от отпадъците е основна заплаха за подземните и повърхностните води. Съдържанието на инфилтратата от сметищата зависи от състава на отпадъците, климатичните условия и възрастта и степента на разграждане на твърдите отпадъци.

Качествените и количествените характеристики на инфилтратата от сметищата зависят от множество фактори, някои от които са трудни за контролиране, като метеорологични условия, хидрологични характеристики, състав и възраст на отпадъците и др. Всички тези елементи са в

основата на редица критични проблеми в управлението на отпадъците, които доведоха до разработването на различни системни подходи както на европейско, така и на национално ниво.

От количествена гледна точка, получаването на инфилтрат до голяма степен се дължи на външни входящи фактори (инфилтрация на дъждовна вода, както повърхностна, така и подземна) и вътрешни входящи източници, като нивото на съдържание на влага в отпадъците и водните баланси, свързани с биохимичните реакции, протичащи в изхвърлените отпадъци.

По-специално външните входящи данни се отнасят до:

- Метеорологични и хидрогеоложки характеристики на обекта, особено тези свързани с валежите, температурата, слънчевата или ветровата експозиция, инфилтрацията на водни тела, както повърхностни, така и подземни.
- Моделът за управление на депото: наличие на дренаж, първична или вторична облицовъчна система, ежедневно разширяване и покриване на резервоара за отпадъци, възможна рецикулация на инфилтратата.
- Характеристики на отпадъците: състав на отпадъците, ниво на съдържание на влага, възможни предварителни обработки, размер, ниво на компактност.

Съставът и силата на инфилтратата варира значително от депо до депо, дори в рамките на дадено депо. Трябва да се отбележи, че дори при отсъствие на външни източници (напр. система за затваряне на депото), анаеробното разлагане на отпадъците и производството на инфилтрат от тях продължава дори след края на жизнения цикъл на депото. Това означава, че в депата трябва да се поддържат работещи дренажни и пречиствателни станции, като същевременно да се гарантира, че околната среда не се замърсява, в съответствие с националните закони.

От качествена гледна точка е невъзможно да се опише типичен състав на инфилтратата от сметищата, тъй като той се влияе от различни фактори, които конкретно засягат процеса на биоразграждане на отпадъците, като по този начин допринасят за просмукването на различни замърсители.

Основните фактори, влияещи върху скоростта на биоразграждането са:

- Ниво на влажност на депонираните отпадъци
- Количество и естество на органичните компоненти (особено ако са утайки от отпадъчни води, неспецифичен компост)
- Нива на метали и/или токсични вещества от батерии, лекарства, разтворители и др.
- Нива на разделно събиране на отпадъците, което може да се отрази на вида на изхвърлените отпадъци.

Предварителните обработки на отпадъците и доставянето им в депото са други два важни фактора, които влияят върху водопоглъщащата способност на отпадъчната маса, което води до миграцията на замърсителите в инфилтратата.

Консолидирани проучвания показват, че концентрацията на замърсител в инфилтратата е висока през първата година на експлоатация на депото, като прогресивно намалява през годините. Тази тенденция засяга параметрите химично потребление на кислород (ХПК),



биологично потребление на кислород (БПК) и нивото на основните неорганични соли (тежки метали, сулфати и др.)

Отстраняването на органичен материал на базата на ХПК, БПК и амоний от инфилтратата е обичайна практика преди изхвърлянето на инфилтратата в естествени водоеми.

От микробиологична гледна точка, пролиферацията на гъби и бактерии се инхибира от условията на околната среда (високи температури и рН) по време на процеса на биоразграждане.

В инструмента се оценяват следните параметри на инфилтратата:

- **Генериране на инфилтрат** е общата отпадъчна вода, получена от валежите и водното съдържание на твърдите отпадъци.
- **Количеството инфилтрат след уплътняването** е количеството на отпадъчните води в случай на използване на уплътнител в открито сметище.
- **Съдържанието на вода в твърдите отпадъци** е влагата на твърдите отпадъци според състава.
- **Количеството инфилтрат**, получен от валежите, е дъжд и сняг на повърхността.
- **Рон (Общо)** показва инфилтрация на валежи върху повърхността.
- **Роф (Общо)** показва потока на валежите върху повърхността.
- **Химическото потребление на кислород (ХПК)** се изчислява според състава на отпадъците.
- **ХПК натоварването** се изчислява според концентрацията на ХПК и обема на инфилтратата.

## Заплахи, свързани със стабилността

Нестабилността на склона на депото може да доведе до наранявания на хора, замърсяване на околната среда и щети на имущество. Освен това, когато в депо за отпадъци възникне срутване на склона, газът в отпадъците (ако има такива) може да бъде изпуснат в околната среда, което се отразява неблагоприятно на околната среда. В резултат на това поддържането на безопасното функциониране на сметищата и стабилността на депата е основно задължение за правителствата и професионалистите в областта на околната среда (Торбак et al., 2021). Също така е важно за хората, които живеят на близко разстояние от сметищата.

Стабилността на склона често се измерва по отношение на коефициент на безопасност (FS). Коефициентът на безопасност на наклона е съотношението между степента на сцепване на почвата към напрежението, създадено от плъзгането на наклона към потенциалната повърхност. Обикновено коефициентът на безопасност се определя по формулата:

$$FS = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

В това уравнение  $\tau_f$  е средната степен на сцепване на почвата, а  $\tau_d$  е средното напрежение, създадено от плъзгането на наклона към потенциалната повърхност.

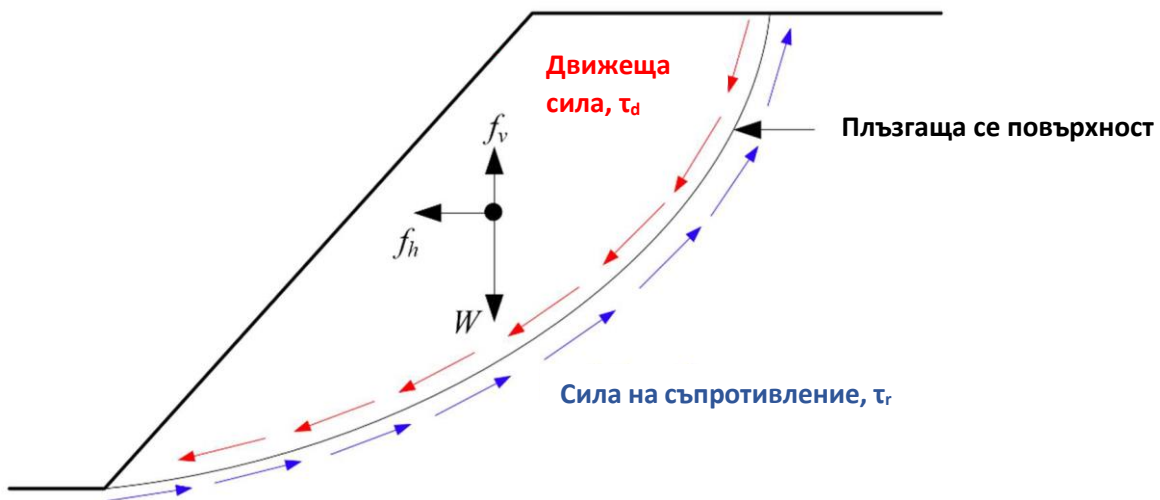
Когато депата се изграждат в земетръсни райони, е необходимо да се обърне внимание на ефекта от земетресението при проектирането и управлението на депото. За земетръсни условия псевдостатичният метод е един от най-използваните методи. Този метод е и един от най-

простите начини за идеализиране на склона, подложен на земетресение. Въпреки че силата на земетресението е динамична, основната причина за нестабилността може да се счита за инерционната сила. Ускорението, причинено от разклащане при земетресение, се разглежда като създаване на инерционни сили в псевдостатичния подход. Земетръсните сили действат както в хоризонтална, така и във вертикална посока. Дефиницията на силите е:

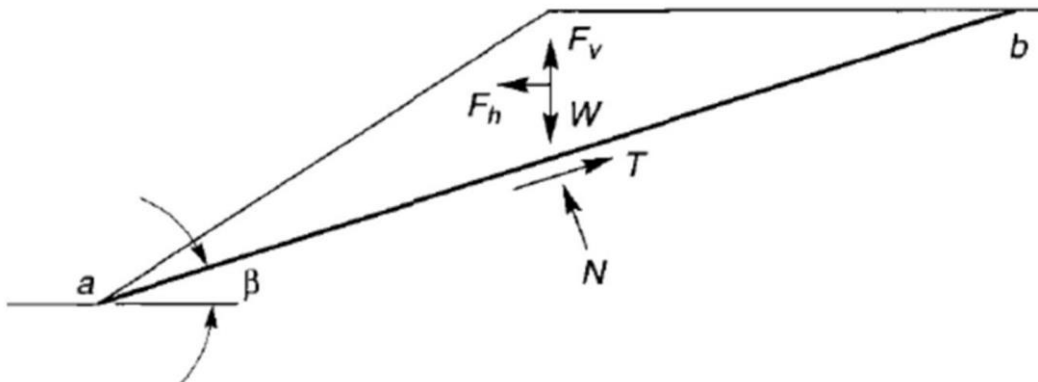
$$f_h = \frac{a_h W}{g} = k_h W$$

$$f_v = \frac{a_v W}{g} = k_v W$$

където  $k_v$  и  $k_h$  са безразмерни вертикални и хоризонтални псевдостатични коефициенти, а  $W$  е масата на разрушения участък. Силите, действащи върху наклон за кръгла повърхност на разрушаване и линейна повърхност на разрушаване, могат да се видят на Фигура 4 и Фигура 5.



Фиг. 4. Сили, действащи върху наклон при псевдостатичен анализ на стабилността на наклона за кръгла повърхност на разрушаване.



Фиг. 5. Сили, действащи върху наклон при псевдостатичен анализ на стабилността на наклона за линейна повърхност на разрушаване.

FS на наклона на Фиг. 5 може да се изчисли със следното уравнение:

$$FS = \frac{\text{съпротивителна сила}}{\text{движеща сила}} = \frac{c l_{ab} + [(W - F_v) \cos \beta - F_h \sin \beta] \tan \varphi}{(W - F_v) \sin \beta + F_h \cos \beta}$$

Както е показано в уравнението, кохезията ( $c$ ), ъгълът на вътрешно триене ( $\varphi$ ), единичното тегло на отпадъците, което влияе върху теглото на плъзгане,  $k_h$  и  $k_v$  сеизмичните коефициенти могат да повлияят на резултатите от формулата при изчисляването на FS на наклона. Нивото на инфилтратата влияе върху единичното тегло на отпадъците и налягането на водата в депото, така че също е важен параметър.

## Описание на входните и изходните данни

За да използва инструмента, потребителят трябва да предостави необходимите данни.

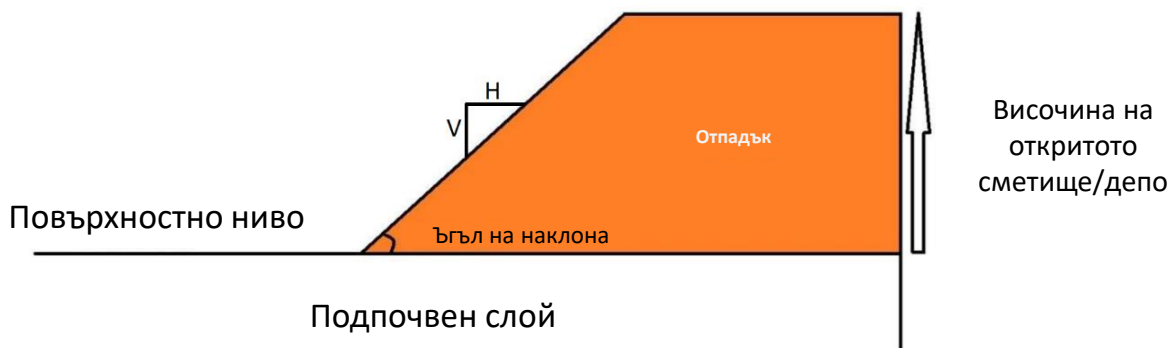
### Раздел, описващ депото за отпадъци

В този раздел потребителят трябва да опише депото за отпадъци, като предостави следната информация:

- **Година на начало на експлоатацията (DS)** – годината, когато първият отпадък е складиран в сметището.
- **Година на край на експлоатацията (DE)** – това ще дефинира времето от първоначалния момент на работа на депото до момента, в който депото е спряло да приеме отпадъци.
- **Съхранени отпадъци** – обща маса на складираните отпадъци в депото (в тонове) към момента на затварянето му (DE).
- **Околна среда** – опростено описание на средата, в която се намира сметището. Потребителят може да избере влажно, сухо или умерено. Това би повлияло на обема и състава на сметищния газ;
- **Държава** – местоположението на сметището, което е необходимо за изчисляване на потенциалните ползи на емисии на парникови газове поради замяна на електроенергията от мрежата с такава, генерирана от сметищен газ (ако рехабилитацията включва този процес). От дясната страна е показан емисионният фактор на CO<sub>2</sub>, свързан с MWh електроенергия от мрежата на определено място. Изчислява се автоматично.
- **Валежи (mm/година)** – Валежите се отнасят за всяка форма на вода, която пада от атмосферата и достига до земната повърхност. Това може да включва дъжд, сняг, киша, градушка и други форми на валежи. Валежите възникват, когато капките вода или ледените кристали в облаците станат достатъчно големи, за да паднат на земята под въздействието на гравитацията. Валежите ще повлияят на генерирането на инфилтрат.
- **Площ на съхранение (m<sup>2</sup>)** – Общата площ на съхранение оказва значително влияние върху генерирането на инфилтрат. Инфилтратът е течност, която е резултат от просмукването на вода през отпадъчни материали, обикновено в депо или друго място за изхвърляне на отпадъци. Количеството генериран инфилтрат може да зависи от няколко фактора, включително количеството налични отпадъци, вида на отпадъците, съдържанието на влага и зоната за съхранение. По-голямата площ на съхранение може да доведе до складиране на по-големи количества отпадъци, което от своя страна ще доведе до по-високи нива на генериране на инфилтрат. Освен това, по-голямата площ на съхранение може да позволи натрупването на повече влага в отпадъците, което води до допълнително повишено генериране на инфилтрат.
- **Уплътняване в областта** – потребителят може да избере „да“, ако се използва уплътняване, и „не“ ако не. Уплътняването на депото е важен аспект от проектирането и експлоатацията на депото.
- **Степен на уплътняване (%)**. Уплътняването се отнася до процеса на компресиране на отпадъчни материали в депо, за да се намали обемът им и да се създаде повече пространство за допълнителни отпадъци. Ефективното уплътняване може също да помогне за минимизиране на производството на инфилтрат чрез намаляване на

количеството въздух и вода, които могат да проникнат в отпадъците. Това може да помогне за предотвратяване на замърсяването на подпочвените води и да намали риска от увреждане на околната среда.

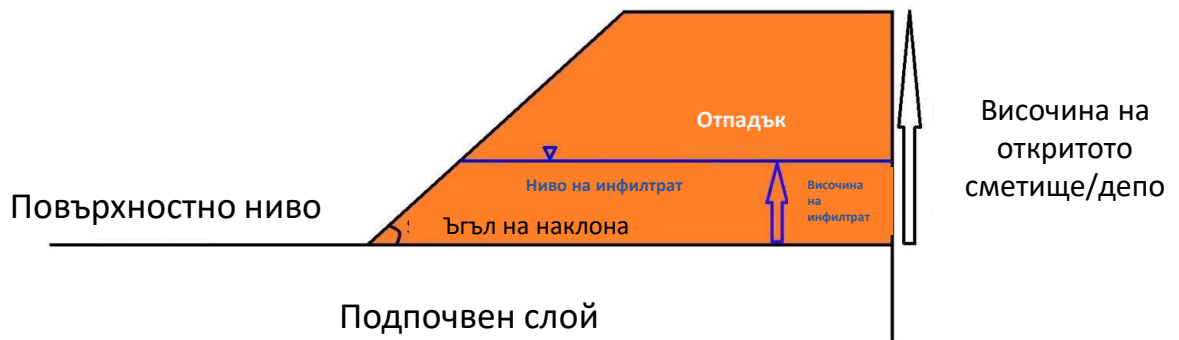
- **Има ли затворена зона в открито сметище** – Сметището може да се състои от няколко части (партиди). Площта, пълна с боклук, се затваря и покрива с пръст. Изхвърлянето на боклук продължава и в други участъци на открито сметище.
- **Процент на затворена площ (%)** – процентът на площта (парцела), където депото е завършено и покрито с пръст.
- **Състав и характеристики на фракцията на отпадъците** – потребителят трябва да предостави данни за дела на хартия, текстил, храна, градински отпадъци, утайки от отпадни води, еднократни пелени, дървесина и слама в общата маса на съхраняваните отпадъци. Входните данни трябва да бъдат въведени в %. Инертната част се изчислява автоматично. Общата сума на всички фракции трябва да бъде 100%. Ако стойността на инертната фракция е по-ниска от 0, това означава, че въведените данни не са правилни и трябва да бъдат проверени. Съставът на фракцията на отпадъците се отнася до различните видове и количества отпадъчни материали. Съставът на отпадъците може да повлияе на характеристиките на инфилтратата, включително неговото рН, химичен състав и потенциал да причини вреда на околната среда. Органичните отпадъци, например, могат да произведат високи нива на инфилтрат поради високото си съдържание на влага и биоразградимост. По същия начин сметищният газ се произвежда като страничен продукт от разлагането на отпадъчни материали в депото. Съставът на отпадъците може да повлияе на видовете и количествата газове, които се произвеждат. Например, органичните отпадъци могат да произведат значителни количества метан, който е мощен парников газ, който допринася за изменението на климата.
- **Височина на депото** – това представлява текущата височина на откритото сметище/депото от нивото на земята. Потребителят може да избере целочислена стойност между 10 m и 60 m (Фиг. 6).
- **Ъгъл на наклона** – това е ъгълът на наклона на откритото сметище/депо. Могат да бъдат избрани 1V/1H (1 вертикален: 3 хоризонтални, 18,43°), 1V/2H (1 вертикален: 2 хоризонтални, 26,57°) и 1V/3H (1 вертикален: 1 хоризонтален, 45°) (Фиг. 6).



Фиг. 6. Височина и ъгъл на наклона на откритото сметище / депото

- **Текущо ниво на водата (инфилтрат) над земята/височината на депото** – този параметър определя количествено съотношението на нивото на инфилтратата към височината на

откритото депо. Опциите са 0 (няма ниво на инфилтрат в отпадъците), 0,25 и 0,75 (Фиг. 7).



Фиг. 7. Ниво и височина на инфилтрата

- **Единично тегло на отпадъците ( $\gamma$ )** – този параметър количествено определя теглото на единица обем на отпадъците. Потребителят може да избере целочислена стойност между 6 и 14 kN/m<sup>3</sup>.
- **Кохезия на отпадъците ( $c$ ) (0 - 80 kPa)** – този параметър представлява тенденцията частиците на отпадъците да се слепват. Това е един от параметрите за степен на сцепване. Степента на сцепване се определя като максималното напрежение на сцепване, което отпадъците могат да издържат, без да претърпят повреда. Потребителят може да въведе цяло число между 0 и 80 kPa.
- **Вътрешен ъгъл на триене на отпадъците ( $\phi$ ) (0-50 градуса)** – това е друг параметър за степен на сцепване. Потребителят може да въведе цяло число между 0° и 50°.
- **kh (хоризонтален псевдостатичен коефициент) и kv (вертикален псевдостатичен коефициент)** – те се използват за изчисляване на хоризонталните и вертикалните сили, причинени от потенциално земетресение. Те са безразмерни. Опциите са 0 – 0, 0,05 – 0, 0,05 – kh/2, 0,05 – kh, 0,1 – 0, 0,1 – kh/2, 0,1 – kh, 0,2 – 0, 0,2 – kh/2, 0,2 – kh, 0,3 – 0, 0,3 – kh/2, 0,3 – kh, 0,4 – 0, 0,4 – kh/2, 0,4 – kh.

Теоретично, стойностите на сеизмичните коефициенти трябва да се основават на някакъв индикатор за големината на инерционната сила, която динамичните сили на земетресението причиняват в склона. Тъй като склоновете на почвата не са твърди и пиковото ускорение на земетресението продължава само за кратко време, стойностите на ускорението, използвани на практика, обикновено са много по-ниски от изчислените пикови ускорения. Изборът на коефициенти, използвани в проучването за стабилност на наклона, обикновено се основава на кода за проектиране, използван в страната. Със сигурност зависи от местоположението на сметището/депото по отношение на сеизмичната карта. Някои обобщени предложения също са достъпни в литературата като Marcuson и Franklin (1983), Hynes-Griffin и Franklin (1984) и Melo и Sharma (2004).

## Описание на процеса на рехабилитация

В този раздел потребителят може да опише какви мерки ще бъдат предприети в процеса на рехабилитация. Следната информация трябва да бъде попълнена:

- **Година на рехабилитация на сметището (DR)** – година, в която е извършена рехабилитация.

- **Използване на газ** – потребителят трябва да определи какъв вид сметищен газ ще се използва. Могат да бъдат избрани получаване на енергия или изгаряне. Газът от сметищата, който се получава като страничен продукт от разлагането на отпадъчни материали в депото, може да се използва като източник на възобновяема енергия. Газът от сметищата обикновено съдържа високи нива на метан, който може да бъде уловен и използван за генериране на електричество, отопление на сгради или гориво на превозни средства. Има няколко предимства от използването на сметищен газ като източник на енергия. Първо, може да помогне за намаляване на емисиите на парникови газове чрез улавяне на метан, който иначе би бил изпуснат в атмосферата. Метанът е мощен парников газ, който се оценява като над 20 пъти по-ефективен от въглеродния диоксид, което прави неговото улавяне и използване ефективен начин за смекчаване на изменението на климата. Второ, използването на сметищен газ може да осигури източник на възобновяема енергия, който може да помогне за намаляване на зависимостта от изкопаеми горива. Това може да допринесе за енергийната сигурност и да помогне за насърчаването на по-устойчива енергийна система.
- **Ефективност на събиране на газ (%)** – потребителят може да определи количеството сметищен газ, който ще се събира. 100% означава, че целият сметищен газ ще бъде събран и оползотворен. Газът от сметищата може да се събира чрез различни методи, включително кладенци, събирателни тръби и т.н. За съжаление нито една система за събиране на газ не е 100% ефективна. Ефективността на събиране на газ варира между 13 и 86% със средно 50%. Тези стойности варират в различните страни (например за Швеция -58%, Обединеното кралство -64% и САЩ -63%) и зависят от редица фактори като плитки тръби за събиране на газ, изтичане от инсталации (напр. кладенци за инфилтрат, газови двигатели), ниско възстановяване на газ поради минимално производство на газ или липса на събиране на газ в активните клетки за отпадъци. Потребителят трябва да определи средната ефективност въз основа на техническия анализ на предложеното решение (Duan Z. et al. 2022).
- **Ефективност при генериране на енергия %** – потребителят може да определи какъв дял от енергийния потенциал на газ ще бъде използван. С други думи, това е мярка за ефективността на производството на енергия от сметищен газ. Тази стойност ще повлияе на резултата, в случай че е избрано възстановяване на енергия. Веднъж събран, газът може да бъде пречистен и обработен, за да се премахнат примесите, преди да се използва като източник на енергия. Проектите за оползотворяване на сметищен газ могат да варират по мащаб от малки проекти на място до широкомащабни търговски операции. Ефективността на генериране на енергия е различна за различните опции. Например газовите турбини имат нетна ефективност около 30-40%, газовите двигатели показват стойности до 46%. Чрез прилагане на решения за рециклиране на топлина, нетната ефективност на газовите турбини се увеличава до почти 60%, а за двигателите до около 50%. Потребителят трябва да определи средната ефективност въз основа на техническия анализ на предложеното решение.
- **Материал на покритието** – потребителят може да определи покриващия слой на депото за отпадъци, инсталиран по време на процеса на рехабилитация. Могат да бъдат избрани пясъчна почва – наклон 0-7%, пясъчна почва – наклон >7%, глина – наклон 0-7%, глина – наклон >7%. Коефициентът на повърхностен поток е показан след избора на покриващ материал. Изчислява се автоматично. Покривният



материал, използван в депото, играе важна роля в контролирането на генерирането и миграцията на инфилтрат. Предотвратявайки навлизането на вода в депото, покриващият материал може също да повлияе на качеството на генерирания инфилтрат. Ако покриващият материал не е ефективен за предотвратяване на инфилтрация на вода, полученият инфилтрат може да се смеси със замърсители от отпадъчните материали.

- **Нов ъгъл на наклона** – ъгълът на наклона може да бъде намален. Опциите са 1V/1H (1 вертикална: 3 хоризонтални, 18,43°), 1V/2H (1 вертикална: 2 хоризонтални, 26,57°) и 1V/3H (1 вертикална: 1 хоризонтална, 45°).
- **Нова височина на депото** – височината на депото може да бъде намалена. Потребителят може да въведе цяло число между 10 m и 60 m.
- **Ново ниво на вода (инфилтрат) над земята/височина на депото** – потребителят може да намали съотношението на нивото на водата (инфилтрат) над земята към височината на депото. Опциите са 0 (без ниво на инфилтрат в отпадъците), 0,25 и 0,75.
- **Бъдеща височина на депото без рехабилитация** – това представлява бъдещата височина на откритото сметище/депо от нивото на земята без рехабилитация. Потребителят може да избере целочислена стойност между 10 m и 60 m.
- **Нивото на бъдещата вода (инфилтрат) над земята/височината на депото без рехабилитация** – този параметър количествено определя съотношението на бъдещата височина на инфилтрата към височината на откритото депо/депо без рехабилитация. Опциите са 0 (без ниво на инфилтрат в отпадъците), 0,25 и 0,75.

## Резултати - обобщение

В този общ раздел са представени най-важните резултати от изчисленията. В получената таблица потребителят може да сравнява стойностите за всичките 3 сценария.

Резултатите за Сценарий 1 дават преглед на въздействието на депото върху околната среда от началото на съществуването му до датата на решението дали да се рекултивира. Това са резултати за миналия период. Сравнението на сценарии 2 и 3 дава представа за възможното въздействие върху околната среда в бъдеще – т.е. от момента на вземане на решение за рехабилитация до края на периода на дейност на депото. Разликата между резултатите за двата сценария може да се счита като основа за взимане на самото решение и трябва да бъде мотивация за предприемане на рехабилитация.

В този раздел инструментът показва следните резултати от изчислението:

- **Ефективна емисия** (обща емисия на парникови газове, дадена в Mg CO<sub>2</sub>eq) – включва собствени емисии от сметището, инсталацията за оползотворяване на биогаз и избегнатата емисия поради използване на енергия, генерирана от биогаз;
- **Производство на зелена енергия чрез оползотворяване на биогаз** – енергия, генерирана в инсталацията за оползотворяване на биогаза;
- **Емисии на инфилтрат** (обща емисия от депото за отпадъци) - Общо отпадъчни води, произхождащи от валежите и съдържанието на вода в твърдите отпадъци.
- **Химическо потребление на кислород** – Химическото потребление на кислород на инфилтрата според състава на отпадъците.

- **Фактор на безопасност за стабилността на склона**- съотношението на степента на сцепване на отпадъците напрежението, създадено от плъзгането на наклона към потенциалната повърхност.
- **Състояние на безопасност** - според изхода „Коефициент на безопасност“, показва безопасността на депото срещу пропадане на склобна и как мениджърите/служителите на депото трябва да реагират на проблема, ако е необходимо.

## Резултати – Сметищен газ

Резултатите са групирани в раздели, свързани със различни сценарии. Във всеки сценарий се изчисляват следните резултати:

### Сценарий 1

- **Генериране на сметищен газ (GG)** – това е общото количество сметищен газ, генериран от самото начало на изграждането на депото за отпадъци (DS) до момента, когато трябва да се вземе решение за рехабилитация (DR). По-голямата част от този газ е изхвърлен в атмосферата. Може да се използва за генериране на зелена чиста енергия – но това не е осъществено поради взимане на закъснели решения за рехабилитация или изграждане на функционално депо. С други думи, това е мярката за пропуснати и пропилен шансове.
- **Събран сметищен газ (CG)** – представлява количеството сметищен газ, събран в депото за отпадъци. Тъй като сценарий 1 се отнася до откритото сметище преди рехабилитация, се приема, че системата за събиране на газ не е инсталирана. В този сценарий CG винаги е 0.
- **Освободени емисии (FE)** – В сценарий 1 това представлява общия обем на сметищния газ, емитиран от началото на експлоатацията на депото за отпадъци (DS) до датата на рехабилитация (DR). Това е емисия, която вече се е състояла. Емитираният сметищен газ се състои от няколко газа. Повечето от тях са CH<sub>4</sub> и CO<sub>2</sub>. Емисиите се изчисляват и изразяват в CO<sub>2</sub> еквивалент, който представлява общото въздействие, което отделяният газ оказва върху изменението на климата. Приема се, че потокът от отпадъци, насочен към депото, е постоянен през целия период на експлоатация. Това означава, че всяка година там са депонирани еднакви количества отпадъци. Това предположение влияе върху оценката на емисиите на биогаз и инфилтрат.
- **Избегнати емисии (AE)** – тъй като при сценарий 1 не са инсталирани устройства за оползотворяване на сметищен газ, няма шанс за генериране на енергия, която да замести част от енергията от мрежата. В този сценарий AE винаги е 0.
- **Ефективни емисии (EE)** – в сценарий 1 EE е същото като FE поради факта, че не е инсталирана система за събиране на газ.
- **Генериране на зелена енергия** – представлява количеството енергия, което ще бъде генерирано за период от време от DR до DE. Тъй като в този сценарий не са инсталирани устройства за използване на газ, количеството енергия винаги е 0.

### Сценарий 2

- **Генериране на сметищен газ (GG)** – това е общото количество сметищен газ, генериран в депото за период от време от решението за рехабилитация (DR) до края



на неговата дейност (DE). Както при сценарий 1, поради факта, че системата за събиране на газ не е инсталирана, сметищният газ се емитира свободно в атмосферата. Може да се третира като мярка за потенциален източник на зелена енергия, ако бъде взето решение за рехабилитация. С други думи, това е мярката за потенциално пропуснати ползи в бъдеще.

- **Събран сметищен газ (CG)** – представлява количеството сметищен газ, събран в депото за отпадъци във времето от DR до DE. Тъй като сценарий 2 се отнася до ситуация, когато рехабилитацията не е извършена, се приема, че системата за събиране на газ не е инсталирана. В този сценарий CG винаги е 0.
- **Освободени емисии (FE)** – това представлява емисията, която ще се получи, ако не се вземе решение за рехабилитация. Емисиите се изчисляват за времето от решението за рехабилитация (DR) до края на живота на депото (DE), времето, когато депото вече няма да произвежда сметищен газ. Емисиите се изчисляват и изразяват в CO<sub>2</sub> еквивалент. Подобно на сценарий 1 целият сметищен газ се отделя свободно в атмосферата. Това е мярката за общите парникови газове, които ще възникнат в бъдеще.
- **Избегнати емисии (AE)** – тъй като при сценарий 2 не са инсталирани устройства за оползотворяване на газ, не могат да се очакват избегнати емисии и AE винаги е 0.
- **Ефективни емисии (EE)** – в сценарий 2 EE е същото като FE поради факта, че не е инсталирана система за събиране на газ са 0.

### Сценарий 3

- **Генериране на сметищен газ (GG)** – това е общото количество сметищен газ, генериран в депото за период от време от решението за рехабилитация (DR) до края на неговата дейност (DE). Обемът на генерирания газ в сценарий 3 е същият като в сценарий 2. Въпреки това, поради инсталирането на система за събиране на газ, той може да се използва при изгаряне или в инсталацията за възстановяване на енергия.
- **Събран сметищен газ (CG)** – представлява количеството сметищен газ, събран в депото за отпадъци във времето от DR до DE. В сценарий 3 системата за събиране на газ е инсталирана. Това обаче не е 100% ефективно. В резултат на това само част от газа, генериран в депото, се събира и транспортира до инсталацията за оползотворяване на газ.
- **Освободени емисии (FE)** – Тъй като системата за събиране на газ не е 100% ефективна, част от газа се отделя свободно в атмосферата, без да се използва. FE представлява тази част от сметищния газ. FE представлява емисията, която ще се получи, ако не се вземе решение за рехабилитация. Емисиите се изчисляват за времето от вземането на решение до края на живота на депото (времето, когато депонирането вече няма да произвежда сметищен газ). Емисиите се изчисляват и изразяват в CO<sub>2</sub> еквивалент. По същия начин, за сценарий 1 целият сметищен газ се отделя свободно в атмосферата. Това е мярката за общите парникови газове, които ще възникнат в бъдеще.
- **Избягната емисия (AE)** – при сценарий 3 са монтирани газови оползотворяващи устройства. Ако това е система за оползотворяване на енергия, енергийната форма може да замени част от енергията от мрежата. В резултат на това ще възникнат някои избегнати емисии. Колкото по-висока е ефективността на системата за събиране на



газ и колкото по-висока е ефективността на системата за генериране на енергия, толкова по-голямо е количеството избегнати емисии.

- **Ефективни емисии (ЕЕ)** - това представлява емисията, която ще се получи, ако се вземе решение за рехабилитация. Емисиите се изчисляват за времето от вземането на решение до края на живота на депата (времето, когато депонирането вече няма да произвежда сметищен газ). Ако емисиите са по-ниски от посочените емисии в случай, че рехабилитацията не е предприета, това се дължи на по-добро управление и използване на сметищен газ. Емисиите могат да бъдат дори отрицателни (посочени като стойност в скоби – например (100) Mg CO<sub>2</sub>eq означава минус 100 MgCO<sub>2</sub>eq. Отрицателни емисии могат да се появят поради заместване на електроенергията от мрежата на определено място с електроенергия, генерирана от събрания сметищен газ. Ако въздействието върху околната среда от последното е по-ниско (по отношение на единица енергия), отколкото въздействието от електрическата мрежа, може да се появят отрицателни емисии. В тази ситуация можем да говорим за екологично облекчение.
- **Производство на зелена енергия** – това представлява общата енергия, която ще бъде генерирана поради рехабилитацията и прилагане на оползотворяване на енергия от събрания сметищен газ.
- **Графика** – Проекция на емисиите (с и без рехабилитация) – тази графика визуализира сравнението на въздействието върху околната среда, свързано с изменението на климата, в случай че решението за рехабилитация е взето или не. С други думи, това е визуализация на стойността на решението за рехабилитация на открито сметище.

## Резултати - Инфилтрат

- **Генериране на инфилтрат.** Този параметър представлява общото количество отпадъчни води, произхождащи от валежите и водното съдържание на твърдите отпадъци. Водата, генерирана по време на анаеробното разграждане на отпадъците, се пренебрегва.
- **Количество на инфилтрат след уплътняване.** Този параметър показва количеството на отпадъчните води в случай на използване на уплътняване на открито сметище
- **Съдържание на вода в твърдите отпадъци.** Това представлява влажността на твърдите отпадъци според състава им.
- **Количество инфилтрат, получен от валежи.** Този параметър оценява количеството дъжд и сняг на повърхността на отпадъците.
- **Рон (общо)** - инфилтрацията на валежи върху повърхността.
- **Роф (общо)** - поток от валежи върху повърхността.
- **Химическо потребление на кислород (ХПК).** Параметър показващ химическото потребление на кислород на инфилтрата. Тази стойност се изчислява според състава на отпадъците.
- **ХПК натоварване.** Този термин се изчислява според концентрацията на ХПК и обема на инфилтрата.
- **Количество инфилтрат до момента на рехабилитация** оценен въз основа на времето от началото на експлоатацията на депото до момента на вземане на решение за рехабилитацията.
- **ХПК натоварване до момента на рехабилитация** оценен въз основа на времето от началото до момента на вземане на решение за рехабилитацията.



2020-1-TR01-KA226-VET-098150

- **Бъдещо количество инфилтрат без рехабилитация** оценено въз основа на времето от вземането на решение за рехабилитация до края на активния живот на депото без рехабилитация.
- **Бъдещо ХПК натоварване без рехабилитация** оценено въз основа на времето от момента на вземане на решение за рехабилитация до края на активния живот на сметището без рехабилитация.
- **Бъдещо количество инфилтрат с рехабилитация** оценено въз основа на времето от вземането на решение за рехабилитация до края на активния живот на депото с рехабилитация. Тази стойност ще бъде „0“. След рехабилитация генерирането на инфилтрат не се увеличава поради покриващата горна повърхност.
- **Бъдещо ХПК натоварване с рехабилитация** оценено въз основа на времето от момента на вземане на решение за рехабилитация до края на активния живот на сметището с рехабилитация. Тази стойност ще бъде „0“. След рехабилитация, ХПК натоварването не се увеличава поради покриващата горна повърхност.

## Резултати - Стабилност

Резултатите се определят съгласно коефициент на безопасност (FS) . Изчисляват се следните резултати:

- **Коефициент на безопасност за стабилност на склона** – отношение между степента на сцепване на почвата към напрежението, създадено от плъзгането на наклона към потенциалната повърхност. Възможните резултати за „Коефициентите на безопасност за стабилността на склона“ могат да се видят в таблица 1.
- **Състояние на безопасност** – зависи от стойността на „Коефициент на безопасност“, той показва безопасността на депото срещу пропадане на склона и как мениджърите/служителите на депото трябва да реагират на проблема, ако е необходимо. Възможните изходи за „безопасно състояние“ могат да се видят в таблица 1.

Тези резултати също се изчисляват за всеки процес на рехабилитация и всички процеси на рехабилитация заедно, за да се види ефектът на всяка рехабилитация върху стабилността на депото. Следователно, като предварителна оценка, упълномощеното лице за открито сметище/депо може лесно да види въздействието на тези възможности за рехабилитация върху депото. FS се определя за статични и динамични условия и възможните резултати могат да се видят в таблица 1.

Таблица 1: Възможни резултати от изчислението.

Състояние	FS на стабилност	Safety Condition
Статично (kh=0, kv=0)	>1.5 1.1-1.5 <1.1	БЕЗОПАСНО НЕ Е БЕЗОПАСНО - Необходима е подробна преоценка НЕ Е БЕЗОПАСНО - Необходими са незабавни действия
Динамично (kh≠0)	>1.2 <1.2	БЕЗОПАСНО НЕ Е БЕЗОПАСНО

## Литература

1. Agdag, O.N., Yilmaz Cincin, R.G., Toprak, S., Kaplan, Y., Degirmenci, R., Agdag, F., Gebes, S., Cetin, B., De Angelis, E., Pikon, K., Kujumdzieva, A., Petrova, V., Panaitescu, C., Frulla, D., Dal, O., Balcik, C., De Angelis, K., Dinu, F., Nedeva, T., Bogacka, M. (2022). Rehabilitation Methods for Open Dumps and its Global Applications: SMARTEnvi Eu Project. 6th EurAsia Waste Management Symposium, 24-26 October 2022, İstanbul, Türkiye.
2. Dal O., (2023), "Static and Dynamic Slope Stability Of MSW Landfills", MSc. Thesis, Gebze Technical University, Kocaeli, Türkiye.
3. Duan Z. et al. Efficiency of gas collection systems at Danish landfills and implications for regulations, Waste Management, Volume 139, 2022, Pages 269-278, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.023>.
4. Hynes-Griffin ME, Franklin AG. "Rationalizing the seismic coefficient method." U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi, 1984, Miscellaneous Paper GL-84-13, 21 pp.
5. Marcuson WF, Franklin AG. "Seismic Design, Analysis, and Remedial Measures to Improve the Stability of Existing Earth Dams - Corps of Engineers Approach", in Seismic Design of Embankments and Caverns, T.R. Howard, Ed., New York, ASCE, 1983.
6. Melo, C., & Sharma, S. (2004, August). Seismic coefficients for pseudostatic slope analysis. In 13th World conference on earthquake engineering (Vol. 369, p. 15).
7. Toprak S., Agdag O.N., Cetin B., De Angelis E., Pikon K., Kujumdzieva A., Petrova V., Panaitescu C., Degirmenci R., Frulla D., Dal O., Balcik C., Yilmaz Cincin R.G., De Angelis K., Dinu F., Nedeva T., Kaplan Y., Agdag F., Bogacka M., (2021a), "A Project on Reducing Risks Associated with MSW Open Dumps", 6th International Conference on Earthquake Engineering and Seismology, 1316-1325, Kocaeli, Türkiye.
8. Toprak, S., Cetin, B., Agdag, O.N., De Angelis, E., Górski, M., Kujumdzieva, A., Petrova, V., Panaitescu, C., Degirmenci, R., Frulla, D., Yilmaz Cincin, R.G., Balcik, C., Pikon, K., Dinu, F., Nedeva, T., Kaplan, Y., Dal, O., De Angelis, K., Agdag, F. (2021b). A Joint Effort to Reduce Hazards to the Environment and Water Resources by Rehabilitating Open Dumps. 14th International Congress on Advances in Civil Engineering, 6-8 September 2021, İstanbul, Türkiye.
9. Toprak S., Dal O., (2022), "Factors Affecting Slope Stability In Landfills", 18th National Soil Mechanics and Geotechnical Engineering Conference, Kayseri, Türkiye (in Turkish).