

**BULGARİSTAN’IN ELENA BELEDİYESİ  
BÖLGESİNDE KENTSEL ATIKLAR İÇİN  
KULLANILAN VAHŞİ DEPOLAMA SAHASININ  
KAPATILARAK REHABİLİTE EDİLMESİ**

## **1. Giriş**

C-145/14 nolu vaka kapsamında “AB yasasının ihlali ile ilgili prosedüre tabi olmak kaydıyla kapatılacak vahşi depolama sahalarının rehabilitasyonu” başlıklı ve BG16M1OP002-2.010 sayılı prosedür kapsamında finanse edilen “Bulgaristan’ın Elena Belediyesi Bölgesinde Kentsel Atıklar için Kullanılan Vahşi Depolama Sahasının Kapatılarak Rehabilite Edilmesi” başlıklı BG16M1OP002-2.010-0035-C01 nolu proje ve Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu ve Avrupa Birliği Uyum Fonu tarafından müşterek olarak finanse edilen “2014-2020 Çevre Operasyon Programı - Öncelik Eksen 2 “Atıklar” kapsamında elde edilen verilere istinaden bu vaka çalışması hazırlanmıştır. Toplam proje bedeli 807.131,30 EURO’dur (686.061,60 EURO’luk kısmı ERDF tarafından karşılanmaktadır).

Bu çalışmada 6 Mayıs 2020 – 27 Ekim 2021 tarihleri arasında Elena’da çevreyi, iklimi ve insanların sağlığını olumsuz etkileyen sağlıklı vahşi depolama sahasının değerli bir topluluk varlığına dönüşmesini amaçlandığı kapatma ve rehabilitasyon faaliyetlerinden bahsedilmektedir.

SMARTEnvi projesi kapsamında yukarıda bahsi geçen proje ile ilgili verilerin yorumlandığı bu vaka çalışması, çevre ve insan sağlığı açısından olabilecek risklerin en aza indirilmesinde ulusal düzeyde izlenen iyi uygulamaları ortaya koyarak hedeflere ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu çalışma, COVID 19 ulusal toparlanma politikası bağlamında iklim değişikliği ve çevrenin korunmasına yönelik önlemler ile eylemlere iyi bir örnektir.

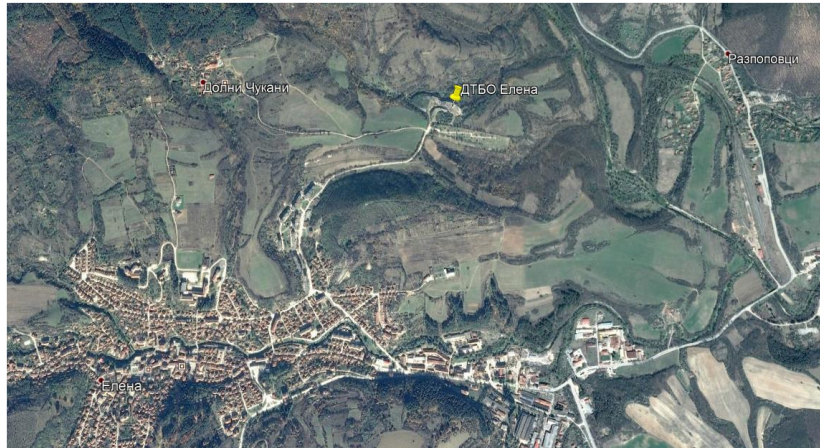
## **2. Genel bilgiler, jeoloji ve hidrojeoloji**

### **2.1. Konum**

Bulgaristan’da Elena Belediyesi’nin tehlikesiz kentsel atıklar için kullanılan mevcut vahşi depolama sahası, şehrin yapı sınırlarının 450 metre kuzeybatısında bulunmaktadır (Şekil 1).

Vahşi depolama sahası, 27190.108.98 nolu parselde 23.488 m<sup>2</sup>'lik bir arazi üzerinde yer almaktadır. Bulunduğu konuma mevcut bir karayolu üzerinden ulaşılabilir. Veliko Tarnovo (şehri) Çevre ve Su İşleri Bölge Teftiş Kurulu (RIEW - Regional Inspectorate for Environment and Water) direktörü tarafından 30 Eylül 2016 tarihinde yayınlanan 551 sayılı Karar gereğince yasal gerekliliklere uygun olmadığı gerekçesiyle 30 Eylül 2016 ayından itibaren vahşi depolama sahasının işletimine son verilmiştir. Vahşi depolama sahası tamamıyla atık ile doludur. Ne Natura 2000 ağı sınırlarında SİT alanı olarak ne de Bulgaristan SİT Alanları Yasası gereğince herhangi bir SİT bölgesinin sınırlarında yer almaktadır ([http://eea.government.bg/bg/legislation/biodiversity/zztan\\_15.pdf](http://eea.government.bg/bg/legislation/biodiversity/zztan_15.pdf)).

Atıklar 24.221 m<sup>2</sup>'lik bir alanda depolanmaktadır. Rehabilitasyon için tayin edilen alan 23.488 m<sup>2</sup> olup atıkların 6 sayılı Karara ve teknik ve biyolojik ıslah işlemlerinin yerine getirilmesi için verilen talimatlara uygun bir şekilde adım adım tahsis edilmesi açısından yeterlidir (MEW, 2013).



Şekil 1. Elena Belediyesi'ne ait vahşi depolama sahasının konumu. Kaynak:

<http://zop.elena.bg/wp-content-location>

## 2.2. Vahşi depolama sahasının rehabilitasyondan önceki durumu

Elena Belediyesi'nin vahşi depolama sahası son yüzyılda açılmıştır. Sahaya depolanan atıklar, ev atıkları ile tehlikesiz üretim ve inşaat atıklarından oluşmaktadır. Ancak bu bölge düzensiz, işlenmemiş ve kendiliğinden sıkıştırılmış bir alan özelliği taşımaktadır. Vahşi depolama sahasında bir duyuru tabelası bulunmaktadır. Çit ve giriş kapısı bulunmamaktadır; giriş kısmından da erişim mümkün değildir. Ne elektrik enerjisi ne de su temini söz konusudur. (Tür ve miktar bazında) girdi kontrolü yapılmadığı gibi gelen atıkların tartımı da gerçekleştirilmemektedir. Depolanan atıklarının sıkıştırılması için alt sızdırmazlık örtüsü ile gerekli ekipmanlar mevcut değildir. Vahşi depolama

sahasında biyogaz yönetimi yapılmamıştır. Yüzey suyu ile sızıntı sularının toplanarak taşınması amacıyla kullanılabilir bir sistem bulunmamaktadır.

Depolanan atıklar, Elena şehrinde düzenlenen atık toplama faaliyetleri sonucu toplanan atıklardan ve ayrıca insanların zaman zaman bıraktıkları atıkların olduğu yığınlardan ve/veya tehlikeli olmayan özelliklerinin kontrol altında tutulmadığı üretim ortamlarından gelen atıklardan oluşmaktadır.

Vahşi depolama sahasının (yaklaşık 150 metre) kuzeybatısında yağış sonrası akış oranında değişiklikler görülen bir su yolu bulunmaktadır. Ayrıca bu sahadan yüzey ve sızıntı suyu boşaltılmamış olup yağmur suyunun toplanması ve arıtılması için kullanılabilir bir donanım bulunmamaktadır. Herhangi bir biyogaz toplama/kontrol sistemi de yer almamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Elena Belediyesi'ne ait vahşi depolama sahasının genel görünümü. Kaynak:

<http://zop.elena.bg/wp-content-location>

Vahşi depolama sahasının yarattığı çevre ve emisyon riskleri aşağıda özetlenmiştir:

1. Atıkların kendiliğinden tutuştuğu durumlarda ortaya çıkabilecek duman ve toksik emisyonlar;
2. Toprak tabanının korunması için yeterli önlemlerin alınmaması yüzünden vahşi depolama sahasının uzun süreli kullanımı sonucu ortaya çıkabilecek toprak kirliliği;
3. Atık birikintileri ile sızıntı sularından dolayı yüzey ile yeraltı suyunun kirlenmesi;
4. Rüzgâr ile hayvanların atıkları dağıtarak enfeksiyonlara yol açması;
5. Bölgede bulunan flora ve faunanın bozulması.

### 2.3. Bölgenin jeolojik özellikleri

#### ***Stratigrafi (katmanlar bilimi)***

Vahşi depolama sahasının bulunduğu bölge alt Jura jeolojik zamanına ait kayalardan

oluşmaktadır.

### ***Fiziksel-jeolojik süreçler ile olaylar***

Erozyon birikimi, yerçekimsel ve karst süreçler ile olaylar, bölgenin tipik özelliğidir.

Erozyon birikimi süreçleri ile olaylar, bölgenin bugünkü dağlık engebelerinin oluşumuna yol açmıştır. Karst süreçleri ile olaylar; kari, karst çatlağı ve değişen derinliklerde boşluk gibi çoğunlukla küçük ölçekli karst şekillerinin oluşmasına yol açmıştır. Yerçekimsel süreçler ile olaylar arasında ise vahşi depolama sahasına yakın konumda olmayan örtü, çökme ve yer kaymaları bulunmaktadır.

### ***Sismisite (Depresemsellik)***

Elena Belediyesi de dâhil olmak üzere Bulgaristan'da deprem riski, özellikle ülkenin bulunduğu coğrafi bölgede tanımlanan sismik kaynaklara göre belirlenmektedir. Marmara Denizi (Türkiye) ve Xanthi (Yunanistan) sismik kaynaklarına göre böyle bir risk nispeten düşüktür. Elena Belediyesi yakınlarında 1908 Ocak ayında ve 1942 Mart ayında gerçekleşen en kuvvetli depremlerin 7,0 şiddetinde oldukları kaydedilmiştir. Bulgaristan'ın ulusal düzenlemelerine göre vahşi depolama sahasının bulunduğu coğrafi bölge VII. Deprem bölgesi olarak sınıflandırılmıştır; bina, iletişim ve diğer yapıların dizaynı  $K_v$  ve  $K_h = 0,10$  sismik katsayılarına göre gerçekleştirilmektedir (Bonchev ve arkadaşları, 1982).

## **2.4. Hidrojeolojik şartlar**

Yeraltı su kütlesi (normal basınç) (BG1G0000TJK045 kodlu "Orta Balkanlar bölgesinde karst suları") içerisinde ayrıık bulunan karst yeraltı suları, Elena Belediyesi'nin hidrojeolojik koşullarını belirlemektedir. Civarda bulunan dağ eteklerinden gelen yağmur ve yüzey suları ile harekete geçerek değişken akışlı su kaynakları sayesinde şevlerin üzerine boşalmaktadır. Kumlu, alünit (şap taşı), dolomitize kireç taşı, dolomite ve karbonat; akifer olarak nitelendirilmektedir. Yeraltı su kütlesinin doğal kaynakları 10.246 L/s'dir; müsaade edilen su miktarı ise 78 L/s'dir. Yeraltı suyu kütlesi ile koruma bölgelerinin kimyasal durumu zayıf iken kantitatif parametreler iyi durumdadır.

Elena Belediyesi'nin yer aldığı coğrafi bölgede mineral suyu bulunmamaktadır. Yovkovtzi barajından gelen yüzey suyu ile yeraltından çıkarılan su, Elena şehrinin ve belediye sınırları içerisinde diğer yerleşim birimlerinin içme suyu ile üretim, ziraat vs gibi amaçlarla kullanılan su ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmaktadır. Vahşi depolama sahasının yakınında su girişleri bulunmamaktadır.

### 3. Teknik rehabilitasyon

#### 3.1. Dikey planlama, düzenli depolama sahasının dışından alınan ev atıklarının temizlenmesi ve çimlerin yeniden biçilmesi

2017 yılında gerçekleştirilen jeodezik etüt kapsamında atıkların 23,3 Dekarlık bir alana dağıldığı görülmüştür. 23.940 m<sup>2</sup>'lik (3B) atık toplanmış, 23.924 m<sup>2</sup> olacak şekilde sıkıştırılmıştır. Toplamda 1.460 m<sup>3</sup> atık, vahşi depolama sahasının sınırları dışına götürülerek yeniden depolanmıştır; vahşi depolama sahasının şevlerinin yeniden şekillendirilmesi amacıyla 57.716 m<sup>3</sup> atık yeniden depolanmıştır (Yatırım projesi – teknik rekültivasyon).

Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının yerleştirilmesine ve oluşturulmasına yönelik teknoloji aşağıda belirtilen adımlardan oluşmaktadır:

1. Atıkların, tekrar depolanarak bir buldozer vasıtasıyla serilmesi amacıyla Kentsel Katı Atıklar (MSW-Municipal Solid Waste) ile ilgili olarak önceden belirlenmiş seviyeye getirilmesi;
2. 50 metrelik bir mesafede her iki yönde  $\pm 5$  cm olacak şekilde yüzey seviyesinden maksimum bir sapma oranının temin edilmesi;
3. Eğim açısından herhangi bir sapma olmaksızın 1:2,5'luk bir eğimin şekillendirilmesi;
4. Serme aşamasından sonra alanın dizayn yükseltisi ile aynı hizaya getirilmesi;
5. 20 cm kalınlığında toprak yığınının dengeleyici olarak yerleştirilmesi;
6. Sızdırmazlık örtüsü uygulanmadan önce (gerektiğinde) yüzey bütünlüğü ile doğruluğunun kontrol edilmesi; her iki yönde 50 metrelik uzunluklarda 5 cm üzeri sapmalara müsaade edilmemektedir.

Üst sızdırmazlık örtüsü, 2013 yılında Çevre ve Su İşleri Bakanlığı (MEW – Ministry of Environment and Water) (MEW, 2013) tarafından çıkartılmış olan 6 sayılı Kararına uygun bir şekilde şekillendirilmekte olup aşağıda belirtilen unsurlardan oluşmaktadır:

1. Gaz boşaltım/drenaj sistemi;
2. Sızdırmazlık katmanı;
3. Yüzey suyu boşaltım/drenaj sistemi;
4. Rekültivasyon katmanı.

Dikey planlama projesi, AutoCAD Civil 3D programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının dijital bir 3B modeli çıkarılmıştır. Bu modelde; atık bertaraf işleminden sonra ve sızdırmazlık katmanları ile ilgili herhangi bir işlem yapılmadan önce rehabilite edilmiş proje konusu vahşi depolama sahasının ana hatları belirtilmiştir. Model,

aynı zamanda dengeleme amaçlı toprak tabakası (0,20 metre), sızdırmazlık katmanları, zemin toprağı (0,75 metre) ve humuslu toprak (0,25 metre) ile ilgili özellikleri de vurgulamıştır.

Planlanan atığın, teknik rekültivasyon için gerekli toprak tabakaları olmaksızın toplam geometrik hacmi yaklaşık 106.200 m<sup>3</sup>'dür. Tek boyutlu rekültivasyon katmanı için gereken toprak yığını 22.638 m<sup>3</sup> olup bunun 16.956 m<sup>3</sup>'lük kısmı 0,75 metrelik alt rekültivasyon toprak katmanı, 5.682 m<sup>3</sup>'lük kısmı ise artırılmış humus içeriğine sahip olan 0,25 metrelik üst rekültivasyon toprak katmanı için ayrılmıştır (Yatırım projesi – teknik rekültivasyon).

### **3.2. Atıkların sıkıştırılması**

Vahşi depolama sahasının dışında bulunan atıklar temizlendikten ve dikey planlama yapıldıktan sonra vahşi depolama sahasında bulunan atıklar sıkıştırılmıştır.

### **3.3. Yüzey suyunun boşaltılması**

Yalnızca yağmur sularından oluşan yüzey suları aşağıda belirtilen işlemler kapsamında boşaltılmıştır (Yatırım projesi – teknik rekültivasyon):

1. Şevlerden akan sular için: şevlerden akan suları birleştirerek emniyetli bir taşıma kanalına yönlendiren (toplam 335 metre uzunluğunda) iki drenaj kanalı inşa edilmiştir. Su yönünün minimum eğimine uyan minimal iletkenlik ile ilgili hidrolik boyutlandırmanın yapılmasından sonra öndökümlü (prekast) (70/30/100 cm) beton elemanlar vasıtasıyla kanallar inşa edilmiştir. Alt kısmında şevlerden akan yüzey sularını iletmek amacıyla rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının doğu-kuzeydoğu kısmında saha sınırının yakınına (toplam 191 metre uzunluğunda) emniyetli taşıma kanalı inşa edilmiştir. Öndökümlü (prekast) (53/50/200 cm) beton elemanlar ile kanal inşa edilmiştir. Ayrıca (var ise) suyolundaki suların ve rehabilite edilmiş olan vahşi depolama sahasının kuzeybatı kısmından gelen suların toplanması amacıyla suyoluna (toplam 161 metre uzunluğunda) bir üçüncü boşaltım (drenaj) kanalı inşa edilmiştir. 3. kanal boyunca bir istihkâm duvarı (1/1 m; toplam uzunluğu 161 metre) inşa edilmiştir; gerek emniyet kanalının gerekse 3. kanalın suları suyoluna boşaltılmıştır. İki drenaj kanalında olduğu gibi su yönünün minimum eğimine uyan minimal iletkenlik ile ilgili olarak bir hidrolik boyutlandırma gerçekleştirilmiştir.
2. Sızdırılmış yağmur suyu için: Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının toprak katmanından sızdırılan yüzey suyu bir drenaj sistemi ile taşınmış; böylece rehabilite

edilmiş tüm vahşi depolama sahasına nüfuz etmesinin önüne geçilerek rekültivasyon katmanının tahribata uğraması önlenmiştir. Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının alan drenajı için; örgülü olmayan polipropilen jeotekstil ile çift taraflı olarak sarmalanmış jeokompozit malzemeler kullanılmıştır. Toprak katmanı içerisinde sızan yüzey suyu, çift katmanlı ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) delikli borular (Ø 160 mm) aracılığıyla taşınmıştır. Borulardan alınan su arazinin en alt kısmına taşınmıştır.

### 3.4. Gaz boşaltma (deşarj) sistemi

#### *Vahşi depolama sahasında oluşan gaz emisyonları*

Atık organik bileşenlerinin ayrışması, Elena şehrinde bulunan vahşi depolama sahasında onlarca yıl devam eden uzun süreli bir süreçtir. Katık atıkta bulunan organik maddenin biyolojik bozunması sonucu ortaya çıkan son ürünlerden biri de depolama sahası gazıdır. Bunun miktarı ile bileşimi; atık bileşimi, yapı (organik/inorganik kütle oranı), organik maddenin kökeni (tür ve bileşimi), mikrobiyolojik prosesler (anaerobik ya da aerobik), meteorolojik prosesler – hava sıcaklığı, atmosfer basıncı, presipitasyon ve örtü tabakası gibi çok sayıda faktöre bağlıdır.

Biyogaz miktarı ile bileşiminin zamanla değişebileceği de çok iyi bilinmektedir. Atıktaki organik maddenin başlangıç aerobik ayrışma evresi sırasında biyogazda karbondioksit, amonyak ve düşük miktarda diğer kirletici maddeler bulunmaktadır; metan ise eser miktardadır. Anaerobik proseslerin başlaması ile beraber vahşi depolama sahasında bulunan metan miktarı da artmaktadır; biyogaz bileşimi ise metan - %55, karbondioksit %45 ve diğer bileşenler yaklaşık %1 oranında değişmektedir (Dada ve Mbohwa, 2017).

Atığın aerobik ve anaerobik ayrışması sırasında vahşi depolama sahasında oluşan gaz, rehabilitasyondan önce bir gaz boşaltma (deşarj) sistemi vasıtasıyla yönetilmemiştir. Serbest bir şekilde atmosfere yayılmıştır. Depolama sahası gazının bileşimi ile miktarı ölçülmemiştir. Ancak bilirkişiler biyogazın aşağıda belirtilen nedenlerden dolayı eser miktarda olduğu görüşündedir:

1. Vahşi depolama sahasındaki atığın bileşiminin, uzun süreli bir izleme sürecinden geçmemiş olması ve bu yüzden birbirinden farklı tehlikesiz atık bileşenlerinin yüzdelik oranının, sadece fikir verecek şekilde belirlenebilecek olması. Ancak (başta plastik olmak üzere) bozunamayan atıkların nispi payı en yüksek olandır.
2. Genellikle gaz yayılımı, vahşi depolama sahasının işletildiği ilk on yıllık sürede en yoğun

düzeyde olmakla beraber bu yayılım kademeli bir şekilde azalır. Elena şehrinde bulunan vahşi depolama sahasının bir istisna olmadığı öngörülmektedir.

3. Veri eksikliğine rağmen vahşi depolama sahasına aktarılan yıllık atık miktarının fazla olmadığı bilinmektedir.
4. Vahşi depolama sahası, gaz oluşumunun gerçekleşeceği ve yukarıda bahsi geçen prosesler ile ilgili gerekli koşulları karşılamamıştır.
5. Depolanan atıkların yapısı durağan olmadığı için değişken bir biyogaz bileşimi ortaya çıkmıştır.
6. Organik kütlenin tür ve bileşimi de zamanla ve mevsimsel olarak değişiklikler göstermiştir (yazın yükselmiş, kışın ise düşmüştür).
7. Vahşi depolama sahasında gerçekleşen mikrobiyolojik prosesler spontan olup harici düzenlemelere tabi tutulmamaktadır.
8. Yağışlar ile hava sıcaklıkları tam olarak belirlenmemektedir.

Bu yüzden Elena Belediyesi'nde bulunan rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasından yayılan gaz miktarı önemsiz olup artması da beklenmemektedir.

### ***Gaz boşaltma sistemi ihtiyacı***

Düzenli depolama sahasının yıllık kapasitesinin 5.000 ton üzerine çıktığı durumlarda modern iyi uygulamaları izlemek suretiyle bir gaz boşaltma /deşarj sisteminin kullanılması önerilmektedir (Dada ve Mbohwa, 2017). Elena Belediyesi'nin vahşi depolama sahasının bulunduğu bölgenin değerleri ise bu aralık içerisinde kalmıştır. Bu bağlamda bir gaz boşaltma (deşarj) sistemi oluşturulmuş olmakla beraber toplanan depolama sahası gazı hâlihazırda yakılmak üzere ya da enerji üretmek amacıyla kullanılmamaktadır.

### ***Bir gaz boşaltma sisteminin oluşturulması***

Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının dikey kısmından gazın çıkartılabilmesi için drenaj jeokompozit malzemesi kullanılmıştır. 1 metre derinliğe sabitlenerek yüzeyin tamamına uygulanmıştır. Drenaj jeokompozit malzemesi, iki jeotekstil örtü ile su sızdırmaz bir HDPE rulodan oluşmaktadır ve teknik özellikleri EN ISO standartlarına uygundur. Öngörülen ömrü 120 yıldır. Rekültivasyon sırasında bir gaz toplama kuyusu (üst sızdırmazlık örtüsünün yüzeyinde delikli HDPE borusu, Ø315 + deliksiz HDPE borusu) açılmaktadır; yerüstü yüzeyi, üzeri Ø1220 / 10 mm'lik bir çelik kılıf ile kapatılmış standart bir betonarme borudan (Ø1200) yapılmış bir shaft ile emniyete alınmaktadır.

### **3.5. Üst sızdırmazlık örtüsünün yapısı**

Üst sızdırmazlık örtüsü şunlardan oluşmaktadır:

***Gaz boşaltım/drenaj sistemi;***

- ✓ Rehabilitate edilmiş olan ve bir drenaj jeokompozitinin serildiği vahşi depolama sahasının üst yüzeyinde bulunan bir drenaj tabakası (Bkz. Madde 3.4);
- ✓ Bir gaz toplama kuyusu.

***Sızdırmazlık katmanı:***

Mineral sızdırmazlık katmanı, bentonit jeomembran GSL'sinden (Jeosentetik Kil Örtüsünden) yapılmaktadır. Zararlı maddelerin sızarak yayılmasına karşı koruma sağlamaktadır. Suya dayanıklı ve sızıntılara karşı dirençlidir ve ağır metalleri tutabilme özelliğine sahiptir. Bentonit jeomembranı, iki kat jeotekstil ile onların arasına kapsüllenmiş bentonit tozundan oluşmaktadır. Üst sızdırmazlık örtüsünün su geçirmez bentonit membranının kalitatif özellikleri EN ISO standartları (<https://www.iso.org/standards.html>) ile ASTM standartlarına (<https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications.html>) uygundur.

***Yüzey suyu boşaltım/drenaj sistemi:***

Drenaj sistemi, iki jeotekstil örtü ile su geçirmez bir HDPE rulodan oluşan jeokompozit malzeme içermektedir.

***Rekültivasyon katmanı:***

Rekültivasyon kaplaması 1,0 metre kalınlığındadır. İki katmandan oluşmaktadır:

- ✓ 0,75 metre kalınlığında toprak malzemesi (3 x 25 cm);
- ✓ 0,25 metre kalınlığında humus tabakası.

Zemin kütlelerinin kaynakları, vahşi depolama sahasından yaklaşık 4,2 kilometre mesafede bulunan “Faraki” bölgesinde yer almaktadır.

**3.6. Düzenli depolama sahasında infiltrasyon yönetimi**

Vahşi depolama sahasında yapılan inceleme, tesisin işletmesinin askıya alındığını; yatay alanın, sıkıştırılmış bir toprak katmanı ile örtüldüğünü ve düzgün bir çim alan oluşturan yabani bitkilerin bulunduğunu göstermiştir. Vahşi depolama sahasının stabilitesi sağlanmış olup kayma ya da çökmeler söz konusu değildir. Vahşi depolama sahası kapatılarak su erişiminin tesise

bağlantısının kesilmesinden sonra sızıntı/birikinti miktarları hızla düşmüştür.

### **3.7. Yollar**

Rekültivasyon amacıyla kullanılacak bir yol mevcuttur.

## **4. Biyolojik rekültivasyon**

### **4.1 Biyolojik rekültivasyonun amaçları**

Vahşi depolama sahaları da dâhil olmak üzere tahrip olmuş herhangi bir arazinin rekültivasyonu; çevresel şartlar ile peyzaja göre eski haline getirilmek üzere yapılan bir takım mühendislik, ıslah, çiftçilik, ormancılık, peyzaj mimarlığı gibi faaliyetleri de kapsamaktadır. Sağlık ve hijyen alanları ile ilgili olarak arazinin rekültivasyon gereklilikleri; alt katmanların durum, bileşim ve özellikleri, iklim şartları ve teknik ve ekonomik göstergeler ile uyumlu olan koruma araçları ile ilgili seçimi de içermektedir. Bulgaristan’da tüm rekültivasyon faaliyetlerinin, Çevre ve Su İşleri Bakanlığı’ndan yetkili bilirkişiler ile birlikte koordine edilmesi gerekmektedir.

Elena Belediyesi’ne ait rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının biyolojik rekültivasyonu, aşağıda belirtilen düzenleyici belgelere uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Çevre ve Su İşleri Bakanlığı, Atık):

1. Tahrip olmuş arazilerin rekültivasyonu, verimsiz alanların verimli hale getirilmesi, humus tabakasının çıkartılarak kullanılmasına ilişkin 2 Ekim 1996 tarihli 26 sayılı Karar;
2. Düzenli depolama sahaların, diğer tesislerin ve atık bertaraf kurulumlarının inşa edilmesi ve işletilmesi ile ilgili şart ve gerekliliklere ilişkin 27 Ağustos 2013 ve 6 sayılı Karar;
3. Yatırım projelerinin kapsamı ile içeriğine ilişkin 21 Mayıs 2001 tarihli ve 4 sayılı Karar.

### **Biyolojik rekültivasyonun amaçları şunlardır:**

1. Tehlikesiz atıklar için teknik olarak rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının üst sızdırmazlık örtüsünde bulunan toprak katmanının güçlendirilmesi ve uzun süreli sürdürülebilirliğin elde edilmesi;
2. Atıkların azami düzeyde izole edilmesi;
3. Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının, etrafında bulunan peyzaja uygun hale getirilmesi;
4. Rekültivasyon sürecinden geçen alanın çevresel olarak sürdürülebilir ekonomik kullanımının sağlanması.

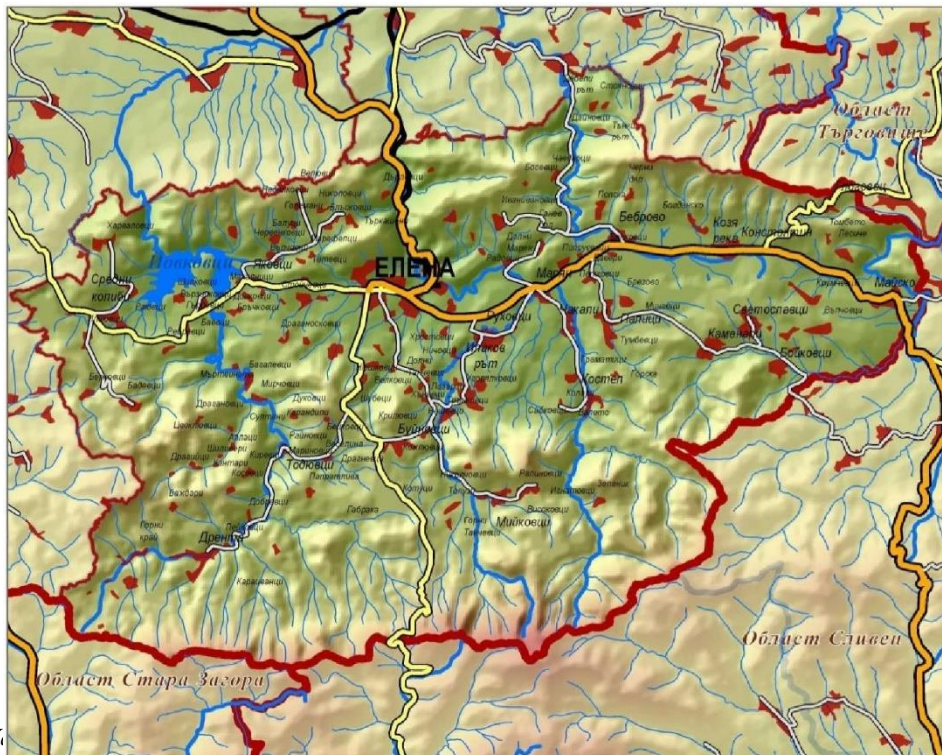
Rekültivasyon projesi; Elena Belediyesi'nin temin ettiği belgelere ve ayrıca çevre koşulları ve bölgenin ekonomik ve demografik statüsü ile ilgili referans verilerine göre hazırlanmıştır (Elena Belediyesi Kalkınma Planı 2014-2020; Bulgaristan Coğrafyası, 1997). Bu proje; atık profillemeye, düzenleme ve kapatma, sızdırmazlık örtüsünü konumlandırma ve rekültivasyon ya da toprak tabakasını yerleştirme süreçlerini kapsamaktadır. Biyolojik rekültivasyonu kapsamında aşağıda belirtilen faaliyetler öngörülmüştür: Uygun karışımda ot ile çalı türleri ekilerek sahanın yeşillendirilmesi. Bu şekilde çimlik ve karma çimlik-çalılık/ağaççık alt bölgeler tanımlanmıştır; çalılık/ağaççık ekilen alanlar, erozyonu önleyebilen ve peyzajın oluşmasına katkıda bulunan alanlardır (Yatırım projesi – biyolojik rekültivasyon).

#### 4.2. Saha özellikleri:

Elena Belediyesi, Balkan bölgesi öncesi ve Balkan bölgesinin yüksekliklerinde yer alan Veliko Tarnovo bölgesinin en güneyinde bulunmaktadır. Belediye, genelde 300-600 m olmak üzere 100 ila 1.536 metre arasında bir rakıma ve 20-30° bir eğime sahip 671.390 m<sup>2</sup>'lik bir alanda bulunmaktadır.

Bölgede yükseklik farkı, güneyde derin yarık ve akarsular ile kesişen çok dik dağlık alanlardan kuzeyde tepelik alanlara kadar değişmektedir.

Belediye az nüfuslu çok sayıda köy ve mahalleden oluşan dağınık bir yerleşim sistemine sahiptir. Belediyenin toplam nüfusu 8.358 olup (Ulusal Standartlar Kurumu, 2020) bu nüfusun yaklaşık %60'ı Elena şehrinde yaşamaktadır.



Şekil 3. Elena Belediyesi'nin konumu; kaynak: Elena Belediyesi Kalkınma Planı 2014-2020

<https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1128>

#### **4.3. Hava koşulları:**

Elena Belediyesi, Bulgaristan'ın iklim kuşağına göre (Velev, St., 1997) dört mevsimin yaşandığı ılıman bir karasal iklime (Balkan bölgesi öncesi) sahiptir. Bu iklim koşulları zengin ve çeşitli bir bitki örtüsünün gelişmesine yol açmıştır.

#### **4.4. Jeolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik koşullar**

Elena Belediyesi, Mezozoik ve Neozoik dönemlerde oluşmuş Orta Koca Balkan (Stara Planina) Dağları'nın doğu kısmında kuzeye bakan şevler üzerinde yer almaktadır. Bu bölgeye tortul (sedimanter) kayaç, kumtaşı, kalkerli kil (marn) ve kireç taşı hâkimdir. Erozyondan etkilenmiş bazı alanlarda Jura yaşlı kireç taşları tespit edilebilmektedir. Kireç taşı, kum taşı ve çakıl (konglomera) kayaçların az olduğu yerlerde marnlar hâkimdir. (Velev, 1997).

Belediye bölgesi, Yantra Nehri'nin sağ kolu olan Stara Reka Nehri'nin su havzasında yer almaktadır. Belediye bölgesinin bir kısmı ise, Bebrovska ile Zlatarishka Nehirlerinin birlikte belediye bölgesinin %90'lık kısmına aktığı Vesselina havzası üzerinde bulunmaktadır. Vesselina Nehri, suları özellikle kent su rezervi olarak kullanılan büyük "Yovtovski" barajına kadar uzanmaktadır. Belediye bölgesi üzerinde sekiz tane daha mikrobaraj inşa edilmiştir; bu barajlar özellikle sulama faaliyetleri ile amatör balıkçılara yönelik balık yetiştirme faaliyetleri için kullanılmaktadır.

Elena Belediyesi sınırları içerisinde akan nehirler; biyolojik rekültivasyon projesi kategorisine uygun olarak Eşik Sınırı Değerlerini (TLV - Threshold Limit Value) yerine getiren oksijen rejimi ile indikatörlerine sahiptir. İstisna olarak çözünmemiş madde, amonyum azotu ve nitrit azotunda TLV artışları kaydedilmiştir. Orta Balkanlar bölgesinde son izleme sürecinde kimyasal durum ile ilgili kalite standartlarına göre iyi olduğu tespit edilmiş olan BG1G0000TJK045 kodlu bir yeraltı su kütlesi ile karst suları bulunmaktadır. Burada nitrat operasyonel izleme prosesi de düzenlenmektedir.

#### **4.5 Toprak**

Belediyenin toprak örtüsü çok çeşitliliğe sahip değildir (ESDAC). Otlaklarda bulunan – *Çernozyom toprağı (kara toprak)*, *Luvisol*, *Leptosol* ve *Cambisol* toprak türleri hâkimdir. Ağırlıklı olarak *Luvisol*, *Leptosol* ve *Cambisol* toprak türleri bulunmaktadır.

#### 4.6 Bitkilendirme

Elena bölgesi, Bulgaristan Orman Genel Müdürlüğü'nün planına göre Kuzey Bulgaristan'da 400 ila 1.500 metre rakımlı Misian ormanlık alanında - tali bir bölgede yer almaktadır. Vahşi depolama sahasının biyolojik rekültivasyonunda uygun çalılık türleri kullanılmıştır.

#### 4.7. Biyolojik rekültivasyon: çimlendirme, çalı türü bitkilerin ekilmesi

##### Çimlendirme

Rehabilitasyon projesinin biyolojik rekültivasyon kısmında teknik olarak rehabilite edilmiş ve büyük bir çoğunluğu düzlük ya da hafif eğimli alanların yer aldığı vahşi depolama sahasının büyük bir kısmı çimlendirilmiştir. Çimlendirilen toplam alan 18.311 m<sup>2</sup>'dir.

Çimlendirme prosesi sürecince ot türleri konusunda aşağıda belirtilen şartlara uyulmuştur:

1. Ot türleri; düzgün, sık ve sürdürülebilir bir çimlik alan oluşturabilecek rizom (köksap)-tuft (püskül) ot türlerine aittir. Ot türlerinin, nem ve besin anlamında toprak koşullarına karşı dayanıklı ve en önemlisi susuzluğa dirençli olması gerekmektedir.
2. Otların, hayvan otlatmaya uygun ve sık sık biçilen bir türde olmaması gerekir;
3. Biçilen otların, kısa sürede yeniden çıkabilecek durumda olması gerekir;
4. Otların, hastalıklara dirençli, çevre dostu ve zor koşullara uyabilecek türde olması gerekir;
5. Otların, çevresel etkilere uzun süreli dayanıklı türde olması gerekir.

Arazi tabii yüksek neme sahip yarı dağlık bir arazi olmasına rağmen ilkbaharın ilk zamanlarında görülebilecek kuraklıklarda tahribat yaşanmaması için sonbahar aylarında ot ekilmiştir. Bu takvime göre tohumların filizlenerek hızla gelişmesi açısından nem ve ısı değerleri yeterlidir.

##### ***Çim alanlarının oluşturulmasında kullanılan teknoloji:***

Rekültivasyon amacıyla kullanılan toprak yığınları (zemin kütleleri) ile komşu alanlarda bulunan toprak çeşitleri; organik madde, azot ve fosfor açısından zayıftır, ancak yeterli miktarda

kalsiyum içerdikleri için tam azot, fosfor ve potasyum gübrelemesine tabi tutulmuştur. Bölgede hâkim iklim koşulları ile yağışlardan dolayı iki kez azot gübre temin edilmiştir; daha sonra daha uzun süreli bir etkisi olması için bitkilendirme işlemi sırasında çim alanlar sulanmıştır.

İlk sene boyunca aylık 30 - 40 l/m<sup>2</sup> olacak şekilde ayda iki kez sulama yapılması planlanmıştır. Önerilen azot gübreler, granül formunda %33-35 azot içeren karma - amonyum ve nitrat - türde gübrelerdir. Bu gübre, fizyolojik olarak hafif asitli bir gübre vazifesi görerek toprak reaksiyonunda bir değişikliğe yol açmamaktadır. Gübreleme işlemi, bitkilerin rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının yüzeyinde bulunan elverişsiz çevresel şartlara karşı direncin artmasını sağlayacaktır. İlk yıl ilkbahar mevsiminde hektar başına 100 kg arı madde için azot gübresi planlanmaktadır.

Genelde otlar, bitkilerin daha hızlı köklenmesini sağlayan ve genel büyüme ve gelişme evrelerini destekleyen fosfora karşı toleranslıdır. Bu yüzden sonbaharda humus yerleştirme işlemi süresince 3 yıl boyunca 100 kg fosfor (saf)/ha oranında %48 fosfor içerikli tek bir tripl süperfosfat uygulamasının yapılması önerilir. Aslında fosfor gübreleme işlemi ağır seyreden bir işlem olduğu için geciktirme etkisi bulunmaktadır.

Bölgede nispeten iyi stoklanmış potasyumlu alt katmanlar bulunmaktadır; bu yüzden N ve P'nin, çok daha yoğun bir şekilde toprak potasyumu kullanımına yol açması nedeniyle bunun asgari miktarlarda olması gerekmektedir.

Bu bağlamda (arı madde bazında) gübre normu şu şekilde gerçekleşmektedir: N<sub>100</sub>P<sub>100</sub>K<sub>50</sub> kg/ha, amonyum nitrata karşılık - 28kg / da, tripl süperfosfat - 20 kg/da ve potasyum klorür - 10 kg/da/ Gübreleme prosesi, aşağıda açıklanan şekilde düzenlenmektedir:

1. Fosforlu gübre kullanılmak suretiyle ot ekildiğinde Sonbaharda ve Mayıs ayında sırasıyla 10 ve 18 kg/da olmak üzere üç kez N gübresi kullanılır. Sonraki iki sene boyunca ise Nisan ayı sonunda 14 kg/da ve Haziran ayı başında 14 kg/da gübre uygulanır.
2. Üç yıl boyunca yılda bir kez olmak üzere humus tabakası serilirken ve tohumlar ekilmeden önce 20 kg/da ve sonraki iki yıl boyunca sonbaharda 20 kg/da P gübresi uygulanır.
3. İlk yıl sonbaharda P gübresi ile beraber bir kez olmak üzere ve sonraki yıl ilkbahar başında ilk N uygulaması ile beraber 10 kg/da olmak üzere K gübresi kullanılır.

### ***Çimlendirme prosesinin teknolojik verimi***

Tablo 1'de çimlendirme prosesinin teknolojik verimi açıklanmaktadır:

Tablo 1. Çimlendirme prosesinin teknolojik verimi.

| Yıl                            | Prosedür                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Yıl (sonbahardan sonbahara) | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Çim örtüsünün hazırlanması – işlenmesi ve bir kürek yardımıyla aynı düzeye getirilmesi;</li> <li>2. Mineral gübrelerin (P, K ve kısmen N) temin edilmesi;</li> <li>3. Çim karışımlarının ekilmesi;</li> <li>4. Nisan ve Haziran ayında diğer gübrelerin temin edilmesi;</li> <li>5. Çim boyuna bağlı olarak çimlerin iki ya da ikiden fazla kez biçilmesi; çimlerin uzun olması su akışını hızlandırır ve erozyona yol açabilir;</li> <li>6. Gübreleme işleminden sonra ve aşırı kuraklık olduğunda (Mayıs – Eylül) sulamanın yapılması.</li> </ol> |
| 2. ve 3. Yıl                   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gübreleme – Nisan: 14 kg/da N ve 10 kg/da K gübresi</li> <li>2. Gübreleme – Haziran: 14 kg/da N gübresi</li> <li>3. Gübreleme - Ekim (süperfosfat)</li> <li>4. Çimlerin biçilmesi – üç kez</li> <li>5. Gübreleme işleminden sonra sulama</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

### **Çalılar/ağaççıkların ekilmesi**

Vahşi depolama sahalarının biyolojik rekültivasyonu kapsamında; Çevre Koruma Faaliyetleri Yönetim Girişimi'nin bir şartı olarak erozyona karşı koruma sağlanabilmesi için çevre alanlar ile şevlere çalılık/ağaççık ekilmesi öngörülmektedir. Elena Belediyesi'nin rehabilite edilmiş vahşi depolama sahası için 4.556 m<sup>2</sup>'lik bir alana kışın en çok yapraklarını döken ve kozalaklı (*Juniperus sabina* L.) [Sabin ardıcı] 11.758 adet çalılık/ağaççık ekilmiştir. Ayrıca bu tür bitkilendirme; erozyona dayanıklı olması nedeniyle çimlendirilmiş yüzeyi otlayan hayvan, izinsiz biçme vs gibi olabilecek başka olumsuz etkilere karşı da koruma sağlar. Bu yüzden çalıların büyük bir kısmı, çayırliklara/otlaklara zarar verebilecek insanları/hayvanları engelleyecek dikenli bir yapıya sahiptir.

İlkbahar aylarına girerken ekim yapılacak sahalar işaretlendikten sonra ekim işlemi gerçekleştirilir. Ekim işleminde yalnızca iyi geliştirilmiş bir kök sistemine sahip standart fidanlar kullanılmıştır.

Bunlar yerel bitkilerden üretilmiştir. Fidanların üç kez belllenmesi öngörülmektedir.

İkinci yıl içerisinde %20 oranında solmuş fidanların yerine yenisinin ekilmesi ve bitkilendirme döneminde iki kat belleme işleminin yapılması planlanmaktadır.

Üçüncü yıl içerisinde %10 oranında solmuş fidanların yerine yenisinin ekilmesi ve bitkilendirme döneminde bir kez belleme işleminin yapılması planlanmaktadır.

Gübreleme işlemi, çayırdaki/otlaktaki işlem ile entegre edilmektedir.

### ***Bitki ekme ve toprak işleme (kültivasyon) teknolojisi***

Tablo 2’de bitki ekimi ve ıslah ile ilgili teknolojik programdan bahsedilmektedir.

Tablo 2. Bitki ekimi ve ıslah ile ilgili teknolojik program.

| Yıl                            | Prosedür                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Yıl (sonbahardan sonbahara) | 1. P ve N gübresinin temin edilmesi (sonbaharda ot türleri için)<br>2. Fidelerin işaretlenmesi ve fidanların ekilmesi (ilkbaharda)<br>3. Mineral gübrelerin temin edilmesi (ilkbaharda ot türleri için)<br>4. Genç fidelerin belllenmesi – 3 kez<br>5. Mineral gübrelerin temin edilmesi (sonbaharda – P) |
| 2. Yıl (sonbahardan sonbahara) | 6. Solmuş fidanların yerine yenisinin ekilmesi<br>7. Mineral gübreler ile gübreleme işleminin yapılması (sonbahar ve ilkbaharda)<br>8. Belleme – bitkilendirme mevsiminde iki kez                                                                                                                         |
| 3. Yıl                         | 1. P gübresi ile (sonbaharda) gübreleme işleminin yapılması<br>2. Solmuş fidanların yerine yenisinin ekilmesi<br>3. Mineral gübreler ile gübreleme işleminin yapılması (ilkbaharda)<br>4. Belleme – bitkilendirme mevsiminde bir kez                                                                      |

## **5. Sonuç**

Elena Belediyesi’nin rehabilite edilmiş vahşi depolama sahası, Elena Belediye Başkanı ile beraber inşaat ve kurulum çalışmalarını ve inşaat denetimini üstlenen yüklenicinin yetkilileri tarafından resmen 27 Ekim 2021 tarihinde açılmıştır.

Biyolojik rekültivasyon süreci, önümüzdeki üç yıl boyunca devam edecektir; bu süreçte orman/teknik, agrokimyasal ve ıslah çalışmaları yer alacaktır. Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahası, söz konusu faaliyetler tamamlanır tamamlanmaz Bölge Kalkınma Yasasına uygun bir şekilde devreye alınacaktır.

Bulunulan faaliyetler sonucunda:

1. Elena Belediyesi'nin vahşi depolama sahasında teknik rehabilitasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir;
2. Biyolojik rekültivasyon başlatılmış olup 3 yıl boyunca devam ettirilecektir;
3. Kompleks rehabilitasyonu, rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının neden olduğu emisyonları sınırlayarak çevre üzerindeki olumsuz etkinin azaltılmasına katkı sağlayacaktır;
4. Kirli su bertaraf edilerek arıtılmaktadır;
5. Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahası yeşil alan olarak kullanılacaktır.



Şekil 4. Elena Belediyesi'nin rehabilite edilmiş olan vahşi depolama sahasının resmi açılışı

## Kaynakça

Agrolesproekt, 1994. Forestry project of State forestry Elena, <https://dgselena.scdp.bg/za-nas-branch> last accessed 29.01.22

ASTM standards <https://www.astm.org/products-services/standards-and-publications.html> last accessed 29.01.2022

Boncev, E., Bune, V. I., Christoskov, L., Karagjuleva, J., Kostadinov, V., Reisner, G. I., Rizhikova, S., Shebalin, N. V., Sholpo, V. N., Sokerova, D. 1982. A method for compilation of seismic zoning prognosticmaps for the territory of Bulgaria. Geologica Balcanica, 12, 2, 3-48.

EN ISO <https://www.iso.org/standards.html> last accessed 29.01.2022

ESDAC <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-map-bulgaria> last accessed 29.01.2022

Investment project – technical recultivation <http://zop.elena.bg/wp-content-technical>

Investment project – biological recultivation <http://zop.elena.bg/wp-content-biological>

Mbohwa, C., Dada, O. 2017. Biogas Upgrade to Biomethane from Landfill Wastes: A Review. *Procedia Manufacturing*, 7, 333-338.

Municipality of Elena Development Plan 2014-2020, Operative programme “Administrative Capacity 2007-2013”, May, 2014  
<https://www.strategy.bg/StrategicDocuments/View.aspx?lang=bg-BG&Id=1128> last accessed 29.01.2022

Ministry of Environment and Water, Republic of Bulgaria, 2013. Ordinance No 6  
<https://www.moew.government.bg/static/media/ups/tiny/%D0%A3%D0%9E%D0%9E%D0%9F/maredba6.pdf> last accessed 29.01.22

Ministry of Environment and Water; Waste <https://www.moew.government.bg/en/waste/> last accessed 29.01.2022

National Statistical Institute (NSI), Republic of Bulgaria, 2020.  
<https://www.nsi.bg/nrm/show9.php?sid=1811&ezik=en> last accessed 29.01.2022

Protected Areas Act [http://eea.government.bg/bg/legislation/biodiversity/zztan\\_15.pdf](http://eea.government.bg/bg/legislation/biodiversity/zztan_15.pdf) last accessed 29.01.2022

Velev, S. 1997. Climate division. In: Yordanova, M., Donchev, D. (Eds). *Geography of Bulgaria*.

Physical geography. Socio-economic geography. Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 127-130 (in Bulgarian with English summary).