
SERİ

B

CİLT

40

SAYI

2

1990

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

ORMAN FAKÜLTESİ

DERGİSİ



"JEOTEKSTİL" LER VE BUNLARIN ÇEŞİTLİ MÜHENDİSLİK VE PEYZAJ UYGULAMALARINDA KULLANIMI

Prof. Dr. Ertuğrul GÖRCELİOĞLU¹⁾

Kısa Özet

İnce, esnek, süzücü ve dirençli bir yapı malzemesi grubu olan jeotekstiller, özellikle son 25-30 yılda büyük bir uluslararası önem kazanmıştır.

Jeotekstiller günümüzde karayollarında, orman yollarında, büyük inşaat alanlarında ve şevlerin tahkiminde, baraj ve benzeri su yapılarında, akarsu kıyıların ve köprü ayaklarının tahkiminde, demiryolu alt yapılarında, parklarda, spor alanlarında, teraslarda ve çatı bahçelerinde adeta vazgeçilmez bir yardımcı malzeme durumuna gelmiş bulunmaktadır.

1. GİRİŞ

Jeotekstil, özellikle toprağa ilişkin mühendislik çalışmalarında kullanılan, örgülü, dokunmuş ya da dokunmamış doğal ve yapay liflerden oluşan kumaş ya da keçe biçiminde bir yapı malzemesidir. Jeotekstil ürünleri nispeten yeni olmakla birlikte, toprağın inşaaata elverişli duruma getirilmesi amacıyla -battaniyeye benzeyen- bir takım örtülerin kullanılması fikri yeni değildir. Nitekim eski Romalılar, yumuşak arazilerden geçen yolların zeminlerini sağlamlaştırmak için saz ve kamışlardan örülmüş hasır biçiminde örtüler kullanmışlardır. Öte yandan A.B.D.'de, New York kentinde ağaç dikimi yapılan çukurlarda dikim toprağının zamanla çakıllı drenaj tabakası içerisine nüfuz ederek drenajı engellememesi için bir ara tabaka olarak bataklık sazları kullanılmış, ayrıca 1920'lerde Güney Karolina Karayolları Dairesi tarafından karayollarına tahkimat amacıyla asfaltla muamele edilmiş pamukla yapılan deneme ve uygulamalardan başarılı sonuçlar alınmıştır.

Ancak, çeşitli hava koşullarına dayanıklı ve özel koşullara sahip yerlerdeki mühendislik uygulamalarına elverişli şekilde dizayn edilmiş sentetik ürünlerin kullanılmaya başlanması 1950'lerde gerçekleşmiştir. İlk olarak bir plastik filtre bezi bir Amerikan firması tarafından belli boyutlardaki agregatlardan oluşan bir drenaj (filtre) sistemi yerine kullanılmıştır. O yıllardan bu yana jeotekstillerin kullanımı büyük çapta yaygınlaşmış, hatta jeotekstiller üzerine uluslararası bilimsel toplantılar gerçekleştirilmiştir. Günümüzde çeşitli nitelikte jeotekstiller, AmoPave (A.B.D.), Pro-

1) İ.Ü. Orman Fakültesi, Orman İnşaatı, Geodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı Öğretim Üyesi

Pex (A.B.D.), Polyfelt TS (Avusturya), Stablenka (Hollanda) vb. gibi ticari isimler altında tüm ülkelerde kullanılmaktadır.

2. JEOTEKSTİLLERİN TANITIMI

Jeotekstiller, dokunmuş ya da birbirine iyice tutturularak keçe haline getirilmiş çeşitli liflerden meydana gelir.

2.1. Lifler ve Özellikleri

Jeotekstillerde kullanılan başlıca lifler polipropilen, polyester, polivinil klorit, naylon, cam elyafı ve doğal lifler (örneğin jüt vb.) dir.

Bir jeotekstilin yapımında kullanılan lifin tipi, jeotekstilin sağlamlığını ve biyolojik etmenler, kimyasal reaksiyon, sıcaklık, sürtünme, mor ötesi (UV) ışınlar gibi çeşitli aşındırıcı çevre faktörlerine karşı direncini belirler (Tablo 1).

2.2. Başlıca Jeotekstil Tipleri

2.2.1. Dokuma Jeotekstiller

Dokunmuş lifler, bükümlü ipliklerin birbirine dik doğrultularda dokunmasıyla sağlanan strüktür sayesinde bu tip jeotekstillere karakteristik dayanıklılığı ve esnekliği sağlar (Şekil 1a). Enine ve boyuna iplik atıklarına (sıralarına) paralel doğrultularda dokuma en zayıf ve esneme en az olup, iplik atıklarına çapraz (45° lik) doğrultularda dayanıklılık ve esneme en fazladır.

Birim alandaki iplik (atki) sayısı, jeotekstilin geçirgenliğini, ağırlığını, kalınlığını ve esnekliğini belirleyen bir faktördür. Tekstilin yüzeyine uygulanan herhangi bir işlem, bu özelliklerde değişikliğe yol açabilir.

2.2.2. Dokumasız (Keçe Tipi) Jeotekstiller

Dokumasız jeotekstiller, sürekli filamentlerin ya da kısa parçalara bölünmüş liflerin rastgele bir biçimde mekanik, kimyasal ya da termal işlemlerle bir araya getirilip sıkıştırılmasıyla elde edilirler. Bu tip jeotekstillerin bazıları daha sonra, geçirgenliklerini arttırmak amacıyla iğne ile delinirler.

Dokumasız jeotekstillerin dayanıklılığı ve esnekliği her doğrultuda aynıdır ve gözenek boyutlarının dağılımı jeotekstilin her yerinde eşittir (Şekil 1b).

3. JEOTEKSTİLLERİN TEMEL FONKSİYONLARI

Bir jeotekstilin fiziksel özellikleri, onun belli bir uygulama için taşıdığı değeri belirler. Örneğin, bazı jeotekstiller zamanla ayrışıp çürür; bu, kısa süreli erozyon kontrolü için arzu edilen bir özelliktir. Diğer bazı jeotekstiller ise kolay kolay bozulup ayrışmaz; bu da, toprağın suya karşı korunması (separasyon) ve drenaj uygulamaları için aranan bir özelliktir. Jeotekstillerin belli başlı fonksiyonları ya da başka bir deyişle kullanım amaçları aşağıda açıklanmıştır.

3.1. Separasyon

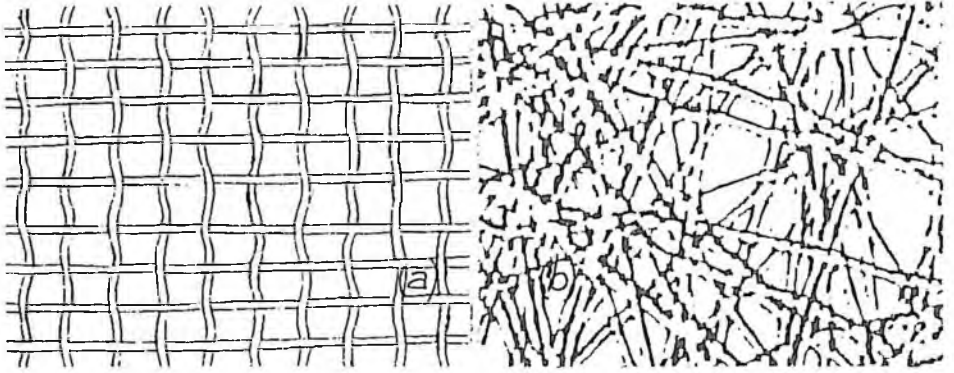
Jeotekstillerin önemli bir kullanım alanı, farklı özellikteki materyallerin birbirinden ayrı tutulmasıdır. Örneğin jeotekstiller sayesinde kara ve demiryollarında alt toprağın temel ve balast tabakaları içerisine geçmesi (nüfuzu) önlenebilir. Ayrıca toprak barajlarda kil, süzücü çakıl (filtre)

Tablo 1 : Çeşitli Jeotekstil Lifferinin Özellikleri

Özellik	Lifler					
	Naylon 66	Naylon 6	Polietilen	Polipropilen	Polivinil Klorit	Jüt
Lif Özellikleri :						
Sıklık (gr/denier)	8	8	4.5	8	1.8	—
Kopma anındaki uzama yüzdesi (yaklaşık)	15	17	25	18	25	—
Özgül ağırlık (gr/cm ³)	1.14	1.14	0.94	0.91	1.69	1.5
Erime Noktası (°C)	250	215	120	165	—	—
Maksimum kullanma sıcaklığı (°C) (yaklaşık)	90	< 65	55	90	—	< 65
Bazı Etkenlere Karşı Direnci *):						
Mantar	3	3	4	3	3	1
Böcekler	2	2	4	2	3	1
Haşerat	2	2	4	4	3	1
Madensel asitler	3	3	4	4	3	1
Alkaliler	2	2	2	2	2	2
Kuru sıcaklık	3	3	2	2	2	2
Nemli sıcaklık	2	2	1	3	—	—
Oksitleyici ajanlar	4	4	3	3	4	3
Aşınma	3	3	1	3	4	1
Ultraviyole ışını						

*) 1 = Zayıf; 2 = Orta; 3 = İyi; 4 = Mükemmel.

(Harris/Dines 1988'den)



Şekil 1 a, b. Dokunmuş ve dokumasız jeotekstillerde liflerin durumu

tabakası vb. gibi farklı materyal zonları birbirinden ayrı tutulabilir. Dikim çukurlarında dren çakılları toprakla tıkanmaktan kurtarılabilir. İstinat duvarları arkasındaki dolduru, hemen yanındaki toprak kütlelerinden ayrı tutulabilir. Separasyon fonksiyonu, çoğu kez tahkim ve filtrasyon gibi diğer fonksiyonlarla birlikte gerçekleşir.

3.2. Tahkim

Jeotekstiller, çeşitli yapı ve tesislerin üzerine oturduğu temel zemininin sağlamlaştırılması amacıyla kullanılabilir. Bunlar aynı zamanda kaplama tabakaları arasında, çatlakların ve bozulmaların bir tabakadan diğerine geçmesini engellemek üzere de kullanılabilir. Jeotekstiller, yollarda ve diğer yapılarda gerek drenaj, gerekse ek bir dayanıklılık sağlamak üzere yumuşak ve sıkışabilir alt topraklar (alt temel) üzerine ve stabilize temel (agregat) tabakası altına serilebilir. Oyun alanlarının dayanıklılığını artırmak için, çim köklerinin kapladığı toprak tabakası altında da jeotekstiller kullanılabilir.

3.3. Filtrasyon (Drenaj)

Jeotekstiller birçok drenaj uygulamalarında filtre malzemesi olarak kullanılabilir. Jeotekstilin dren hendekleri tabanındaki, dikim çukurlarındaki, istinat duvarları arkasındaki çakıllı drenaj tabakası içerisine ince toprak partiküllerinin girmesini (nüfuzunu) önlemek amacıyla filtre olarak kullanılması mümkündür. Bunlardan aynı zamanda, ince toprak partiküllerinin drenaj sistemine sızmasını engellemek üzere delikli drenaj borularını sarmakta da yararlandırılabilir.

3.4. Erozyon Kontrolü

Jeotekstiller, yüzeyel akış sularının hızını keserek toprak erozyonunun etkili bir biçimde azaltılmasında başarıyla kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan jeotekstiller ya uzun ömürlü, dayanıklı yapay liflerden, ya uzunca bir sürede çürüyüp ayrılan doğal liflerden, ya da yapay ve doğal liflerin karışımından yapılabilmektedir.

Sahillerdeki ya da akarsu yatakları boyundaki kıyı erozyonu, geçirimsiz bir jeotekstil üzerine ağır agregatlar serilmek suretiyle hafifletilebilir. Jeotekstil suyu geçirecek, fakat toprak partiküllerini tutacaktır.

Jeotekstillerle oluşturulacak engeller aynı zamanda rüzgâr perdesi olarak da kullanılabilir ve rüzgâr erozyonunu azaltabilirler.

3.5. Beton Kalıpları

Jeotekstiller, esnek beton kalıpları olarak kullanılabilir. Bu amaçla jeotekstil, ulaştırılması güç olan yerlere yerleştirilir ve betonla ya da çimento şerbeti ile "şişirilir". Jeotekstilin geçirgenliği, hava ve suyun, istenen şekli alan kalıptan çıkmasına izin verir; bu arada jeotekstil tabakaları arasındaki (kalıp içindeki) boşluğu çimento doldurur.

4. JEOTEKSTİLLERİN ÖZELLİKLERİ

4.1. Fiziksel Özellikler

Çeşitli mühendislik ve peyzaj uygulamalarında jeotekstillerin en önemli fiziksel özellikleri kalınlık ve gözenekliliktir.

4.1.1. Kalınlık

Bir jeotekstilin, özellikle dokumasız tipte bir jeotekstilin kalınlığı arttıkça dayanıklılığı artar, fakat geçirgenliği azalır. Kalın jeotekstiller **üç boyutlu** jeotekstil, ince olanlar **iki boyutlu** jeotekstil olarak isimlendirilmektedir. Dokumasız jeotekstillerin daha kalın olanları, ince olanlardan daha dayanıklıdır; ancak bunların yapısındaki gözenekler toprak partikülleri tarafından tıkanabilir.

4.1.2. Gözeneklilik

Bir jeotekstilin geçirgenliği gözenekliliğe, yani dokusundaki açıklıkların boyutlarına bağlıdır. Gözeneklilik, **eşdeğer açıklık boyutu** olarak ifade edilir ve en yakın Amerikan standart elek açıklığına (numarasına) tekabül eder.

4.2. Mekanik Özellikler

Jeotekstillerin mühendislik ve peyzaj uygulamalarında en çok önem taşıyan mekanik özellikleri uzama, yırtılma direnci ve delinme (patlama) direncidir.

4.2.1. Uzama

Uzama, gerdirildiği zaman jeotekstilin uzunluğunda meydana gelen artışın yüzde (%) eindsinden ifadesidir.

4.2.2. Yırtılma Direnci

Yırtılma direnci, jeotekstilin yırtılması (kopup ayrılması) için gerekli olan kuvvetin kilogram eindsinden ifadesidir.

4.2.3. Delinme ve Yarıma Direnci

Delinme ve yarıma direnci, jeotekstilin bir yerinden delinmesi ya da yarıması (patlaması) için gerekli basınç miktarıdır.

5. SEÇİM KRİTERLERİ

5.1. Genel Özellikler

Belirli bir yerdeki belirli bir kullanım (uygulama) amacına uygun jeotekstilin seçilmesinde göz önünde tutulan tipik özellikler genellikle şunlardır:

1. Jeotekstilin süzme ve borulanma karakteristikleri (yani jeotekstilin, gözenekleri tıkanmadan ya da genişlemeden süzücü özelliğini sürdürübilme yeteneği).
2. Jeotekstilin geçirgenlik (k) değeri (drenaj uygulamalarında önemli).
3. Jeotekstilin eşdeğer gözenek boyutu (drenaj ve separasyon uygulamalarında önemli).
4. Jeotekstilin nem absorpsiyon özelliği (sulama uygulamalarında önemli; doğal lifler yapay liflerden daha fazla su emerler).
5. Jeotekstilin kimyasal direnci (yani kimyasal gübrelere ve organik topraklara dayanıklılığı).
6. Jeotekstilin ultraviyole ışınlarla karşı dayanıklılığı (jeotekstil kısmen ya da tamamen güneş ışınlarına maruz kalacaksa önemli).
7. Jeotekstilin çekme direnci ve uzama (esneme) oranı (jeotekstil dik bir şevde yerçekimi kuvveti etkisi altında kalacak ya da bir kütleyi yerinde tutacaksa, veya düzgün ve homojen olmayan bir zemine uyum sağlayacaksa önemli).
8. Jeotekstilin çarpma (darbe) etkisine ve sürtünmeye karşı direnci (jeotekstilin üzerine agregat tabakası serilecekse önemli).
9. Jeotekstilin kalınlığı (geçirgenliği ve esnekliği etkilediği için önemli).
10. Jeotekstilin farklı özelliklerdeki toprakların etkilerine dayanabilmesi (örneğin, kullanım yerinde jeotekstilin altındaki toprağın üstündeki topraktan kimyasal özellik ve tekstür bakımından farklı olduğu durumlarda önemli).
11. Jeotekstilin toprağı tutma yeteneği (dik şevlerde ve önemli ölçüde yüzeysel akışa maruz alanlarda önemli).

5.2. Öncelikli Nitelikler

Jeotekstillerin temel fonksiyonlarına daha önce değinilmişti. Belli bir yerde ve belli bir amaçla kullanılacak jeotekstillerde öncelikle aranacak niteliklerin neler olduğunu daha iyi anlamak için, belirli bir örnek üzerinde biraz ayrıntılı biçimde durmak yararlı olacaktır.

Dokumasız tipte, mekanik olarak birbirine tutturulmuş liflerden oluşan bir jeotekstil altı fonksiyonla karakterize edilmektedir ve bunlar (1) separasyon, (2) filtrasyon, (3) drenaj, (4) tahkim, (5) koruma, (6) suya karşı yalıtımdır (C.I.I., 1987).

Uygulamanın doğasına, jeotekstilin kullanım yerine ve amacına bağlı olarak bu altı fonksiyondan ikisi ya da daha fazlası bir arada, fakat farklı önem derecelerinde gerçekleşir (Tablo 2).

5.2.1. Separasyon Fonksiyonu

Bu fonksiyon, partikül boyutu dağılımı, homojenlik, kıvam ve yoğunluk gibi fiziksel özellikleri farklı olan iki toprak tabakasının birbirinden ayrı tutulması şeklinde tanımlanır.

Jeotekstilin bu fonksiyonu, sözü edilen iki farklı toprak materyalinin birbirine karışmasını sürekli olarak engellemekten ibarettir. Bu fonksiyonun etkili biçimde gerçekleşebilmesi, inşaat sırasında ve sonrasında jeotekstilin herhangi bir şekilde hasar görmemesine bağlıdır. Çok küçük boyutlu toprak partiküllerinin filtrasyon basıncı altında yer değiştirmeleri söz konusu olmamalıdır. Jeotekstil kimyasal bakımdan stabil olmalı, tesisin yapımı sırasında mor ötesi (UV) ışınlarla direnebilmesi, zamanla çürüyüp ayrışmamalıdır (Tablo 3).

Tablo 2 : Jeotekstil Uygulama Alanları ve Bunlara İlişkin Jeotekstil Fonksiyonları

Uygulama Alanları \ Jeotekstil Fonksiyonları	Separasyon	Filtrasyon	Drenaj	Tahkim	Koruma	Su Yalıtımı
Kaplamasız Yollar	●	○	○	○		
Yeniden Kaplama				○		●
Demiryolları	●	●				
Su Yapıları	○	●				
Drenaj	○	●	○			
Spor Alanı Yapımı	●	●				
Kıyı Duvarları	●	○	○	○		
Düşey Drenler		○	●			
İstinat Duvarları			○	●		
Tünel Yapımı			●		●	
Jeomembran Tesisi			○	○	●	
● - Primer fonksiyon						
○ - Sekonder fonksiyon						

5.2.2. Filtrasyon Fonksiyonu

Bu fonksiyon, ince taneli toprak tabakasından iri (kaba) taneli toprak tabakasına suyun geçmesine izin verilirken, ince toprak taneceklerinin alıkonulması, yani su ile birlikte toprak partiküllerinin de yer değiştirmesinin önlenmesi şeklinde tanımlanır. Bu nedenle jeotekstil, yapının (tesisinin) faydalı ömrü süresince (devamlı) bir mekanik ve hidrolik filtrasyonu sağlayacak nitelikte olmalıdır.

Etkili olabilmesi için jeotekstil, efektif gözenek (açıklık) boyutu (D_w) için filtre kriterlerini karşılamak suretiyle ince partiküllerin sularla yıkayıp gitmesini önlemeli, aynı zamanda, öngörülen geçirgenlik (k_v) için filtre kriterlerini de karşılayarak serbest (basınç altında olmayan) su akışını sağlamalıdır. Gözeneklerin tıkanması da mutlaka önlenmiş olmalıdır (Tablo 4).

Tablo 3 : Etkili Bir Separasyon için Önem Taşıyan Parametreler

Uygulama Aşaması	Mekanik Parametreler	Hidrolik Parametreler	Uzun Süreli Performans Parametreleri
Yerleştirme sırasında	<ul style="list-style-type: none"> • Darbe direnci • Kopmadan uzama 	<ul style="list-style-type: none"> • Efektif jeotekstil gözenek boyutu (D_w) • Kalınlık (t_g) 	<ul style="list-style-type: none"> • "UV" direnci
Yapım (İnşaat) sırasında	<ul style="list-style-type: none"> • Delinme Direnci • Yarıлма (patlama) direnci • Kopmadan uzama 	<ul style="list-style-type: none"> • D_w • t_g 	<ul style="list-style-type: none"> • Kimyasal stabilite • "UV" direnci
Yapımın (İnşaatın) tamamlanmasından sonra	<ul style="list-style-type: none"> • Delinme direnci • Yarıлма (patlama) direnci • Yırtılma direnci • Kopmadan uzama 	<ul style="list-style-type: none"> • D_w • t_g 	<ul style="list-style-type: none"> • Kimyasal stabilite • Ayrışma (çürüme) direnci

5.2.3. Drenaj Fonksiyonu

Bu fonksiyon, jeotekstil düzlemi (jeotekstilin bünyesi) içindeki sıvı ve gazların drene edilmesi şeklinde tanımlanır.

Bir jeotekstilin bir drenaj ortamı olarak etkili olabilmesi için, bu jeotekstilin, ek basınca maruz bırakıldığında bile yeterli kalınlığa ve lateral geçirgenliğe (transmisivite'ye) sahip olması gereklidir. İnce partiküllerin çökmesine ve jeotekstilin geçirgenliğinin (permeabilite) azalmasına karşı güvenli davranmak için, filtrasyon özelliklerinin de dikkate alınması zorunludur. Düzlemsel (planar) su akımı, minimum basınç kaybı ile sağlanıp sürdürülmelidir (Tablo 5).

5.2.4. Tahkim Fonksiyonu

Bir jeotekstilin tahkim fonksiyonu, toprağın strüktürel stabilitesinin artırılması yoluyla toprak kalitesinin iyileştirilmesi olarak tanımlanabilir. Jeotekstil, toprak/jeotekstil sisteminde bağlayıcı bir mekanizma rolü oynar ve böylece çok tabakalı bu sistemin maruz kalacağı kesme kuvvetlerini absorbe etmek suretiyle toprağın kesme (makaslama) direncini artırır. Buna ek olarak jeotekstil, özellikle konsolidasyonu hızlandırmak üzere stabilitenin artırılması amacıyla kullanıldığında, hidrolik sınır koşulları yoluyla toprakta stabiliteyi de sağlar. Tahkim fonksiyonunda, gerekli olan gerilme direnci, uzama ve sürtünme direnci gibi malzeme (jeotekstil) özelliklerinin değerlendirilip bilinmesi önem taşır; özellikle jeotekstille tahkim edilmiş toprak yapılarda, yani tahkimli toprak (reinforced earth; terre armée) esasına göre projelendirilen tesislerde bu husus çok önemlidir (Tablo 6).

Tablo 4 : Etkili Bir Filtrasyon İçin Parametreler

Gerekli Jeotekstil Karakteristikleri			
Fonksiyon Tipi	Mekanik Filtre Stabilitesi	Hidrolik Filtre Stabilitesi	Uzun Süreli Performans
Devamlı (Kalıcı) Filtre Fonksiyonu	<ul style="list-style-type: none"> • Etkifif jeotekstil gözenek (açıklık) boyutu (D_w) • Jeotekstil kalınlığı (t_g) 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeotekstil geçirgenliği (permeabilite) (k_v) 	<ul style="list-style-type: none"> • Suyun ve toprağın kimyasal özellikleri • Ayrışma (çürüme) direnci • Kimyasal stabilite
Geçici Filtre Fonksiyonu	<ul style="list-style-type: none"> • D_w • t_g 	<ul style="list-style-type: none"> • k_v 	—

Tablo 5 : Jeotekstil Kullanılarak Yeterli Düzlemsel Drenaj İçin Parametreler

Fonksiyon Tipi	Mekanik Parametreler	Hidrolik Parametreler	Uzun Süreli Performans Parametreleri
Devamlı Drenaj Fonksiyonu	<ul style="list-style-type: none"> • Ek (aşırı) basınç etkisi (τ_n) 	<ul style="list-style-type: none"> • Permeabilite (k) • Kalınlık (t_g) • Gözenek (açıklık) boyutu (D_w) 	<ul style="list-style-type: none"> • Suyun ve toprağın kimyasal özellikleri • Kimyasal direnç • Ayrışma (çürüme) direnci
Geçici Filtre Fonksiyonu	<ul style="list-style-type: none"> • τ_w • τ_n 	<ul style="list-style-type: none"> • k • t_g • D_w 	—

5.2.5. Koruma Fonksiyonu

Bu fonksiyon, toprak baraj vb. yapılarda suyun sızmasını engellemek üzere yapının gövdesi içinde yer alan geçirimsiz perdelerin (membran) oluşturulmasında kullanılan sentetik jeomembran polimer örtü materyallerinin delinmeye ve sürtünme aşındırmasına karşı mekanik olarak korunması şeklinde tanımlanır.

Jeotekstilin, yalıtım malzemesi içinde - alttaki tabakanın ince çatlakları, yarıkları ve oyukları nedeniyle - ortaya çıkan gerilimi absorbe etmesi gerekir. Bu fonksiyon, jeotekstilin kaba, yumuşak, üç boyutlu lif strüktürü ile mekanik dayanım özellikleri sayesinde gerçekleşir. Buna ek olarak, jeomembranın kayma ve alt tabakaya ya da tünel duvarına karşı hareketinden kaynaklanan sürtünmeye karşı korunması da sağlanır (Tablo 7).

5.2.6. Su Yalıtım Fonksiyonu

Bu fonksiyon, jeotekstilin bir bitümle ya da uygun bir plastik yalıtım malzemesiyle emprenye edilmesi suretiyle su geçirmeyen bir engel yaratılarak gerçekleştirilir. Jeotekstil, yeterli miktarda bitümü ya da daha başka sıvı yalıtım bileşiklerini bünyesine alarak su geçirmez bir tabaka oluştur-

Tablo 6 : Tahkim Fonksiyonu Parametreleri

Tahkim Gerekeçesi	Mekanik Parametreler	Hidrolik Parametreler	Uzun Süreli Performans Parametreleri
Tabanda (temel zemiminde) Çökme (Ezilme; oturma)	<ul style="list-style-type: none"> Bağlayıcı sistemin (Jeotekstil/toprak) makaslama direnci 	<ul style="list-style-type: none"> Hidrolik sınırlar koşulları 	<ul style="list-style-type: none"> Kimyasal direnç ve ayrışma (çürüme) direnci
Topukta Göçme	<ul style="list-style-type: none"> Jeotekstilin gerilme direnci Jeotekstille toprak arasındaki sürtünme 	<ul style="list-style-type: none"> Hidrolik sınırlar koşulları 	<ul style="list-style-type: none"> Kimyasal direnç ve ayrışma (çürüme) direnci
Şevde Göçme	<ul style="list-style-type: none"> Jeotekstilin gerilme direnci Jeotekstille toprak arasındaki sürtünme 	—	<ul style="list-style-type: none"> Jeotekstil/toprak sisteminin yavaş hareketi (sürünme) Kimyasal direnç ve ayrışma (çürüme) direnci

ma yeteneğindedir; jeotekstilin oluşturduğu bu geçirimsiz tabaka aynı zamanda çekmeye (büzülme) karşı da dirençlidir ve mekanik özellikler bakımından diğer yalıtım bileşiklerinden daha kuvvetlidir (Tablo 8).

5.3. Belli Projeler İçin Jeotekstil Seçimi

Esasları ilk olarak Koemer (1984) tarafından belirlenen prosedüre göre, jeotekstilde aranacak başlıca niteliklerin belirlenmesinde, jeotekstilden beklenen fonksiyonu göz önünde tutmak suretiyle izlenecek yol şöyle özetlenebilir:

Tablo 7 : Koruma Fonksiyonu Parametreleri

Uygulama	Gerekli Mekanik Karakteristikler	Uzun Süreli Performans Parametreleri
Tünel Yapımı	<ul style="list-style-type: none"> Yarılma (patlama) direnci Delinme direnci Sürtünme direnci 	<ul style="list-style-type: none"> Kimyasal stabilite : pH = 2-13 Ayrışma (çürüme) direnci
Tesviye Dolgusu ve Rezervuar	<ul style="list-style-type: none"> Yarılma (patlama) direnci Delinme direnci Sürtünme katsayısı Sürtünme direnci 	<ul style="list-style-type: none"> Kimyasal stabilite : pH = 2-13 Ayrışma (çürüme) direnci
Düz Çatı Direnci	<ul style="list-style-type: none"> Delinme direnci 	<ul style="list-style-type: none"> Kimyasal dayanım

Tablo 8 : Su Yalıtım Fonksiyonu Parametreleri

Uygulama	Fiziksel Parametreler	Mekanik Parametreler
Asfalt Kaplama	<ul style="list-style-type: none"> • Bitim doygunluk düzeyi • Çekme (büzülme) • Ürünün homojenliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeotekstilin direnci • Jeotekstilin uzaması • Sertlik (katılık)
Akışkan Membranlar	<ul style="list-style-type: none"> • Doymunluk kapasitesi • Çekme (büzülme) • Ürünün homojenliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeotekstilin direnci • Sertlik (katılık) • Esneklik
"MESL" Yöntemi	<ul style="list-style-type: none"> • Doymunluk kapasitesi • Ürünün homojenliği 	<ul style="list-style-type: none"> • Jeotekstilin direnci • Kopmadan uzama

1. Jeotekstilin nasıl ve hangi amaçla kullanılacağı kararlaştırılır; konu ayrıntılarıyla incelenir.
2. Projenin kritik doğası esas alınarak minimum güvenlik faktörü belirlenir.
3. Jeotekstilin hizmet göreceği koşullardaki primer fonksiyonu saptanır. Bu konuda seçenekler a) separasyon, b) drenaj, c) filtrasyon, d) tahkim, e) koruma, f) su yalıtımıdır.
4. Arzu edilen fonksiyonu yerine getirebilmesi için gerekli olan jeotekstil özellikleri belirlenir. İyi bir performans için kabul edilebilecek (yeterli görülebilecek) minimum jeotekstil özellikleri, yani ilgili parametrelerin sayısal değerleri hesaplanır.
5. Jeotekstilin niteliklerini belirten değerler alınır ve aşağıdaki şekilde bir **aktüel güvenlik faktörü** hesaplanır:

$$GF_{ak} = \text{Aktüel minimum değer} / \text{Gerekli olan değer}$$

Aktüel değer, belirli bir jeotekstile ait minimum değer olması gerektiği gözden kaçırılmamalıdır.

6. Çoğu jeotekstil kullanımlarında birden fazla fonksiyon söz konusu olduğundan, sekonder fonksiyonlar da aynı şekilde kontrol edilmelidir
7. Aktüel güvenlik faktörü, minimum faktörle karşılaştırılır; aktüel güvenlik faktörü daha büyükse, jeotekstil aranan koşullara uygundur. Eğer daha başka jeotekstiller de istenen koşulları karşılıyorsa, o takdirde karar, en ucuz olan jeotekstil lehine olacak ve seçim bu doğrultuda yapılacaktır.

6. ÇEŞİTLİ UYGULAMALAR

Jeotekstillerin çeşitli amaçlarla kullanılmasına ilişkin ayrıntılar birçok kaynakta bulunabilir. Burada, esas itibarıyla Aykut (1984), Harris/Dines (1988) ve Tanyol (1991) tarafından verilen bilgilerden yararlanılarak, çeşitli jeotekstil uygulamalarına kısa kısa değinilecektir.

6.1. Separasyon

6.1.1. Kara ve Demiryolu Tabanı

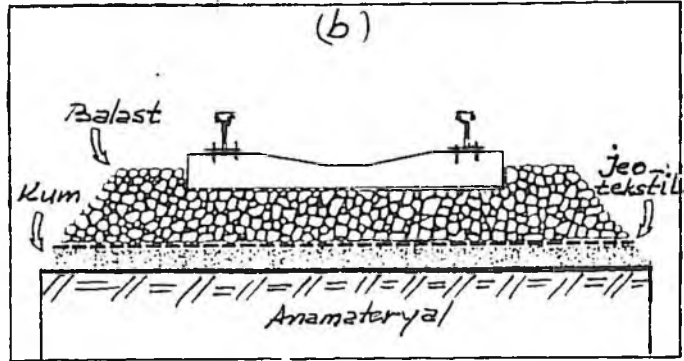
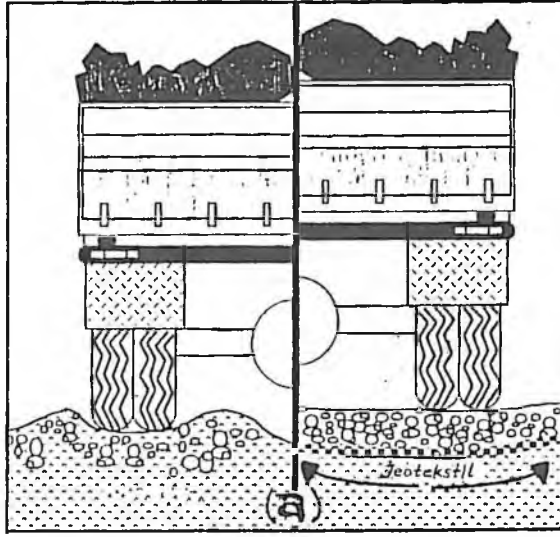
Yolun ham zemini ile iri agregat tabakası arasına serilecek jeotekstil, agregatların zamanla ham zemin içine gömülmesini engelleyerek yol kaplamasının bozulmasını önler (Şekil 2 a,b).

6.1.2. Toprak Baraj Dizaynı

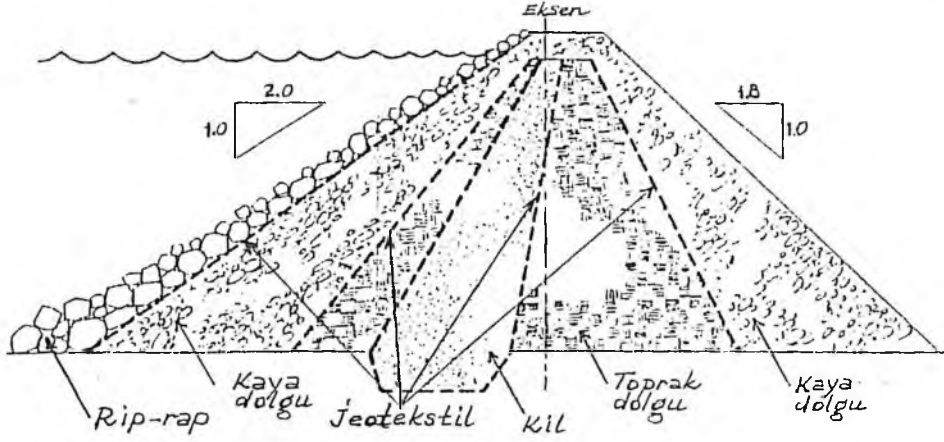
Modern toprak baraj dizaynlarında birçok farklı materyal zonları kullanılır. Bu zonlar, fonksiyonlarını ayrı ayrı en iyi şekilde yerine getirebilmeleri için, birbirinden jeotekstillere ayrılırlar (Şekil 3).

6.1.3. Drenaj Tabakası Separasyonu

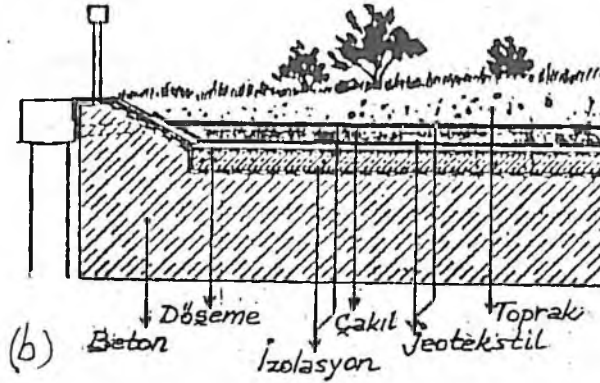
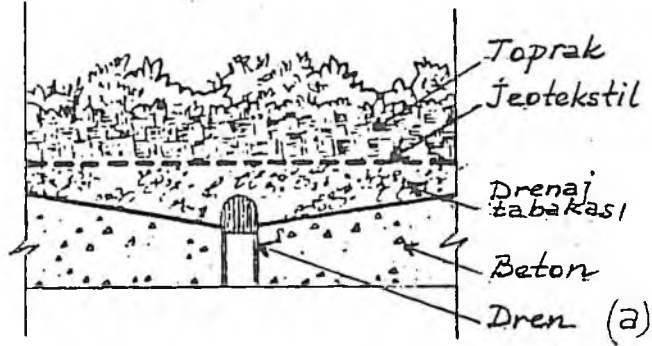
Dikim çukurlarında, dikim kaplarında ya da bir yapı üzerindeki dikim alanlarında (çatı bahçelerinde) jeotekstil kullanılarak drenaj tabakası ile dikim toprağı birbirinden ayrı tutulabilir. Aynı amaçla jeotekstil, tenis kortlarında ve futbol sahalarında da kullanılmaktadır (Şekil 4a, b, c).



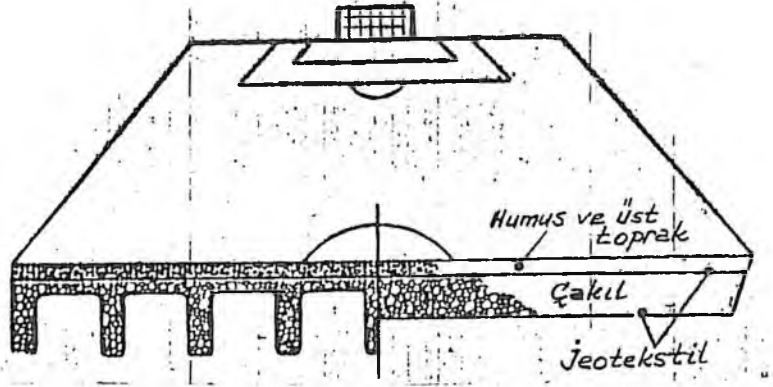
Şekil 2 a, b. Kara ve demiryollarında balast tabakasının zamanla zemine gömülmesini engellemek üzere jeotekstil kullanımı



Şekil 3. Toprak barajlarda farklı materyal tabakalarının birbirinden ayrı tutulması amacıyla jeotekstil kullanımı



Şekil 4a, b. Çatı bahçelerinde jeotekstil kullanımı.



Şekil 4 c. Spor alanlarında jeotekstil kullanımı.

6.2. Tahkim

6.2.1. Kaplama

Jeotekstiller, eski yol kaplamaları (asfalt) üzerine yapılacak yeni kaplamaların alttaki eski kaplama yüzeyinin düzensizliği yüzünden çatlamasını önlemek amacıyla kullanılabilir. Jeotekstiller, düzensiz ve çatlak eski kaplama üzerine ince bir tampon tabaka serildikten sonra yerleştirilir ve bunun üzerine yeni kaplama yapılır. Böylece jeotekstil, düzensiz ve çatlak yüzey üzerinde adeta bir köprü oluşturur ve kuvvetleri yayarak üstteki yeni kaplamanın çatlamasına engel olur (Şekil 5).

6.2.2. İsninat Duvarı Desteği

İsninat duvarı önyüz ünitelerini, arkasındaki materyal kütesine tespit etmede jeotekstillerden yararlanılır. Böylece duvar arkasındaki toprak kütesinin ağırlığı ile duvarın önyüz (kaplama) üniteleri tutulmuş olur (Şekil 6).

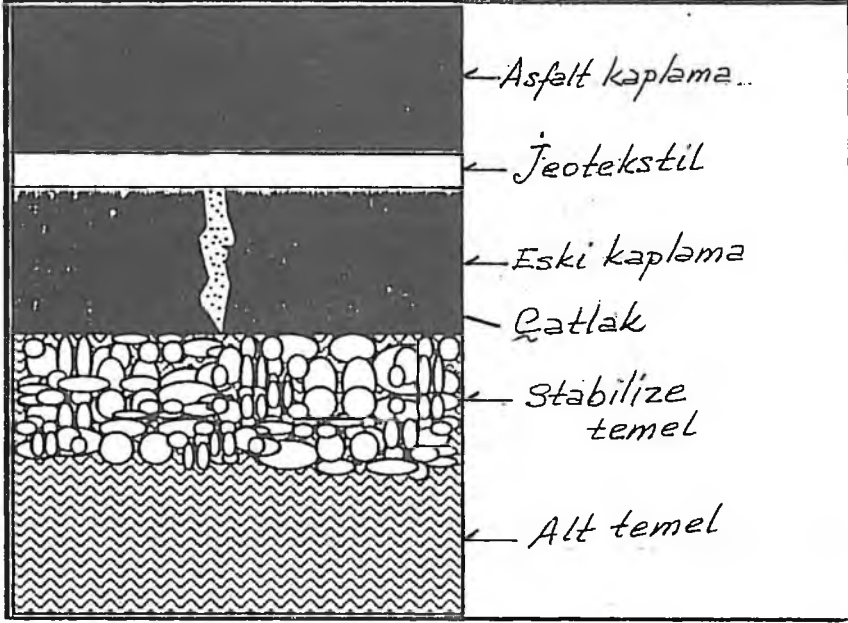
6.2.3. Yol Zeminleri

Yol yapımında sıkıştırılabilir nitelikteki jeotekstillerin kullanılması halinde, gerekli taban materyali (agregat) miktarı azalacaktır. Farklı materyal tabakalarının birbirinden ayrılması (separasyon) sayesinde de uygun bir drenajın devamlılığı sağlanmış olacağından, yolun ömrü uzar (Şekil 2).

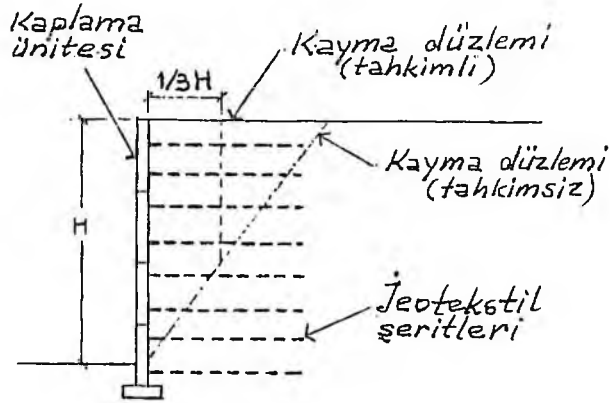
Jeotekstil rulolarının enleri kısıtlı olduğundan, jeotekstillerin bir miktar birbiri üzerine bindirilmesi ve dikilmesi gerekir. Bu bindirme miktarı toprağın tabiatına, jeotekstilin özelliğine, yüklenme derecesine ve üste serilecek örtü materyalinin kalınlığına göre 0.3 - 1.5 m arasında değişir.

6.2.4. Turbalık Alanlar

Üç boyutlu (kalın) jeotekstiller, turbalık alanların sağlamlaştırılmasında başarıyla kullanılmıştır. Böyle jeotekstillerin strüktürel özellikleri hafif araçların yükünü doğrudan doğruya alt tabakaya iletip dağıtmaya uygundur ve bu sayede turbalıktaki otlar, sıkışıp ezilme tehlikesinden uzak



Şekil 5. Yolların yeniden kaplanmasında jeotekstil kullanımı



Şekil 6. "Tahkimli toprak" sisteminde onyüz kaplama ünitelerinin jeotekstil şeritleriyle dolgu kütlelerine tutturulması

kalarak büyümelerini sürdürebilirler. Böyle yerlerde jeotekstiller ya üzerlerine ince üst toprak serilip tohum ekilerek, ya da jeotekstil üzerine üreyimli yaprak ve kök kırıntıları serilip silindirlenerek kullanılabilirler.

6.3. Filtrasyon

Jeotekstiller, küçük toprak partiküllerinin bir tabandaki ya da dren tesisindeki agregat tabakaları içine girmesini önlemede kullanılır (Şekil 7).

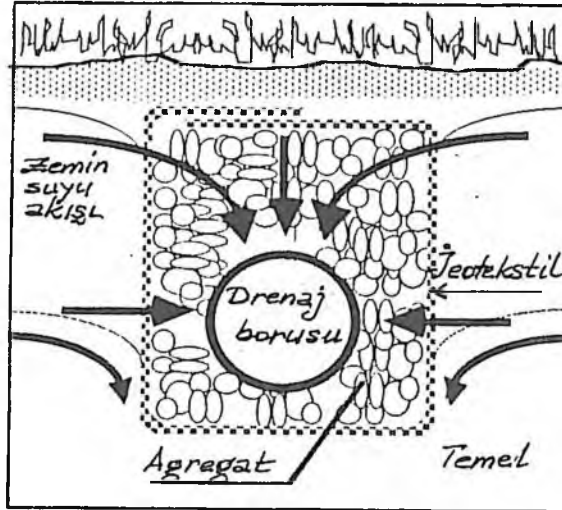
Başarılı bir filtrasyon için filtre tabakasının suyu geçirecek kadar büyük, fakat toprak partiküllerini tutacak kadar küçük boyutlu boşluklar içermesi gerekir. Uygun bir drenaj sağlamak için ihtiyaç duyulan filtre boyutları, yani kullanılacak jeotekstilin gözenek boyutları, toprağın fiziksel özelliklerine bağlıdır.

6.4. Erozyon Kontrolü

6.4.1. Su Erozyonuna Karşı Koruma

Jeotekstiller, toprağı yüzeysel akışın yol açtığı erozyona karşı geçici ya da sürekli olarak koruma amacıyla kullanılabilir. Jeotekstil bu korumayı sağlarken, vejetasyonun tutunup gelişmesini de engellemez. Bu amaçla bir jeotekstilin seçiminde, o yerde erozyonun kontrolü için uzun vadede vejetatif bir çözüm düşünülüyorsa, doğal koşullarda zamanla ayrışıp çürüyecek cinsten bir jeotekstil seçilmesine dikkat edilmelidir. Eğer erozyon kontrolü için vejetatif olmayan, kalıcı bir tesis düşünülüyorsa, o zaman da sürtünmeye, ultraviyole ışınlarla ve benzeri etkenlere dayanıklı malzemelerden yapılmış jeotekstiller seçilir.

Eğer bir jeotekstilin üzerine agregat ya da balast tabakası yerleştirilecekse, bu jeotekstil, üzerine damperli kamyonlardan boşaltılacak agregatın etkisiyle yırtılmayacak kadar sağlam olmalıdır.



Şekil 7. Filtrasyon amacıyla jeotekstil kullanımı

Ayrıca jeotekstil tel kancalarla zemine raptedilmeli, kenarları toprağa gömülmeli ve sonra üzeri balastla kaplanmalıdır.

Öte yandan, jeotekstil sık sık ya da sürekli olarak su ile temasta olacaksa, bu jeotekstilin biyolojik degradasyona dirençli tipte olması gerekir. Örneğin bir dolduru şevinin topuğunda, sığ bir hendek kazılarak jeotekstil bu hendek içine tel kancalarla, çivilerle ya da balastla tespit edilmelidir. (Şekil 8). Bundan sonra jeotekstil tüm şev yüzeyini kaplayacak şekilde serilir. Şevin yukarı başında da jeotekstilin zemine tespiti ve böylece yüzey sularının alta girmesinin engellenmesi gerekir. Jeotekstilin bu şekilde zemine tespit edilmesinden sonra, küçük boyutlu agregatlardan oluşan bir tabaka tüm yüzeye serilir ve bunun ardından daha iri agregatlarla örtülür. Bu işlem, daha iri agregatların şeve dökülmesi sırasında membranın (jeotekstilin) zarar görmesini önler.

6.4.2. Rüzgâr Erozyonuna Karşı Koruma

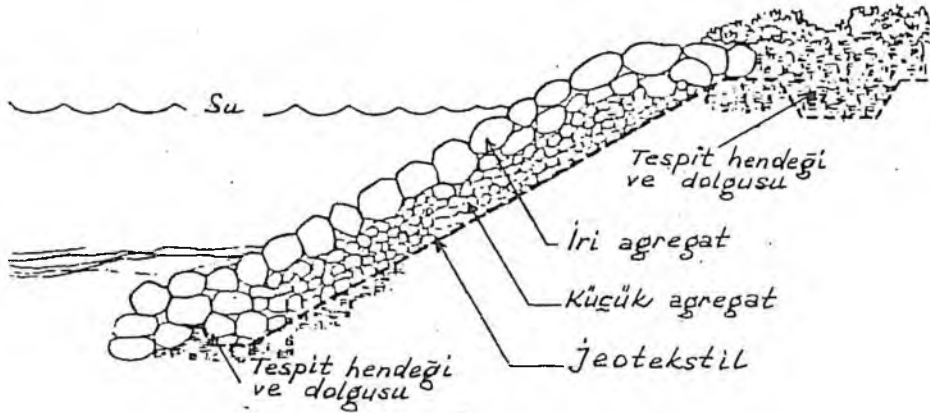
Sediment tuzakı olarak kullanılanlara benzer jeotekstil çitleri, rüzgârın neden olduğu toprak erozyonunun hafifletilmesi amacıyla kullanılabilir.

6.4.3. Sediment Tuzakları

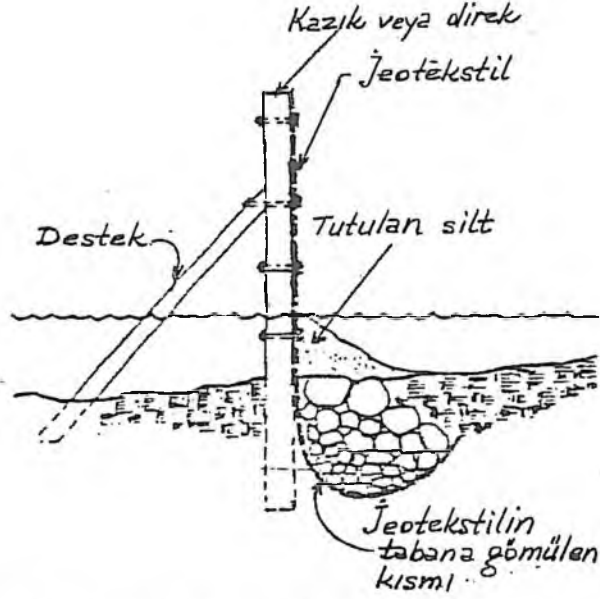
Destekli kazık ya da direkler arasında jeotekstil gerilerek önceden hazırlanmış engeller, sediment tuzakları olarak kullanılabilir. Bu engeller, kazı ve benzeri çalışmaların yapıldığı yerlerin aşağılarında dere veya kanallara yerleştirilerek, suya karışan silt veya kil boyutundaki materyali tutmaya yararlar. Bunlar, kazıklar arasında tutturulan jeotekstilin alt kenarı dere veya kanal tabanına (zemine) girip gömülecek şekilde kazıkların çakılmasıyla tesis edilirler (Şekil 9). Bu engeller, su içinde ya da kıyılarda yapılan kazı ve inşaat çalışmaları sırasında su kirliliğinin azaltılması amacıyla da aynı şekilde kullanılabilir.

6.5. Beton Kalıpları

Jeotekstillere, belli şekiller verilmek üzere dökülecek beton için kalıp olarak yararlanılmaktadır. Bu amaçla iki tabaka jeotekstil çeşitli noktalardan birbirine tutturulduktan sonra, hava



Şekil 8. Akarsu kıyılarındaki su erozyonuna karşı korunmasında jeotekstil kullanımı



Şekil 9. Akarsu yataklarında sediment tuzağı olarak jeotekstil kullanımı

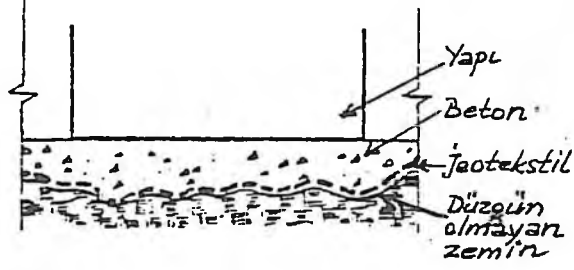
yastıklarının şişirilmesine benzer şekilde basınçlı çimento ile doldurulur. Bu harç ya da çimento şerbeti kalıpları, düzgün olmayan yüzeyler üzerine tesis edilecek büyük yapıların altındaki boşlukların doldurulmasında ve dolguların stabilizasyonunda kullanılır (Şekil 10). Tüp şekline getirilmiş jeotekstil kalıplar ise, ulaşılması ve çalışılması güç olan yer ve koşullarda, örneğin köprü ayaklarının temellerinde (Şekil 11) ve su içinde desteklerin betonla kaplanmasında (Şekil 12) kullanılabilir. Jeotekstilin esnekliği betona istenen şeklin verilmesini sağlarken, öte yandan da suyun ve/veya havanın, çimento harcı ya da şerbeti tüp (kalıp) içine enjekte edilirken dışarı çıkmasını mümkün kılar.

Ayrıca jeotekstillere oluşturulan - büyük boyutlu kum torbaları şeklinde - tüpler ya da battaniyeler toprakla doldurulabilir ve bunlar ucuz seddeler, istinat duvarları ve/veya kıyı koruma tesisleri oluşturmada kullanılabilir.

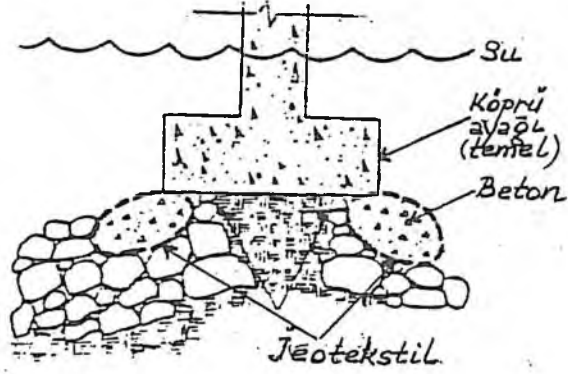
7. ÖZET VE SONUÇ

Son zamanlarda en önemli uluslararası yapı malzemesi durumuna gelmiş bulunan jeotekstillere, doğal ve yapay liflerden oluşan kumaş ya da keçe biçiminde tekstil ürünleridir. Jeotekstillerin uygulaması kolaydır ve bunlar çok yönlü fonksiyona sahip yüksek bir performans gösterir ve ekonomik avantajlar sağlarlar. Mevcut yapı malzemelerinden hiçbiri, yapı problemlerine jeotekstillere kadar çok ve çeşitli çözümler getirme olanağı vermez. Genel olarak bu çözümler temel stabilizasyonunda, erozyona karşı korumada, drenajda, şev stabilizasyonunda, geçirimsiz perde (membran) korunmasında, asfalt kaplamaların korunmasında ve suya karşı yalıtımda uygulanabilir.

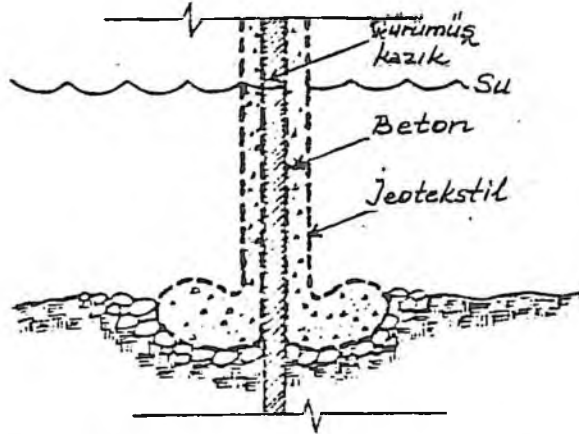
Piyasada çeşitli ticari markalar altında satılan ve kullanım amacına göre çok değişik tipleri bulunan jeotekstillerin yurdumuzda - baraj ve benzeri büyük inşaatlar dışında - henüz pek yaygın kullanım alanı yoktur. Yurdumuzda inşaat mühendislerince yeni yeni tanınmaya başlayan bu benzersiz malzemenin orman yolları yapımında denenmek üzere bundan 10 yıl önce Orman Fakültesi



Şekil 10. Düzgün olmayan inşaat zeminlerinde jeotekstil kullanımı



Şekil 11. Köprü ayağı alt oyulmalarının desteklenmesinde jeotekstilin beton kalıbı olarak kullanımı



Şekil 12. Su içindeki çürümüş kazıkların ve benzeri ayakların betonla desteklenmesinde jeotekstilin beton kalıbı olarak kullanılması

tarafından ülkemize getirilmiş olduğunu, ayrıca bu malzeme ile ilgili ayrıntılı bir tanıtım yazısının da İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisinde (AYKUT, 1984) yer aldığını burada belirtmek gerekir.

Orman mühendisliğinin ve peyzaj mimarlığının çalışma alanlarında çeşitli kullanım olanakları bulunan jeotekstillerin sağladığı kolaylık ve avantajlar anlaşıldığı takdirde, bunların kullanımının hızla yaygınlaşacağı kuşkusuzdur.

KAYNAKLAR

ANONİM, 1986 : *Polyfelt TS-Design and Practice. Chemie Linz Design Manual for Polyfelt TS Geotextiles, Linz.*

AYKUT, T., 1984 : *Mühendislik Hizmetlerinde Yararlı Bir Malzeme (Polifelt TS). İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri B, Cilt 34, Sayı 1.*

C.I.I., 1987 : *Geotextile Design According to Function. Construction Industry International, April 1987.*

HARRIS, C.W. ; DINES, N.T., 1988 : *Time-Saver Standarts for Landscape Architecture. McGraw-Hill Book Company, New York.*

KOEMER, R.M., 1984 : *Geotextile Design Methods. Geotechnical Fabrics Report.*

TANYOL, M. 1991 : *İnşaat Mühendisliğinde "Geotekstiller". Konstrüksiyon, Sayı 1991/73, Haziran.*