

Mehmet KOYUNCU¹

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Bursa, Türkiye.
ORCID: 0000-0003-0379-7492

Yazışma yazarı:
Mehmet KOYUNCU,
koyuncu@uludag.edu.tr

Referans:
Koyuncu, M., (2024), Sürdürülebilir Üretim ve Yaşamda “Yapağı”, *Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik*, 25(1), 23-36.

Makale Gönderimi : 26 EYLÜL 2023
Online Kabul : 8 MART 2024
Online Basım : 6 MAYIS 2024

Özet

Dünyanın maruz kaldığı iklim değişikliği ve çevre kirliliği nedeniyle birçok farklı sorun yaşanmaktadır. Küresel ısınma, kuraklık, mikroplastikler ve kaynakların tükenmesi bunlardan sadece birkaçıdır. Bugün tekstil ürünlerinin hammadde, üretim şekli ve kullanımının gezegene olumsuz etkileri açıkça ifade edilmektedir. Dolayısıyla sürdürülebilir bir gelecek için çözümlerin geliştirilmesinde tekstil ve moda endüstrisine büyük sorumluluk düşmektedir. Hammaddenin elde edilmesinden son ürün sürecine kadarki çevresel etkileri azaltmak hatta tersine çevirmek için kaynak bulma ve ürün stratejilerini değiştirme arayışlarına girilmiştir. Sürdürülebilir değişimi doğru ve hızlı bir şekilde uygulamaya yönelik küresel arayışta üretimin devamlılığı, kaynak kullanımı ve çevreye olan etkileri noktasında yapağının oynayacağı kilit bir rol bulunmaktadır. İyi tasarlanmış bir ürün koyunların kırılmasından, ürün haline getirilmesi ve kullanım ömrü sonuna kadarki süreçte üretici ve tüketicilerin iklim üzerindeki etkilerini azaltmayı hedefler. Yapağı, su, hava, güneş ve ot karışımı ile yıl boyunca elde edilebilen bir üründür. Mikro parçalara ayrılarak arazi ve su kaynaklarında biriken sentetik liflerin aksine, yapağı hem tatlı hem de tuzlu suda biyolojik olarak parçalanmaktadır. Yünlü ürünler eko-güvenlik, uzun ömürlü olma ve geri dönüştürülmeye uygunluğu ile öne çıkmaktadır. Yünün fiziksel ve kimyasal yapısı, nem ve kokuya karşı dayanıklı, vücut sıcaklığındaki değişikliklere tepki veren bir özellik gösterir. Yün klasik veya spor giyim, iç mekân ürünleri, yalıtım malzemesi ve kompost vb. birçok farklı ürün çeşidiyle kullanılabilen, uygun şekilde üretildiği ve işlendiğinde sürdürülebilir olma özelliğine sahip, doğal, yenilenebilir ve kolayca geri dönüştürülebilir bir elyaftır. Yapağı popüler olarak dünyadaki en sürdürülebilir lif kaynaklarından biri olarak kabul edilmektedir. Bugün sürdürülebilirlik ve sorumlu kaynak yönetimi yirmi birinci yüzyılın itici güçleri haline gelmiştir. Üretimde malzeme seçimi temelde çevresel etkiler, sürdürülebilirlik, bulunabilirlik ve ekonomi arasındaki bir dizi karşılıklı ilişkiyle karakterize edilebilir. Bu derlemede küresel iklim olaylarını da dikkate alarak, kaynak kullanımı açısından çevresel etkisi az, yenilenebilir ve kırsal ekonomiye önemli katkı sağlayabilecek ürünlere yönelmeyi teşvik noktasında yapağının önemi açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Koyun, yapağı, sürdürülebilir üretim, yenilenebilir kaynak

“Wool” in Sustainable Production and Life

Abstract

Many different problems are experienced due to climate change and environmental pollution that the world is exposed to. Temperature changes, drought, micro plastics and resource depletion are just a few of them. Today, the adverse effects of raw materials, production methods, and the use of textile products on the planet are clearly expressed. Therefore, the textile and fashion industry are responsible for developing solutions for a sustainable future. To reduce or even reverse the environmental effects from the raw material acquisition to the final product process, sourcing and changing product strategies have been sought. In the global quest to implement sustainable change accurately and quickly, fleece has a key role to play in terms of production continuity, resource use and environmental impacts. A well-designed wool product enables producers and consumers to reduce their climate impact, from shearing sheep in the pasture to product processing and end-of-life. Its fleece can be obtained year-round on a mixture of water, air, sunlight, and grass anywhere in the world. Unlike synthetic fibers, which are micro-split and accumulate in fields and water sources, wool fiber biodegrades in fresh and salt water. Wool products stand out with their eco-safety, longevity, and suitability for recycling. The physical and chemical structure of the wool shows a feature that is resistant to moisture and odor and reacts to changes in body temperature. Wool can be used for classic or sportswear, indoor products, insulation material, compost, etc. It is a natural, renewable, and easily recyclable fiber that can be used with many different products and is sustainable when produced and processed correctly. Wool is popularly recognized as one of the world's most sustainable sources of fiber. Today, sustainability and responsible resource management have become the driving forces of the twenty-first century. A set of interrelationships between environmental impacts, sustainability, availability, and economy can mainly characterize the choice of materials in production. In this review, taking into account global climate events, the importance of fleece is explained in terms of encouraging the focus on products that have a low environmental impact in terms of resource use, are edible and can make a significant contribution to the rural economy.

Keywords: Sheep, wool, sustainable production, renewable resource

1. Giriş

Tarımdaki gelişmeler, hayvansal üretim sistemlerinde entansif yetiştirme (yoğun) ve uzmanlaşma sonucunu doğurmuştur. Bununla birlikte, hayvan hastalıklarıyla ilgili sorunlar, işletmelerin verimliliği, hayvan refahı ve çevre üzerindeki etkileri nedeniyle, bu sistemlerin uzun vadeli uygulanabilirliği artık sorgulanmaktadır. Bu tür sistemlerin toplumsal kabulü noktasında daha sürdürülebilir, yani ekonomik açıdan uygun, çevre dostu ve sosyal açıdan kabul edilebilir hayvancılık sistemlerine yönelik bir talep oluşmaya başlamıştır.

Sürdürülebilir tarım ile girdilerin azaltıldığı, belirli bir yetiştiricilik modelinin teşvik edildiği, geleneksel tarım uygulamalarının öne çıktığı ve üretim kaynaklı çevresel etkilerin en aza indirildiği bir üretim modeli tanımlanmaktadır. Farklı bir yaklaşımla, tarımsal sürdürülebilirliğin gerçek anlamı küçük ve büyük ölçekli işletmelerin yetiştiricilik uygulamalarını kapsayan bir sistemin bütüncül görünümüdür (Dalton vd., 2020). Bu ifade ile dünyada hayvancılık işletmelerinin kapasitesinin artırılması mı, yoksa küçük ölçekli işletmeler mi desteklenmeli hipotezleri rekabetinin yerine sürdürülebilirlik açısından her ikisinin birbirini tamamlayıcı sistemler olması gerektiği belirtilmektedir. Hayvansal üretimde ölçekten bağımsız, tarım ile toplum arasındaki karmaşık etkileşimleri içeren, yeterli ve kârlı bir gıda üretimi sistemini tanımlamaktadır. Hayvancılık faaliyetlerinin sürdürülebilirliği bireysel uygulamalar yerine bütüncül bir temelde ele alınmalıdır. Sürdürülebilir olmak için enerji ve besin maddelerinin verimli kullanımı en üst düzeye çıkarılmalıdır. Toplumların sürdürülebilirliğinin büyük ölçüde tarımın sürdürülebilirliğine bağlı olduğu unutulmamalıdır.

Küresel moda ve tekstil endüstrisindeki sürdürülebilirlik gelişme, koronavirüs salgını ile hızlanmıştır. Yönetimler ya da iktidarlar virüsün yayılmasını durdurmak için harekete geçerken ilk kez insan hayatına ve çevreye ekonomiden daha fazla öncelik vermiştir. Bu insancıl yaklaşım ile iklim değişikliği, sürdürülebilirlik ve kirliliğe çok daha fazla dikkat çekilmeye başlanmış, insan ve çevrenin yeniden önem kazanmaya başladığı çok kırılmalı bir ekosistemde kesinlikle birbirine bağlı olduğunun farkına varılmıştır. Bu düşünce değişikliği ile giysilerin sonu çöplükte bitene kadar sadece birkaç kez giyilen hızlı moda endüstrisini sorgularken, yavaş moda eğilimi ve artan çevre bilinci, yün satışlarının durgunluktan kurtulmasına yardımcı olabileceği tahmin edilmektedir (Graham, 2020). Moda endüstrisinin daha sürdürülebilir bir sisteme geçmesi noktasında oluşan bu baskı, sanayicilerin malzeme stratejilerini değiştirmelerini ve çevre üzerinde daha az etkili olan ürünleri seçmelerini gerekli kılmıştır. Özellikle tekstil sektöründe sürdürülebilir malzeme çözümleri arayan tasarımcılar, markalar ve üreticiler için yapağı, sürdürülebilir malzeme stratejilerine kolayca entegre edilebilen doğal ve teknik bir lifdir. Yapağı sürdürülebilir moda için geleceği olarak %100 doğal ve yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilir, nefes alabilen ve alerjik olmama vb. birçok özelliğe sahiptir. Suni liflerin önemli bir kısmı ise petrol bazlı, biyolojik olarak parçalanamayan, mikroplastik kirlenici olan ve yenilenemez materyallerdir (Antoniadou, 2022).

Yapağıdan yapılan ürünlerin insana sağladığı sıcaklık ve dayanıklılığı ile yıllar boyunca kullanılan doğanın yarattığı en eski elyaftır. Yapağı hayvan derisinin üstünde binlerce yıl içinde biyolojik olarak mükemmel bir gelişim sağlamıştır. Yıllar boyunca yapağı giyim malzemesi olarak kullanılması yanında, ev tekstili, özellikle de yangınla mücadele kapsamında kullanılacak adil, hayvan ve insan sağlığı için daha az risk oluşturacak şekilde

koruyucu ürünlerde, bina yalıtımında, toprak şartlandırıcısı olarak, lanolin sayesinde oto yağlamadan kozmetik ürünlerine kadar hayatın çok farklı alanlarında kullanılan çevre dostu bir ürün olmuştur. Yapağı, insanlar tarafından yüzyıllardır kullanılmaktadır ve muhtemelen yüzyıllar boyunca da kullanılacaktır. Gelinen noktada ilgili bilim kolları ile birlikte daha yoğun çalışmalar ile farklı kullanım alanları olan tıbbi tekstiller, geotekstiller, zirai tekstiller, akıllı materyaller, koruyucu giysiler ve izolasyon konularında daha ciddi çalışmalar yapılarak elde edilen ürünün maliyetini düşürerek kullanılabilirliğini artırmak gerekmektedir (Tüfekçi ve Olfaz, 2014). Bu derlemede yapağı sürdürülebilirlik ve yenilenebilir kaynak kullanımı gibi farklı bakış açılarıyla ele alınmış, geçmişten buyana yapağının insan hayatındaki yeri, gelişimi, sağlık ve güvenli yaşam koşullarında önemi değerlendirilmiştir.

2. Tarımsal Üretimde Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir yaşam, iklim değişikliğini dengelemek ve çevreye verilen zarar azaltmak için olumlu değişiklikler yaparak insanoğlunun bireysel ve kolektif çevresel etkisini azaltmayı amaçlar. Bu yaklaşım karbon ayak izini azaltmanın ve yaşam tarzı seçimlerinin neden olabileceği çevresel hasarı en aza indirmek için kaynakları daha iyi kullanmanın da bir yoludur. Diğer taraftan sürdürülebilirlik, yarın gezegeni olumlu yönde etkileyecek seçimleri bugünden yapmak anlamına gelmektedir. Bu, gelecek nesillerin yaşayabilecekleri ve gelişebilecekleri güvenli ve sağlıklı bir gezegeni miras almalarını sağlayarak onların ihtiyaçlarını düşünen olarak da yorumlanabilir.

Tarımsal üretimde geçen yıllar içinde yeni teknolojilerin kullanılması, makineleşme, artan kimyasal kullanımı, ihtisaslaşma, üretimi artırmayı ve gıda fiyatlarını düşürmeyi destekleyen politikalar nedeniyle verimlilik artış göstermiştir. Ortaya çıkan bu değişiklikler, yetiştiricilerin düşük fiyatlarla daha fazla üretim yapmasını sağlamıştır. Bu gelişmeler işletmelerde birçok olumlu etki yaratması ve riski azaltmasına rağmen, önemli maliyetler de ortaya çıkarmıştır. Bunlar arasında toprakların fakirleşmesi, yeraltı sularının kirlenmesi, hava kirliliği, sera gazı emisyonları, aile işletmelerinin azalması, biyogüvenlik, entansifleşme ve kırsal nüfustaki değişimler öne çıkmaktadır. Özellikle son kırk yıl içinde toplumların ödemesi gereken yüksek maliyetlerin gerekliliğini sorgulama, yenilikçi alternatifler sunma hedefiyle büyüyen bir hareket ve farkındalık ortaya konmuştur. Bugün, sürdürülebilir tarıma yönelik bu hareket, gıda üretim sistemleri içinde giderek artan bir destek ve kabul görmektedir. Sürdürülebilir tarım ile çevre sağlığı, ekonomik karlılık ve sosyal eşitlik olarak ortaya konan üç ana hedefin bir araya gelmesi sağlanmıştır.

Tarımsal üretimde sürdürülebilirlik, bugünün ihtiyaçlarını, gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılama gerekliliği ilkesine dayanmaktadır. Bu nedenle hem doğal hem de beşeri kaynakların uzun ve kısa vadeli kontrolü ekonomik kazanım kadar önemlidir. İnsan kaynakları yönetimi; işçilerin çalışma ve yaşam koşulları, kırsal toplulukların ihtiyaçları, bugün ve gelecekte tüketici sağlığı, güvenliği gibi sosyal sorumlulukların dikkate alınmasıdır (Tedeschia vd., 2015). Doğal kaynakların yönetimi; kaynakları korumayı, geliştirmeyi ve gelecek için yenilenmelerine izin verecek şekilde kullanmayı içerir. Yönetim konuları aynı zamanda işletmelerdeki çiftlik hayvanlarının refah kriterleri noktasındaki beklentileri de ele almalıdır.

Hayvancılık sektörü, küresel gıda sisteminin esasını oluşturur ve yoksulluğun azaltılması, gıda güvenliği ve tarımsal kalkınmaya katkıda bulunur. FAO'ya göre hayvancılık, küresel tarımsal üretim değerinin %40'ına katkıda bulunmakta ve yaklaşık 1,5 milyar insanın geçimini gıda ve beslenme güvenliğini desteklemektedir. Aynı zamanda, hayvansal üretim faaliyetleri sürdürülebilir yaşamı iyileştirmek için önemli fırsatlara sahiptir (FAO, 2022).

3. Yapağının Tarihi

Koyun, insanın ilk evcilleştirdiği hayvanlar arasında yer almaktadır. MÖ 6000 yıllarında koyunun insan yaşamında yer aldığı bilinmektedir. Taş devrinin avcı insanı koyun postunun diğer hayvanların tüylü derilerine göre daha yumuşak ve sıcaklık hissi vermesi ile yapağıyı tanımaya başlamıştır. İnsanların koyun sürülerini otlattıkları ve yünden iplik yaparak basit kumaşlar dokudukları kazılarda elde edilen eserlerden anlaşılmaktadır. MÖ 5.000-3.000 yılları arasında koyun yapağını eğirmeyi (bükmeyi) ve ipliğe dönüştürmeyi öğrenmişler, sonra kumaş yapmak için kullanmışlardır. Yapağı, kumaş dokumalarda ilk defa eski Babilliler tarafından MÖ 4000 yıllarında kullanılmıştır. Kumaştan çadır, battaniye ve giysi gibi ürünler yapılmıştır. Anılan dönemlerde, Küçük Asya'da yapağı ticareti de başlamış, bazı kitabeler Sümerler'in komşu ülkeler ile yapağı ticareti yaptıklarını göstermektedir ki bunlar ülkeler arası ilk ticaret olarak bilinmektedir. MÖ 2500 yıllarında ise Mezopotamya'da yapağı ticareti ve dokumacılık önemli bir endüstri haline gelmiştir. MÖ 2000 yıllarında Orta Asya steplerinden Yakın Doğu'ya göç eden ve buralara koyun yetiştiriciliğini getiren kavimler halı, kilim, gömlek ve pantolon gibi giysileri de tanıtmışlardır. Daha sonraki yüzyıllarda bugünkü Suriye kıyılarında bulunan tüccarlar, yeni kumaşları Akdeniz ülkelerine götürmüşlerdir (İmeryüz ve Sandıkçoğlu, 1968; Sönmez, 1974).

MÖ 800 yılında Anadolu'nun batısı Frikya'da yapağının inceliği ile ünlü koyunlar yetiştirildiği ve bunların daha sonra Romalılar tarafından Yunanistan, İtalya ve Kuzey Afrika yolu ile İspanya'ya götürüldüğü tahmin edilmektedir. İspanya'da Arap hakimiyeti altında ince yapağıya sahip koyun yetiştirilmesine çok önem verilmiş ve asırlar boyu sürdürülmüştür. Bu koyunlar daha sonra Merinos ismini almış ve 18. yy kadar ülke dışına çıkarılması

yasaklanmıştır. Merinos koyunları sonraki yıllarda önce Avrupa daha sonra dünyanın farklı ülkelerine götürülmüştür (Batu, 1962). Koyun ve yapağının uygarlıkların yayılmasında önemli katkısı bulunmaktadır. İnsanlar sıcak tutacak giysiler yapmak için koyun yapağını kullanmayı öğrendikten sonra, daha soğuk iklimlere göç etme ve buralarda yaşama şansı bulmuşlar, koyun sürülerini yanlarına alarak güvenilir bir besin kaynağına da sahip olmuşlardır.

Yapağının tarihi, neredeyse insanın tarihi ile eş zamanlıdır. İnsanların neden giyindiği hakkında pek çok farklı teori vardır. İkel insan, tevezudan çok ısınmak için yapağıya sarılmıştır. Modern insanın giyim alışkanlığı, toplumsal beklentilerden (dekoratif, rahatlık, korunma, özdeşleşme), modayı takip etmeye kadar pek çok etmenden kaynaklanır (Şekil 1). Yapağı, insanın ilk kez giyindiğinden beri denklemin bir parçası olmuştur. En eski yünü dokuma ürünler binlerce yıl öncesine dayanmakta olup, yünün tarihi zengin ve karmaşıktır. Yünlü ürünler çağlar boyunca ticaret, ekonomi ve modada etkili olmuş, tekstil ticareti 15. yy da önemli bir ivme kazanmıştır. Bu dönem, aynı zamanda İspanya ve İngiltere'nin koyun ve yün ihracatını yasaklamaya başladığı dönemdir. Tekstil endüstrisi, 18. yy da sanayi devrimi sırasında evden fabrikalara taşınmış, daha az parayla daha hızlı ve kaliteli kumaş üretebilen makinelerle tekstil endüstrisi ev tezgâhlarından fabrikalarda seri üretime geçmiştir (Anonim, 2022a). Bugün moda tasarımcıları, yapağının doğal faydalarını öne çıkararak kaliteli giysiler üretmek için en yenilikçi yünü kumaşlarla çalışmaktadır. Yünün sadece insanları sıcak tuttuğu efsanesi, Bedevi çöl göçebelerinin kendilerini serin tuttuğu için yünü giysiler giymesine yıkılmıştır. Aslında 20. yy kadar yıl boyunca yünü giysilerin kullanılması oldukça popüler olmasına rağmen, sentetik liflerin ortaya çıkışı ile giyim tercihlerinde önemli değişimler gerçekleşmiştir.



Şekil 1. Yapağının önemine genel bir bakış (Doyle vd., 2021)

4. Yapağı Üretimi ve Talebi

Koyun yetiştiriciliği ve dolayısıyla da yapağı üretimi, dünyanın birçok bölgesinde gerçekleşmektedir. Yapağı, farklı hayvanlardan elde edilen keratin liflerinin üretimi olarak da adlandırılabilir, genel anlamda kaşmir, alpaka, tiftik, yak, geyik ve deve lifleri içinde kullanılabilir. Yapağı, geniş anlamda hayvanlardan kırılarak, taranarak veya yolmak suretiyle elde edilen, bükülüp iplik yapılabilen ve dokumada kullanılan her türlü hayvansal kıllar topluluğudur. Özel anlamda yapağı, koyundan kırılmadan sonra elde edilen kirliliğe haldeki gömlekteki liflerin tümüdür. Yün, kirliliğinin yıkınması ve yabancı maddelerden arındırılmış halidir. (Sönmez, 1974). Koyun yapağısından elde edilen lif özellikleri, ırk, yaş, çevre ve yerel pazar gereksinimlerine göre değişmektedir.

Sentetik liflerin 19. yy sonlarında başlayan, ancak 1950'lerde uygun şekilde pazarlanabilir hale gelen gelişimi, sadece giyim endüstrisini değil, aynı zamanda koyun yetiştiriciliğinde de bir değişim yaratmıştır. 1980'lere geldiğinde, petrolden elde edilen sentetik kumaşlar tekstil pazarını ucuz, hızlı üretilen giysiler, diğer evsel ve endüstriyel ürünlerle karşıladığı için yapağının ve diğer doğal liflerin kullanımı azalmıştır. Bir zamanlar ülkelerin ulusal zenginliğini oluşturan yapağı, sahip olduğu pazar payını kaybetmiştir. Koyun yetiştiricileri için, dünya pazarında yapağı değerindeki kayıp, yetiştiricilerin elinde tuttukları hayvan sayısını azaltmaya ve yavruları uzun süre elde tutmak yerine, koyun sayısını artırmadan kasaplık kuzu eti üretimine yönelmeyi zorunlu kılmıştır. Bu, Sanayi Devrimi'nin ucuz ve hazır ete ihtiyaç duyan, giderek kentleşen bir nüfus oluşturmasıyla başlayan bir eğilimin hızlanmasını da sağlamıştır. Gelinen noktada yapağı üretimi, bugün küresel tekstil lifi arzının yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır

(Tablo 1). Koyunlardan elde edilen yapağı, bu miktarın yaklaşık yarısına katkıda bulunur. Yapağı üretiminin azalması ve suni elyaf üretiminin neredeyse iki katına çıkması nedeniyle yapağının ekonomiye olan katkısı son 20 yılda yaklaşık %50 azalmıştır. (IWTO, 2019).

Toplam yapağı üretiminin yaklaşık 2 milyon tonu bulmasına rağmen, giyim üretiminde kullanılan lifin sadece yaklaşık %1'i yapağı veya yapağı bazlı olup, üretilen yapağının diğer kullanımı ev tekstili üzerinde yoğunlaşmaktadır. Sürdürülebilir yapağı üretimi, organik olarak sertifikalandırılabilen, yüksek hayvan refahı standartlarında ve doğru arazi yönetimi ile ilişkilendirilmektedir. Yapağı, tüm dünyada koyunlar tarafından üretilen, termal özellikleri ile tanınan doğal, dayanıklı ve uzun ömürlü bir elyaf olarak tanınmaktadır. Bu özelliklerine rağmen hazır giyim sanayinde kullanımı olması gereken seviyenin oldukça altındadır.

2020 yılında yün, toplam 2,5 milyar dolarlık ticaretle dünyanın en çok ticareti yapılan 653. ürünü olmuş ve dünya toplam ticaretinin %0,015'ini oluşturmaktadır. Yapağı, moda, aktif giyim, iç mekân, döşeme, havacılık, inşaat sektörleri gibi çok farklı kullanım alanlarına sahip bir üründür. Araştırma ve geliştirme çalışmaları ile farklı kullanım alanlarında değerlendirilmesi ile her yıl farkındalığı daha fazla artmaktadır. Endüstriyel anlamda, yetiştiricilerden tekstil sanayinde çalışanlarına ve perakende sektörüne kadar farklı düzeyde milyonlarca insanı istihdam etmektedir. Başlıca yapağı üreticileri arasında Çin, Avustralya ve Yeni Zelanda öne çıkmaktadır. 2020 itibariyle Avustralya %62,9'luk bir pay ile yapağının başlıca ihracatçısı iken (1,58 milyar dolar), en büyük ithalatçı %66,2 ile Çin'dir (1,66 milyar dolar) (Anonim, 2022b). Bu noktada özellikle Çin'in yapağıya dayalı tekstil sanayinde sadece ülkedeki üretimin yanında, ithalat ile de hammadde taleplerini karşılamaktadır.

Tablo 1. Dünya lif üretimi (Anonim, 2021).

Lif çeşidi	Üretim (milyon ton)	Pazardaki payı (%)
Hayvansal lifler		
Yapağı-Koyun	1.1	1.0
Yapağı-Diğer	0.05	0.05
Alt kıl	0.53	0.5
İpek	0.11	0.1
Bitkisel lifler		
Pamuk	26.2	24.0
Diğer	6.5	6.0
Sentetik lifler		
Polyester	57.1	52.4
Poliamid	5.4	5.0
Polipropilen	2.9	2.7
Akrilik	1.7	1.6
Elastan	1.1	1.0
İnsan yapımı selülozik lifler (Viskon, Asetat, Lyocell, Modal, Cupro)	6.5	5.9
Toplam	109.2	

Dünya kirli yapağı üretimi 2020 yılında 1,9 milyon ton civarında olup, son 25 yıl içinde yaklaşık %25'lik bir azalma gerçekleşmiştir. Kirli yapağı üretiminde öne çıkan ilk on ülke Tablo 2'de verilmiştir. Bu ülkeler içinde Avustralya, Yeni Zelanda, Rusya ve Güney Afrika'da yıllar içinde belirgin bir düşüş görülürken, özellikle Çin'deki gelişme dikkate değerdir. Son 25 yıllık dönem içinde Avustralya'nın toplam kirli yapağı üretimindeki payı %28 den %18'e kadar azalmış, buna karşılık, Çin payını %10'dan %17'ye yükseltmiştir. Türkiye'nin bu yıllar arasındaki üretimdeki payı %2-4 arasında bir değişim göstermiştir. Yapağı endüstrisi, bir milyardan fazla koyundan oluşan küresel bir sürüden yılda yaklaşık 1.031.000 ton temiz yapağı (yün) elde etmektedir (IWTO, 2022). Dünya temiz yapağı üretimi kirli yapağı üretimine bağlı olarak son 25 yıl içinde %32 azalmıştır. Dünya temiz yapağı üretimi ile öne çıkan ilk on ülke Tablo 3'te verilmiştir. Temiz yapağı üretimi bakımından Çin, Türkiye, Sudan ve İran dışındaki ülkelerde üretimde azalmalar yaşanmış, özellikle Avustralya ve Yeni Zelanda da azalma %53'e ulaşırken, Çin ise en yüksek artışı elde etmiştir (%15). 2020 yılı itibariyle toplam temiz yapağı üretiminde Avustralya %22,1 ile ilk sırada yer alırken, bunu Çin %13,5, Yeni Zelanda %9,4 ve Türkiye %3,8 ile izlemiştir.

Yapağı ile ilişkili gelecekteki talepleri gelişmekte olan yeni pazar olanaklarından yararlanma potansiyeli belirleyecektir. Geleneksel pazarlardaki azalan getiri nedeniyle, tenle temas eden giysiler

yapağı için yeni bir büyüme alanı sunmaktadır (Rowe, 2010). Yapağının pazarlaması, yün kullanımını geleneksel olmayan pazarlara yaymaya odaklanmıştır. Bu, tene yakın triko ve aktif spor giyim pazarını içermektedir. Belirtilen pazarlar yünlü ürünlerin kullanılmasının gerekliliğini temel bir katman veya tene dost olarak tanımlanması yanı sıra, düşük lif çapına (18 µm'den az) sahip olması, nefes alabilmesi, kokuya dayanıklı ve nem tutma gibi benzersiz lif özelliklerinden yararlanılmasının gerekliliği üzerinde durmaktadır. Ayrıca, sürdürülebilirlik konumunu ölçmek için yaşam döngüsü değerlendirmesinde kullanımına göre yünün temiz ve yeşil eko konumu onu, çevreye duyarlı tüketici için cazip kılmaktadır. Tene yakın triko pazarının talep ettiği bazı özellikler öne çıkmaktadır. Yün kumaşa dokunulduğunda yumuşak olmalı ve bir tüketici konforu sağlamak için ağırlıklı olarak kaba liflerin (30 µm'den fazla) neden olduğu tende rahatsızlık hissi yaratmamalıdır. İncelik değerine göre tahmini temiz yapağı üretimi Tablo 4'te verilmiştir. Avustralya dünyanın 19.6 µm'den daha ince olan yapağı üretiminin yaklaşık %95'ini sağlamaktadır (Cottle, 2010). Bir tekstil ürününde yünün yaygın kullanımını sınırlayan en önemli kısıt sentetik elyaf ve pamuk gibi diğer doğal liflere göre, üretilmesi ve işlenmesi yaklaşık 4-7 kata varan yüksek maliyetlidir (Cottle, 2010). Doğal olarak, bu maliyeti karşılayabilmek için yünlü dokumaların satış fiyatının daha yüksek olmasının yanı sıra yünlü ürünlerin niş bir ürün olarak pazarlanabilmesidir.

Tablo 2. Kirlı yapağı üretimi (ton) (FAOSTAT, 2022; IWTO, 2022).

Ülkeler	Yıllar					
	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Avustralya	730.988	666.000	520.000	411.017	427.000	355.878
Çin	277.375	292.502	393.172	386.768	427.464	333.625
Yeni Zelanda	288.535	257.357	215.500	177.900	153.800	136.400
Türkiye	70.000	43.139	43.176	42.823	59.196	79.754
Fas	36.000	40.000	47.065	53.938	60.204	58.839
İran	50.900	75.000	74.568	63.828	56.453	58.372
Sudan	38.000	40.000	64.853	55.000	58.692	57.721
Rusya	93.012	40.088	48.800	53.521	55.644	51.660
Güney Afrika	67.870	45.319	44.191	44.730	45.609	50.661
Hindistan	41.440	48.400	44.900	42.991	43.600	45.844
Diğer ülkeler	902.147	757.133	768.601	725.762	738.120	732.421
Dünya	2.596.267	2.304.938	2.264.826	2.058.278	2.125.782	1.961.175

Tablo 3. Temiz yapağı üretimi (ton) (FAOSTAT, 2022; IWTO, 2022).

Ülkeler	Yıllar					
	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Avustralya	472.510	438.295	332.280	259.763	277.123	221.356
Çin	121.618	127.919	175.089	162.443	179.535	140.123
Yeni Zelanda	213.400	193.300	158.498	131.441	114.658	99.981
Türkiye	36.000	31.000	22.896	21.412	29.598	39.877
Güney Afrika	41.379	28.731	28.024	26.838	27.365	30.128
Sudan	18.000	22.500	22.500	27.500	29.346	28.860
Hindistan	33.152	38.080	35.920	27.944	28.340	27.218
Arjantin	56.566	38.911	49.622	33.630	28.648	26.688
İran	22.905	24.255	24.255	28.723	25.404	26.267
Rusya	41.855	17.658	21.615	26.761	27.822	25.830
Diğer ülkeler	462.852	382.556	348.353	352.369	364.290	391.593
Dünya	1.520.237	1.343.205	1.219.052	1.098.824	1.132.129	1.031.233

Tablo 4. İncelik değerine göre tahmini temiz yapağı (yün) üretim miktarı (ton) (FAOSTAT, 2022; IWTO, 2022)

İncelik değerleri	Yıllar					
	1995	2000	2005	2010	2015	2020
İnce ($\leq 24.5 \mu\text{m}$)	648.317	557.439	465.953	399.889	423.068	381.742
Orta ($24.6-32.5 \mu\text{m}$)	313.362	276.377	259.843	243.968	263.141	226.464
Kaba ($>32.5 \mu\text{m}$)	558.558	509.389	493.257	454.876	445.876	422.830

5. Yapağının Fiziksel Özellikleri

Koyunlar tarafından yıl boyunca geliştirilen yapağı, güneş ışığı, temiz hava, ot ve suyun basit karışımıyla oluşan %100 doğal ve yenilenebilir bir kaynaktır. İnsanoğunun bildiği tüm hava koşullarına karşı korumanın en etkili doğal biçimlerinden olan tekstil ürünleri üretmek için geliştirilmiştir. Koyunlar her yıl yeni bir yapağı üreterek yapağıyı yenilenebilir bir lif kaynağı haline getirir.

Yapağı doğada %100 biyolojik olarak parçalanabilir ve bunu sağlayan insan saçında bulunan proteinin benzeri olan keratin adı verilen doğal bir proteindir. Bu yapağıya direnç ve elastikiyet ayrıca toprakta ayrışma, toprağı zenginleştirme ve yeni yaşanı

besleme yeteneği verir. Oysa sentetik liflerin önemli bir kısmı son derece yavaş bozulur ve toprağa zararlıdır.

Dayanıklısıdır, mikroskobik düzeyde, her bir yapağı lifi, büküldükten sonra doğal şekline dönen sarmal bir yay gibidir. Bu, yünlü giysilere kırışıklara karşı doğal bir direnç kazandırır. Bu özellik takım elbiseler ve egzersiz yaparken giyilen yünlü giysiler vb. önemli bir avantaj sağlar. Yün, sentetik olarak kopyalanamayan keratin proteini sayesinde olağanüstü bir mekanik esneme özelliğine sahiptir. Yün bir yay gibidir, %30'a kadar esnetildikten sonra bile doğal şekline dönmelerini sağlayan doğal bir kıvrıma sahiptir. Tek bir elyaf kırılmadan 20.000 kez bükülebilir ve tekrar kendini toplama ve doğal şekline dönme gücüne sahiptir, bu da giysi değiştirme ihtiyacını azaltır ve yünlü ürünlerin uzun süre

görünümleri bozulmaz (Anonim, 2022c). Pamuk yüne göre göre yedi kat daha hızlı kırılır.

Yenilikçidir, moda tasarımcıları ve spor giyim markaları, yünlü giysiler üzerinde benzersiz dokunuşlar için bir dizi yenilikçi işlem ve üretim tekniği arasından seçim yapabilir. Deri üzerinde yumuşaklık hissi verir. Yapağı lifleri son derece ince olup kaba liflere göre daha fazla esneklik özelliğine sahiptir. Bu özellik, yünün deriye temasında yumuşak ve rahat bir his oluşmasını sağlar.

Isı yalıtımı sağlar. Sentetik liflerin aksine yapağı, vücut sıcaklığındaki değişikliklere tepki veren aktif bir elyafır. Yapağıdaki kıvrımlar bunu gerçekleştirerek oluşturulan hava cepleri, yüne doğal bir yalıtkan görevi sağlar. Yünün havadaki nemi emme ve vücuttan uzaklaştırma özelliği, deriyi koyunlarda olduğu gibi kuru ve rahat olmasını sağlar. Dikkat çekici bir şekilde, aynı zamanda vücudu serin tutmak için ters yönde de çalışır. Böylece hava soğuk olduğunda sıcak, sıcakken serin kalmaya yardımcı olur. Sıcaklık ve ısıyı koruma kapsamında enerji maliyetlerini azaltmak için evlerin yalıtımında da kullanılır.

Kokuya dayanıklıdır. Sentetik liflerin aksine, yapağı nemi emebilir, bu da vücutta terin daha az görünümünü sağlar. Yapağı, yıkandıktan sonra açığa çıkan koku moleküllerini terden emebilir. Ter birikmesinin bakteriler için bir üreme alanı haline geldiği sentetik kumaşların aksine, yünün gözenekli yapısı ve antimikrobiyal nitelikleri, giysilerin hoş olmayan vücut kokusu alma riskini azaltır.

Hipoalerjeniktir, birçok insanda alerjik reaksiyonları başlatan bakteri ve küfe karşı dayanıklıdır. Havadaki zararlı kirleticileri emer ve tekrar yaymaz. İç mekânlarda kullanılan yünlü ürünlerin 30 yıl boyunca havayı temizlemeye yardımcı olabileceği tahmin edilmektedir. Toz akarları yünü sevmezler ve hayatta kalmak için neme ihtiyaçları vardır. Yün nemi ve sıcaklığı düzenlediği için toz akarları için cazip bir kaynak değildir. Yündeki mikroskobik gözenekler, ev tozu akarlarının üremesi ve büyümesi için oldukça elverişsiz olan nemdeki herhangi bir küçük değişikliğe etkili bir şekilde yanıt verir. Yün, alerji ve astım hastaları için ideal bir üründür. Yün yataklar ve yatak takımları, sadece alerjisi olanlar için değil, aynı zamanda bunu kullananların uyku konforunun daha iyi olduğu ortaya konmuştur.

Bakımı kolay olan yünlü ürünler lekelerin emilmesini önleyen doğal bir koruyucu tabakaya sahip olup, statik dayanıklı oldukları için daha az toz alırlar. Ayrıca yünlü ürünlerin sık yıkamaya ihtiyacı olmayıp, iyi bir havalandırma genelde bu işi yerine getirmektedir.

Çok kullanılan ve geri dönüştürülen elyafır. Yünlü giysiler, ev tekstili ve yalıtım malzemesi gibi yeni uzun ömürlü ürünlere dönüştürülmek için en çok aranan geri dönüştürülmüş tekstil hammaddelerinden biridir.

Suya dayanıklı olup, yün nem damlacıklarını iter. Islaklık hissi vermeden kendi ağırlığının üçte biri kadar nemi emebilir. Sadece kendi ağırlığının %30'u kadar su ile doyduğunda ıslaklık hissi verir.

Yünün doğal kimyasal yapısı, onu aleve dayanıklı hale getirir. Yünün tutuşması, naylon, polyester ve pamuklu ürünlere göre daha zordur. Oteller, uçaklar, hastaneler ve tiyatrolar gibi ortak kullanım alanlarında oldukça güvenilir bir doğal elyafır. Pamuk 255 °C'de tutuşurken, yünün tutuşması için sıcaklığın 570-600 °C'ye ulaşması gerekir; polyester 252-292 °C'de ve naylon 160-260 °C'de erirken, yün alev alırsa, için için yanar, kendi kendine söner ve en önemlisi erimez. Bu nedenle yangın esnasında giyilen yünlü giysiler sentetik olanlar gibi deriye yapışmaz (TWC, 2022).

UV ışınlarına dayanıklıdır. Yünlü giysiler, diğer liflere göre güneşten daha iyi koruma sağlar. Koyunları dış etkenlere karşı korumak için milyonlarca yılda gelişen yapağı, UV radyasyonunu emer ve güneşten koruma sağlar. Bu özellik, çok çeşitli açık hava olaylarına karşı ürünlerde bir üstünlük sağlar (Anonim, 2022c).

6. Yünün Geri Dönüştürülmesi

Yün, döngüsel ekonominin en iyi örneklerinden biridir. Yün, aktif spor giysilerinden klasik olanlara kadar çeşitli giyim ürünleri üretmek için kullanılan çok yönlü, doğal bir liftir (Wiedeman vd., 2020). Kaynak temini, uzun hizmet ömrü ve biyolojik olarak parçalanabilirliği nedeniyle sürdürülebilir bir liftir. Bununla birlikte, yün üretim süreci kirliliğe ve zararlı emisyonlara neden olabilir. Geri dönüştürülmüş yünün pazar payı oldukça düşük olmakla birlikte, kullanımı, saf yünden yapılan kumaşların üretimi ile ilgili olumsuz çevresel etkileri azaltabilir (Opperskalski vd., 2020). Yünün geri dönüşümü, aşağıda belirtilen üç sistem de dahil olmak üzere çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir (IWTO, 2022; Bamonti vd., 2016).

Açık döngü sistemi: Yünlü dokumalar, yeniden kullanım için değerlendirmeye alındığında genellikle kıyafet dışında farklı tekstil ürünlerine dönüştürülür. Daha önce giysi olarak kullanılan ürünler dönüştürülüp ısı yalıtımı, akustik yalıtım ve şilte dolgusu gibi endüstriyel ürünler üretilir.

Kapalı döngü sistemi: Yünlü giysileri ham elyaf durumuna geri çeker ve bir kez daha yeni giysiler üretebilen iplik oluşturur. Bu sistem, benzer kalitede tekstil ürünleri üretimi ve triko gibi orijinal giysilerde kullanılır.

Yeniden mühendislik: Yünlü dokumaların farklı amaçlara sahip yeni ürünlere dönüştürülmesini veya yeni ürünler üretmek için yan akımların ve/veya yün üretim atıklarındaki yan ürünlerin kullanılmasını içerir.

Geride dönüştürülmüş yünün kullanılması ile yeni bir yün giysi üretmek için gereken boya miktarı daha az olacaktır. Özellikle boyama işleminin yüksek enerji tüketimi ve kimyasal kullanımı gerektirdiğinden, kumaş üretiminin çevresel etkisini azaltır. Geri dönüştürülmüş yünün kullanılması, kumaş üretiminde işlenmemiş yünün kullanılmasından kaynaklanan çevresel etkileri de ortadan kaldırır (Wiedemann vd., 2020). Bu olumsuz etkiler, koyunların doğal olarak ürettiği metan emisyonlarını ve işlenmemiş yünün yıkanmasından kaynaklanan su kirliliğini de içerir. Geri dönüştürülmüş yün için başka bir uygulama ise, diğer liflerle harmanlayarak yeni karışık kumaşların üretilmesidir. Bu yararlı bir yaklaşım olarak görülse de karışık kumaşların geri dönüştürülmesi (belirli liflerin çıkarılması ve ayrılması) zorlu bir süreç olduğundan, kumaştaki yünün daha fazla geri dönüştürülme kabiliyetini sınırlar (Ravasio ve Rodewald, 2018). Geri dönüştürülmüş yün kullanmanın olumlu etkileri üretimde hammadde ihtiyacını azaltmanın bu tür doğal liflerin sürdürülebilir kullanımına nasıl yardımcı olabileceğini de göstermektedir.

7. Yünlü Ürünler ve Çevre

Plastik ve sentetik malzemelerin çevre üzerindeki etkisi artmaya devam ederken, yün gibi doğal liflerin kullanılmasının bu etkiyi azaltabilme noktasında iyi bir seçim olup olmadığı yaklaşımı birlikte değerlendirmelidir. Yün lifleri, sentetik liflerden daha iyi performans gösterebilen doğal özelliklere sahiptir. Yünlü ürünler daha uzun süre dayanır, düşük sıcaklıklarda daha az yıkama gerektirir, kolayca geri dönüştürülebilir ve ayrıca hem toprakta hem de suda biyolojik olarak parçalanabilir ve herhangi bir mikro plastik kirliliğine katkıda bulunmaz. Yapılan çalışmalar okyanuslardaki mikro plastiklerin %20-35'inin giysilerden kaynaklandığı ortaya konmuştur. Bunların önemli bir kısmı

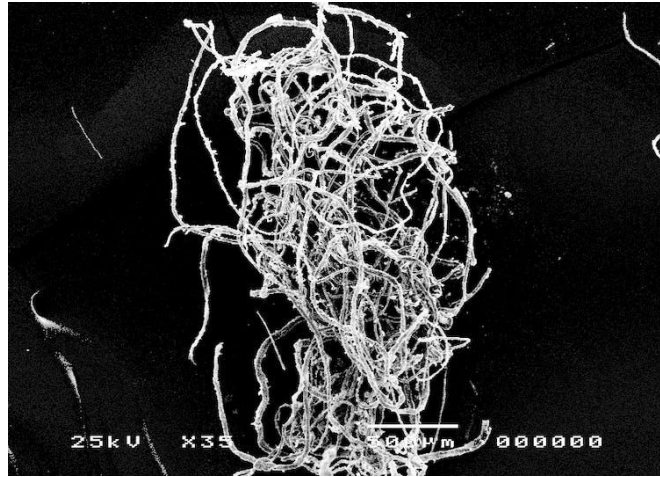
çamaşır yıkama esnasında üretilen ve yıllar içinde endişe verici bir şekilde büyüyen mikro plastik kirliliğidir (Granskog vd., 2020). Her bir yıkamada atık suya 1900'den fazla elyaf bırakan bir polyester giysi ile karşılaştırıldığında, yünlü ürünler daha az yıkama gerektirir ve suyollarına küçük plastik elyaf bırakmazlar. Genel olarak, yünlü giysilerin üretilmesi ve yıkanması için daha az su kullanır. Örneğin, yüz adet yün süveter üretmek için polyesterden %18 daha az enerji ve pamuğa göre yaklaşık %70 daha az su kullanılmaktadır (TWC, 2020).

Sentetik liflerden yapılan ürünlerin bozunması 40 yıla kadar sürebilirken, doğal bir lif olan yün bu sürenin çok küçük bir bölümünde bozulur. Bu durum yünün insan saçındaki proteine benzer doğal bir protein olan ve çevresel bir tehlikeye neden olmadan doğal olarak parçalanabilen keratinden kaynaklanmaktadır. Yün doğal şekilde biyolojik olarak parçalanır, bu nedenle çöplükler, denizler ve okyanuslarda uzun bir kalıcılığı yoktur. Yün, yıkama sırasında elyaf dökmesine rağmen, bu lifler çevreye herhangi bir zararlı etki yaratmadan doğal olarak parçalanmaktadır. Ayrıca yün, değerli besinleri yavaş yavaş toprağa geri salma ve oldukça etkili bir toprak şartlandırıcısı olarak işlev görmesi ile aylar veya yıllar içinde toprakta ayrıştığından atıkların düzenli depolama alanlarına gitmesini de azaltacaktır.

Giysilerdeki sentetik liflerin, su kaynaklarına ve gıda zincirlerine giren iki ana mikro plastik kaynağından biri olduğu belirtilmektedir. Sentetik ürünler her yıkandığında, yüz binlerce mikrolifi kanalizasyonlara bırakır. Yapılan bir araştırma, örneğin sentetik bir ceketin yıkamanın atık sulara yaklaşık bir milyon mikro lif (1.7 g) bıraktığını, bunların yaklaşık %60'ının arıtma tesislerine ve önemli bir kısmının ekim alanlarına yayıldığı, %40'ının ise denizlere ve balıklara ulaştığını belirtmektedirler (Welden, 2017).

Mikroplastik kirliliği, dünyanın en kritik küresel sorunlarından biri olarak kabul edilmektedir. Küresel olarak her yıl 12,2 milyon ton plastiğin denizlere ulaştığı tahmin edilmektedir. Bunun 3,2 milyon tonunun birincil mikroplastik yani doğrudan çevreye salınan 5 mm'den küçük parçacıklar olduğu tahmin edilmektedir (IWTO, 2020). Mikroplastik kaynağı olarak daha az bilinen, küçük plastik lifler oluşturan sentetik kumaşların parçalanmasıdır. Araştırmalar artık bunların tortu ve su örneklerinden elde edilen en yaygın mikroplastik formu olduğunu göstermekte ve büyük çoğunluğu evlerdeki çamaşır yıkama ile ortaya çıkmaktadır. Çamaşır makinesinde giysilerin aşınması ile makinenin filtreleri tarafından yakalanamayacak kadar çok küçük lifler ortaya çıkar. Bu lifler, daha sonra atık suda kanalizasyon sistemine taşınır, ancak diğer katı maddelerin ve kirleticilerin yakalandığı arıtma tesislerinde uzaklaştırılmayacak kadar küçük olduklarından, lifler nehirlere, denizlere ve okyanuslara ulaşır.

Plastikler su ortamında çok yavaş parçalanır, bu nedenle okyanus ve denizlerdeki lif miktarı yıldan yıla artmaktadır. Birçok plastik hareketlidir, yüzer özelliktedir ve sudaki binlerce kilometrelik seyahati sırasında çok çeşitli hayvanları etkileyebilirler. Mikroplastikler çok küçük olduğundan, çeşitli deniz türleri tarafından tüketmek için doğru boyuttadırlar. Balıklar, yengeçler, istakozlar, midyeler, denizhiyarları ve daha pek çok canlıların bunları tükettiği bilinmektedir. Bu canlılarının yaşam döngülerini bir şekilde etkilediği hatta ölümlere yol açtığı belirlenmiştir (Welden, 2017). Plastik yiye türlerden bazıları sofralarda yemek tabaklarına gelebilir. Birçok balık türü tüketilmeden önce sindirim sistemi çıkarılmakla birlikte midye gibi omurgasızlar bütün olarak tüketilmektedir (Şekil 2). Geline nokta deniz ürünlerinden mikroplastik transferi ile bağlantılı olumsuz sağlık problemlerine dair henüz bir kanıt bulunmamakla birlikte, lifler kesinlikle su kaynaklarındadır ve plastik alımının etkisi, balıkçılığın geleceğini ve gidaların besin değerini etkileyebilir.



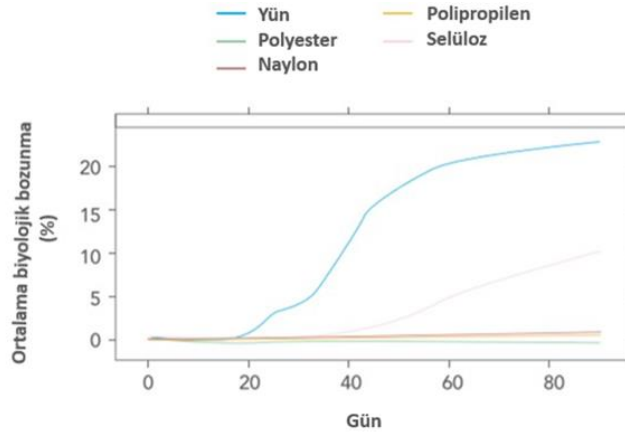
Şekil 2. Kerevitin midesinden çıkarılan plastiklerin elektron mikroskopu görüntüsü (Welden, 2017)

Dünya nüfusu arttıkça, daha fazla sentetik elyaf üretilecek ve yıkanacak, plastik liflerin yıllık salınımı ve çevre üzerindeki etkileri daha da artacaktır. Dolayısıyla önümüzdeki yıllarda deniz canlılarının çok daha fazla bu şekildeki atıklara maruz kalacakları gözden uzak tutulmamalıdır. Soruna karşı bir strateji olarak yün gibi doğal liflerin giyim ve iç mekân tekstillerinde kullanımı artmaya başlamıştır. İlk araştırmalar, yünün suda kolayca biyolojik olarak bozunduğunu ortaya koymuştur (Brown, 1994; Zhao vd., 2016; IWTO, 2020). Bu kapsamda yapılan çalışmalarda; yünün deniz, laboratuvar ve saha testlerinde biyolojik olarak

parçalanabilir olduğu gösterilmiştir. Yeni Zelanda'daki in vitro deneyler, deniz suyunda 21 gün inkübasyondan sonra yün liflerinde yüzey hasarı olduğu ortaya konmuştur. Bakterilerin denizlerin bozunmasında önemli bir rol oynadığı, toprakta ise mantarlar önce yün lifini zayıflattığı ve ardından bakteriler kalan elementleri parçaladığı belirlenmiştir (Tablo 5). 7-8 ay sonunda yün liflerinin bozulması oldukça ilerlemektedir. Yutulması halinde, kuşların sindirim sistemindeki doğal mikroliflerin büyük olasılıkla sindirildikleri belirtilmektedir (IWTO, 2020).

Tablo 5. Tekstil ürünlerinin denizlerde bozunma süresi (Brown 1994; Zhao vd., 2016; NOAA, 2007; OC ve NOAA, 2013)

Ürün	Biyolojik bozunma
Pamuklu gömlek	2-5 ay
Yün çorap	1-5 yıl
Naylon kumaş	30-40 yıl
Deri	50 yıl
Lastik çizme tabanı	50-80 yıl
Tek kullanımlık bebek bezi	450 yıl



Şekil 3. Tekstil liflerinde biyobozunma (Ranford, 2019)

Yünün toprakta 6 ay, denizde ise 1-5 yıl içinde tamamen bozulabileceği, ayrıca kompost yığırında tamamen biyolojik olarak parçalanabilir ve toprak şartlandırıcısı olarak kullanılabilirliği belirtilmektedir (Şekil 3). Bu da, yünlü ürünlerin kullanılmayıp atılsa bile yararlı olmaya devam ettiği anlamına gelir. Daha da önemlisi, tamamen bozduğu için her yıl okyanuslar ve denizlere karışan mikroplastik kirliliğine katkıda bulunmamaktadır (Browne vd., 2011).

8. Yün Yaşam Döngüsünün Değerlendirmesi

Yaşam döngüsü değerlendirmesi, ürünlerdeki süreç veya hizmetlerin çevresel etkilerini değerlendirmek için kullanılan bir teknik yaklaşımdır (IWTO, 2020). Çiftliklerde koyunlardan sadece yapağı değil aynı zamanda et, süt ve gübre üretilmektedir. Çiftlik verilerinin bu farklı ürünler arasında bölünmesi gerekir. Bu noktada ürünler arasında veri paylaşımı için en kesin yöntemin biyofiziksel tahsis olduğunu belirtilmektedir (Wiedemann vd., 2015). Bu yöntem, her bir ürünü üretmek için gereken protein oranına dayanmaktadır. Tüm ürün yaşam döngüleri için doğru ve dengeli hesaplamalar yapılmasını sağlamak üzere yeni yöntemler geliştirilmektedir. Diğer taraftan koyun ırkları, üretim sistemleri, iklim ve ülkeler gibi farklı değişkenlerin yapağı gibi doğal lifler için bölgesel veriler mevcut değilse, sonuçları yorumlarken ve özellikle karşılaştırmalar yaparken dikkat edilmelidir. Çiftlik temelinde çevresel etkiler; sera gazı emisyonları, fosil enerji kullanımı, çiftlikte su stresi seviyeleri, tatlı su tüketimi, arazi kullanımı ve diğer etkiler olarak sıralanır (FAO, 2015). Yünlü giysiler için yapağı üretimi, çiftlik kaynaklı toplam sera gazı emisyonunun yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır (Thomas vd., 2012). Baskın sera gazı, koyunlar ve diğer geviş getiren hayvanların doğal sindirim sürecinin bir yan ürünü olarak salınan metandır.

Yapağının işleme ve son ürün haline dönüştürülmesinde, önemli etki kategorileri su, sera gazı, enerji ve farklı aşamalarda kimyasal kullanımından kaynaklanan etkilerdir. Taşıma dahil olmak üzere işleme ve üretim aşaması için doğru verilerin elde edilmesi, genellikle birçok farklı sektörlerin dahil olması nedeniyle zordur.

Bu aşamada gerçekleşen işlemler; tarama (tops yapma), bükme, boyama, dokuma, apre, kesme ve dikme olarak sıralanır. Diğer liflerden yapılan giysiler için en büyük sera gazı kaynağının, karbondioksit eşdeğeri birimler cinsinden toplam yaşam döngüsü emisyonlarının üçte birini oluşturan kumaş üretim aşaması (dokuma, örme, işleme vb.) olduğu ortaya konmuştur (Thomas vd., 2012).

Kullanım aşaması ise yünlü ürünü kullanan, giyen ve bakımını yapan tüketicinin çevresel etkilerinin ölçüldüğü aşamadır. Kullanım aşaması, yünün diğer liflere göre düşük çevresel etkiye sahip olmasının beklendiği aşamadır. Yünlü giysilerin daha az ve düşük sıcaklıklarda yıkandığı, havayla kurutulduğu ve diğer liflerden yapılan giysilere göre daha uzun süre dayandığı belirtilmektedir. Kullanıcı alışkanlıkları ülkeler arasında farklılık gösterdiğinden, kullanım aşaması etkilerinin ölçülmesi çok karmaşık olmakla birlikte, genellikle bu aşamada yün için etkiler daha düşüktür. Bunlar; yıkama için kullanılan su miktarı, yıkama sıcaklıkları, kurutma yöntemleri, yıkamadan önceki aşınma sayısı, giysinin ikinci veya sonraki bir sahibi tarafından kullanıldığı durumlar da dahil olmak üzere, giysinin kullanım ömrü olarak sıralanır.

Hayatın veya kullanım ömrünün sonu aşamasına gelindiğinde artık ihtiyaç duyulmayan bir ürüne ne olduğu ile ilgili etkilere bakılır. Yün giysiler oldukça dayanıklı olduğundan, genellikle ikinci ve üçüncü kullanım aşaması için bir başkasına verilir veya yeniden satılır (Russell vd., 2016). Yün, doğal karbon döngüsünün bir parçasını oluşturur. Yünlü kıyafetler, sera gazı olan karbondioksitten gelen karbonu tutarak, giysinin kullanıldığı süre boyunca gazın iklim değişikliğine etkisi yönünde olumlu katkı sağlar (Russell vd., 2016). Tüm bu CO₂, büyüme sırasında otlar tarafından kullanıldığı andan, ürününün kullanım aşamasında koyun üzerinde yapağıya dönüştürüldüğü zamana, atılana ve biyolojik olarak parçalanana kadar, ürünün ömrü boyunca atmosferden uzaklaştırılır. Birçok yünlü giysi için bu süre oldukça uzar çünkü yün çeşitli tekstil ürünlerinde kullanılır veya geri dönüştürülür (Şekil 4).



Şekil 4. Yapağının karbon döngüsü (Anonim, 2022d)

İnsanların moda endüstrisinin çevre kirliliğine etkisinin farkına varmasıyla, daha fazla sayıda tüketici doğal liflerden yapılmış plastik içermeyen giysilere yönelmeye başlamıştır. Bu durumun naylon, polyester ve akrilik gibi sentetik liflere karşı bir yaklaşımın gelişmesini sağlamıştır. Bunun yerine moda endüstrisi pamuk, yapağı, kenevir ve bambu gibi daha sürdürülebilir malzemeler kullanmayı tercih etme eğilimindedirler. Özellikle teknik tasarım, izlenebilirlik ve döngüsellik ile yapağı çok daha fazla fırsata sahiptir. Ancak moda endüstrisinin yarattığı kirliliği çözümenin, sadece sürdürülebilir hammadde kullanılmasından daha karmaşık olduğuna da bilinmektedir (Henry, 2016).

9. Yünün Çevresel Etkileri

Yapağıdan yüne olan geçiş süreci birçok sorunu beraberinde getirmektedir. Hayvansal kaynaklı liflerden herhangi bir tekstil ürünü üretiminde arazi kullanımı bunlardan biridir. Artan hayvansal üretimin daha fazla ağacın kesilmesi, arazinin otlaklara dönüştürülmesi ve toprak erozyonu meydana getireceği üzerinde durulan en hassas konulardır. Yapılan birçok çalışmada, bu endişeler giderilmeye çalışılmaktadır. Özellikle koyunların otladıkları arazilerin geniş bir alanı kaplamasına rağmen, kullanılan arazilerin çoğunun ekilebilir olmadığı dikkate alınmaktadır. Bu durum, koyunların kullandıkları meraların önemli bir kısmının ürün ve ağaçlar için önemli olan verimli toprakları işgal etmediği anlamına gelmektedir. Koyunları aşırı otlatma ve toprak kalitesini bozulmaya yol açan aynı arazi üstünde uzun süre otlatmak yerine, koyunları meradan meraya serbestçe dolaşmasına izin veren otlatma modellerini uygulama atmosferdeki karbon emisyonlarını azaltmada faydalı olabilir. Meralarda otlatılan sürüler, yeni bir otlama alanına geçmeden önce otladıkları alandaki bitkilerin yeniden gelişimi, toprağın havalandırılması ve gübreleri ile zenginleşme işlevini gerçekleştirirler. Toprak, dünyanın ikinci en büyük karbon havuzudur, bu nedenle otlatma alanında karbonun atmosferden çekilip bunun yerine toprağa verilmesini sağlar.

Yapağı, polyesterin yaptığı gibi suya plastik mikrofiberleri dökmeyen doğal bir elyaftır ve kompostlanabilir. Ama daha önemlisi, yün modayı "iklim açısından faydalı" kılanın anahtarı olabilir. Bu doğru yaklaşım ile yapağı karbon üretmek yerine doğru sürü yönetimi ile aslında karbonu atmosferden toprağa ayırmaya yardımcı olur. Özellikle ekstansif üretim sisteminde ağırlıklı olarak kullanılan koyun yetiştiriciliğinin çayır meralarda otlatmanın sadece yem ihtiyacını karşılamakla kalmadığı, yayıldığı alanın ekosistemine de olumlu etki yapmaktadır. Dolayısıyla koyunları kapalı bir sistemde (entansif-yoğun) yetiştirmek o türün yüzyıllar boyunca geçirdiği değişimi de

görmek anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir lif üretim sistemlerinde otlatmanın gerçekleştiği arazileri tanımlamak için yaban hayvanların binlerce yıldır ekosistemlere yardım ettiğini göz önünde tutmak gerekir (Anonim, 2022e).

Yün tedarik zinciri boyunca çevresel etkilerin değerlendirilmesindeki en önemli belirsizlik kaynağı veri kalitesidir. Çeşitli yün üretim ve işleme sistemleri için verilerin toplanması, bazı durumlarda ticari duyarlılık nedeniyle büyük bir zorluk oluşturmaktadır (Thomas vd., 2012). Yünlü ürünlerin yaşam döngüsünün diğer aşamaları için zorluk, son derece kişisel olabilen, sosyal, ekonomik ve kültürel faktörleri yansıtan giysilerin satın alınması, bakımı ve atılmasıyla ilgili çok çeşitli insan uygulamalarına ilişkin verilerin toplanması ve analiz edilmesidir.

Diğer birçok tarım ürünü olduğu gibi yapağı da pestisit madde kalıntıları içerebilir. Yapağı ve pamuk gibi doğal liflerin işlenmesi esnasında ortaya çıkan atık sularında pestisit kalıntıları, balmumu ve mikrobiyolojik kirlenmeler bulunabilir (Shaw, 1994; Kant, 2012). Kirliliği yıkamak için bir solventle birlikte kullanılan trikloroetilen, yeterli arıtma uygulanmadığı takdirde toprak ve yeraltı sularının kirlenmesine yol açar. Çevreye güvenli bir şekilde deşarj edilmesi için atık sudaki deterjan, yüzey aktif maddeler, pestisitler ve diğer kirlenmelerin arıtılması önem taşımaktadır (Demirer ve Alkaya, 2018). Dünyanın en büyük ham yapağı üreticisi olan Avustralya, 'ekolojik etiketler' yoluyla pestisit kullanımını azaltmada başarılı sonuçlar almıştır (Cai vd., 2009). Tekstil ürünlerine yönelik küresel talep arttıkça bunların üretimi, kullanımı ve bertarafından kaynaklanan potansiyel çevresel etkiler de artacaktır. Tatlı su ekosistemleri özellikle risk altındadır. Nehirler genellikle tekstil üretimi sırasında oluşan atıkların birincil alıcıları olarak hareket eder ve bir tekstil ürününün daha geniş yaşam döngüsü boyunca salınan kirlenmelere maruz kalır. Burada küresel teknolojik ve toplumsal süreçlerin üretim, kullanma ve elden çıkarma şeklini nasıl şekillendirdiğini ve bunun çevre kalitesi ve tatlı suların ekolojik sağlığı açısından ne anlama geldiğini önemlidir (Stone vd., 2020).

10. Yapağının Alternatif Kullanım Alanları

Yapağı pazarı daraldıkça yetiştiriciler özellikle tekstil sanayinin talep etmediği kaba karışık yapağıyı değerlendirecek alternatif yollar aramaya başlamıştır. Koyun yapağısı, su tutmayı artıran ve yavaş salınan bir nitrojen kaynağı olarak diğer kompostların turba elementinin yerini almaktadır. Turba önemli bir doğal karbon deposu görevi görür, çıkarılması ve kullanımı çeşitli nedenlerle sorun oluşturabilmektedir. Bu nedenle kaldırılması arazinin karbon depolama kapasitesini azaltırken sel riskini artırır, su kalitesini etkiler ve habitata zarar verir. Bazı çalışmalar yapağı

kompostun, iyi besin profilleri ve su tutma kapasitesi ile turba bazlı formülasyonlara benzer yumuşak ve ufalanan bir dokuya sahip olduğunu göstermektedir. Yapağı, etkili bir ısı ve ses yalıtkanı olarak yeşil malzeme kullanımı temelinde inşa edilen eko evler için çok uygundur. Biyobozunur, sürdürülebilir ve çevre dostu bir malzeme olarak yapağı, özellikle dünya iklimine yönelik artan endişeler ışığında, tekstil endüstrisinin dışında birçok kullanım alanına sahiptir (Williams, 2021).

Kompost

Yapağı tamamen biyolojik olarak parçalanabilir olsa da bu işlem yapağının yapısı ve dış ortama bağlı olarak 3 ay ile 2 yıl arasında değişen bir zaman alır. Kompost oluşumu büyük bir avantaj sağlayarak toprağa azotun yavaş ve istikrarlı bir şekilde salınmasını sağlar (Şekil 5). Özellikle yapağının, piyasada bulunan bazı kompostlardan daha fazla ortalama %10-11 nitrojen

içermesi daha önemli yapmaktadır. Yapağı, nispeten yüksek seviyelerde potasyum (K), sodyum (Na), demir (Fe) ve fosfor (P) içermektedir. Koyun yapağısındaki çok yüksek K konsantrasyonu, yapağı yağından (lanolin) kaynaklanmaktadır. Seviyeleri N ve K kadar yüksek olmasa da koyun yapağısında bulunan P, gübrelerde bulunan temel besin maddelerinin (N, P ve K) tamamlayıcısıdır. Bazı araştırmalar, yapağının kompostlanmasının gerekemeyebileceğini belirtmektedir. Saksıda yetiştirilen bitkiler kullanılarak yapılan denemelerden elde edilen sonuçlar, ham yapağının bir besin kaynağı ve büyüme ortamı olarak kullanılabilirliğini, köklerin doğrudan ve tercihen yapağı lifleri üzerinde büyüdüğünü göstermektedir (Valtcho, 2005). Yapağının bitki beslenmesinde önemli olan azot, karbon, kükürt açısından zengin bir kaynak ve birçok bitki türünün üretiminde çevre dostu değerli bir toprak şartlandırıcısıdır (Górecki ve Górecki, 2010).



Şekil 5. Yapağı kompostu (Anonim, 2022f)

Malç ve mat

Su ve besin akışını önlemek için bitkilerin altında yapağı kullanılması 1900'lü yıllara dayanan bir yöntemdir. Yapağının dış yüzeyinde lanolin ve diğer mumsu maddelerin bulunması onu su itici yapmaktadır. Bununla birlikte, iç korteks daha hassastır ve suyu çeken ve yapağıyı oldukça emici yapan kükürt açısından zengin proteinlerin bir matrisini içerir ki bu özellikle boyama için önemli bir özelliktir.

Yer üstü bitkileri çevrelemek için malç amacıyla kullanılan yapağı, toprak sıcaklığını düzenlerken yabancı otların büyümesini azaltmaya yardımcı olan gözenekli bir kalkan sağlar ayrıca toprağı yazın serin kışın sıcak tutar (Şekil 6). Çok sayıda çalışma, yabancı ot büyümesini durdurmak için kullanılan yapağı hasırların etkinliğini ortaya koymuştur. Elle yabancı otları ayıklanan ve

standart bir herbisit kullanılan alanlar ile karşılaştırıldığında, yapağılı örtünün çileklerde yabancı ot gelişimini neredeyse tamamen ortadan kaldırdığı, bitki köklenmesini desteklediği ve meyve verimini arttırmıştır. Çileklerde yapağı malç işleminin kullanımını değerlendiren bir çalışmada ise yapağı içermeyenlere göre maksimum sıcaklıkların sürekli olarak daha düşük ve minimum sıcaklıkların sürekli olarak daha yüksek olduğunu belirlenmiştir. Genel olarak, yapağı malçının altındaki toprağın sıcaklık değişimi önemli ölçüde düşüktür. Bu çalışmalar aynı zamanda yapağı malçlarının (tek ve çift katlı) yabancı otlara karşı etkili bir bariyer olduğu ortaya koymuştur. Bazı yapağı liflerinin fiziksel bir bariyer görevi görebilecek mikroskobik dikenleri olduğundan, yapağı malçlarının sümüklü böcekleri ve salyangozları caydırabileceğini gösteren bazı çalışmalarda bulunmaktadır (Williams, 2021).



Şekil 6. Yün mat (Anonim, 2022g)

Isı ve ses yalıtımı

Yapağı, hem ses hem de ısı açısından uzun süredir etkili bir yalıtım olarak kullanılmakta olup, son zamanlarda doğal, sürdürülebilir ve yenilenebilir doğası nedeniyle yeniden ilgi görmeye başlamıştır. İklim değişikliği ve çevreye yönelik artan endişelerle birlikte, bu nitelikler tüketiciler için giderek daha önemli hale gelmiştir. Ayrıca, minimum karbon ayak izine sahip evler tasarlayan ve inşa eden "eko-evlere" olan ilgi her geçen gün daha da artmaktadır (Williams, 2021). Bu yapılarda enerji verimliliği sağlamak için iyi yalıtılmasından hareketle yapağı, kenevir ve saman gibi yenilenebilir ve sürdürülebilir malzemeler üzerinde durulmaktadır. Yapağının kendine özgü doğal çeşitliliği nedeniyle yoğunluğu tutarsız olabilir, yani cam elyafı ile karşılaştırılabilir termal etkiler yaratmak için daha fazla yapağı gerekir, ancak yapağının cam elyafına göre sayısız avantaja sahiptir. Doğal yün yalıtım, dünya çapında kullanılan çevre dostu bir akustik ve termal seçenek olma yolunda hızla ilerlemektedir. Bu doğal ürünle çalışırken herhangi bir koruyucu ekipman giyilmesi gerekmediğinden, montaj yapanlar için de sağlıklı bir malzemedir. Araştırmalar, yapağının titreşimleri etkili bir şekilde yalıtıldığını ve 6 desibele kadar gürültüyü azaltabildiğini ortaya koymuştur (Williams, 2021). Bu kapsamda, kaba, düşük kaliteli yapağının yalıtımda iyi performans gösterdiği ve koyun yetiştiricilerine bu tip yapağılarını değerlendirme potansiyeli bulunmaktadır. Yapağının polyester ile karşılaştırılarak kullanılmasına yönelik bir çalışmada, ikisinin 50:50 karışımının en iyi performansı sağladığı, %70'in üzerinde gürültü emdiği, yüksek nem altında iyi nem direnci ve %65-70 biyolojik bozunma gösterdiği bulunmuştur. 50:50 karışımı, hem %100 polyester elyaftan hem de %100 yapağıdan

daha iyi performans gösterdiği ortaya konmakla birlikte, polyesterin biyolojik olarak parçalanmadığı dikkate alındığında %100 yapağıda yapılan malzemenin en etkili olmasa da daha çevre dostu bir seçenek olduğu dikkate alınmalıdır.

İnşaat uygulamalarının ve malzemelerinin çevresel etkilerine ilişkin toplumsal kaygılar, "yeşil" yapı ürünlerine olan talep, üretim ve kullanımdaki artışla ifade edilmektedir. Yapı endüstrisine daha fazla biyolojik ürün, doğal ve yenilenebilir kaynağı entegre etme arzusu yapağıdan yapılan yalıtım ürünlerinin üretimini teşvik etmiştir (Şekil 7). Yapağının yalıtım özellikleri ve diğer faydaları hakkında önemli kaynaklar bulunmasına rağmen, farklı üretim ölçeklerinde yapağı kullanımının yalıtım ekonomisi ve üretim süreçleri hakkında daha az şey bilinmektedir (Corscadden vd., 2014).

Yapağının diğer farklı kullanım alanları içinde yan ürünü olan lanolin yapıştırıcı banttı oto yağlamaya, kozmetik ve şampuanlara kadar sayısız kullanıma sahiptir. Ayrıca yapılarda tuğlaları güçlendirmek için yün ve deniz yosunu karışımı kullanılmakta, bu da malzemenin daha güçlü ve çevre dostu olmasını sağlamaktadır. Yapağı yalıtımlı ambalaj kutuları üretiminin yanı sıra, büyük petrol sızıntılarını emmek için de başarıyla kullanılmaktadır. Çekiçlerin etkisini yumuşatan piyanolarda bile yün görülebilir. Bu harika elyaf için gelecekte yeni ve yenilikçi kullanım alanlarının artması kaçınılmazdır.



Şekil 7. Yün yalıtım malzemesi (Anonim, 2022h)

11. Sonuç

Yapağı, hazır giyim sektöründeki döngüsel ekonominin en iyi örneklerinden biridir. Yapağı gibi doğal liflerin en büyük faydalarından biri, yenilenebilir kaynaklardan üretilmeleri, biyolojik olarak parçalanabilmeleri, uzun süre kullanılabilmeleri ve işlenmesi için minimum miktarda kimyasal gerektirmeleridir. Bugüne kadar üretilen yapağının önemli bir kısmı giyim için kullanılmakla birlikte, esneklik ve dayanıklılığı, koku ve ateşe dayanıklılık özellikleriyle birleştiğinde, onu hem dekoratif hem de işlevsel olmak üzere sayısız amaç için uygun hale getirmiştir. Bu gelişmeler koyun yetiştiriciliği sürü yönetim uygulamalarında bazı iyileştirmelerin yapılması gerektiği, koyunların daha bütünsel arazi ve yetiştirme uygulamaları ile karbonu atmosferden ve toprağa emerek modayı "iklim için faydalı" hale getirebildiği bir yaklaşım tartışılmaktadır. Dünyada özellikle yenilenebilir kaynakların kullanımına önem verildiği ve sürdürülebilir bir yaşamın gerekliliklerinin tartışıldığı bir ortamda Türkiye'de koyunlardan elde edilen yapağının insan hayatındaki yerini bilinen kullanım alanları dışında farklı ürün çeşitleri ile zenginleştirebilecek bir farkındalığın yaratılması gerekmektedir. Bu yaklaşım yapağıya gerçek değerini vermenin ötesinde, koyun yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği açısından da hayati bir öneme sahiptir.

Makale araştırma ve yayın etiğine uygun olarak hazırlanmıştır.

12. Kaynaklar

- Anonim, (2018). Wool fibre structure and properties. https://www.sciencelearn.org.nz/image_maps/61-wool-fibre-structure-and-properties (26.09.2022)
- Anonim, (2021). Textile Exchange Preferred Fiber & Materials Market Report 2021. Textile Exchange. https://textileexchange.org/app/uploads/2021/08/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-and-Materials-Market-Report_2021.pdf (12.11.2022)
- Anonim, (2022a). The History of Wool. <https://www.wool.ca/images/uploads/files/care/wool-fact-sheets.pdf>. (19.11.2022)
- Anonim, (2022b). <https://oec.world/en/profile/hs/wool>. (10.12.2022)
- Anonim, (2022c). <https://www.woolmark.com/fibre/> (10.12.2022)

- Anonim, (2022d). <https://www.woolmark.com/industry/research/wool-is-biodegradable/> (15.12.2022)
- Anonim, (2022e). <https://sustainablefoodtrust.org/articles/what-about-wool/> (15.12.2022)
- Anonim, (2022f). <https://www.dalefootcomposts.co.uk/products/wool-compost-for-seeds.p.aspx> (20.12.2022)
- Anonim, (2022g). <https://www.manufactum.com/sheeps-wool-weed-mat-a68563/> (20.12.2022)
- Anonim, (2022h). <https://www.indiamart.com/proddetail/rockwool-insulation-material-16366594130.html> (20.12.2022)
- Antoniadou, K. (2022.) Is Wool Sustainable? Here's What You Need to Know. <https://indiegetup.com/is-wool-sustainable/> (10.11.2022)
- Bamonti, S., Spinelli, R., Bonol, A. (2016). Environmental footprint in the production of recycled wool. *Environmental Engineering and Management Journal*, 15(9), 1923-1931.
- Batu, S. (1962). Koyuncululuğun Esasları. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayın No: 136, Ders Kitabı: 56.
- Brown, R.M. (1994). The Microbial Degradation of Wool in the Marine Environment. Thesis for the degree of Master of Science in Microbiology, University of Canterbury, New Zealand.
- Browne, M.A., Crump, P., Niven, S.J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environ. Sci. Technol.* 45, 9175-9179.
- Cai, J., Russel, I., Pierlot, A. (2009). Developing 'Eco-Wool' Compliant Supply Chains for Australian Wool. Australian Wool Innovation, Victoria, Australia.
- Corcadden, K., Biggs, J.N., Stiles, D.K. (2014). Sheep's wool insulation: A sustainable alternative use for a renewable resource?. *Resources Conservation and Recycling*, 86 (4):9-15.
- Cottle, D.J. (2010). Wool preparation and metabolism. In: Cottle, D.J. (Editor), *International Sheep and Wool Handbook*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 581-618.
- Demier, G., Alkaya, E. (2018). Cleaner production guide for the textile sector efficiency in use of resources, a decrease in costs, harmony with the environment. WWF-Turkey.
- Doyle, E.K., Preston, J.W.V., McGregor, B.A., Hynd, P.I. (2021). The science behind the wool industry. The importance and value of wool production from sheep. Creative Commons Attribution License, Vol: 1, N: 2.
- Dalton, H., Fitts, M., Hu, M.M. (2020). Textiles. The New Fashion Initiative. Retrieved from: <https://thenewfashioninitiative.org/wp-content/uploads/2020/12/Textiles.pdf>.
- Górecki, R.S., Górecki, M.T. (2010). Utilization of waste wool as substrate amendment in pot cultivation of tomato, sweet pepper, and eggplant. *Polish J. of Environ. Stud. Vol. 19, No. 5, 1083-1087.*
- Graham, V. (2020). COVID-19 will change the world and wool must change too. <https://newmerino.com.au/covid-19-will-it-change-the-world-for-wool/>
- Granskog, A., Laizet, F., Lobis, M., Sawers, C. (2020). Biodiversity: The next frontier in sustainable fashion. McKinsey.com.
- FAO, (2015). Greenhouse Gas Emissions and Fossil Energy Demand from Small Ruminant Supply Chains: Guidelines for quantification, Version 1. Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. FAO, Rome, Italy.
- FAO, (2022). <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/overview/fao-and-the-2030-agenda-for-sustainable-development/sustainable-agriculture/en/> (08.10.2022)
- Henry, B. (2016). Tbc Environmental Impacts of Wool Textiles Home/Sustainability/ <https://iwto.org/sustainability/tbc-environmental-impacts-of-wool-textiles/>
- IWTO (2019). IWTO market information: statistics for the global wool production and textile industry. Brussels (Belgium): Poimena Analysis & Delta Consultants.
- IWTO, (2020). Wool in Aquatic Environments. https://iwto.org/wp-content/uploads/2020/04/IWTO_Wool-Aquatic.pdf (14.10.2022)
- IWTO (2022). <https://iwto.org/wp-content/uploads/2022/04/IWTO-Market-Information-Sample-Edition-17.pdf> (10.10.2022)
- İmeryüz, F., Sandıkçıoğlu, M. (1968). Koyun Yetiştiriciliğinde Yapağı. Lalahan Zootečni Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 22, Ankara.
- Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, 3(1): 22-26.
- NOAA, (2007). NOAA 101 Clean Guide. National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program, US Department of Commerce
- OC, NOAA. (2013). Talking Trash & Taking Action. Publication of the Talking Trash & Taking Action Educational Program of the Ocean Conservancy and National Oceanic and Atmospheric Administration Marine Debris Program <https://marinedebris.noaa.gov/talking-trash-and-taking-action> (25.10.2022)
- Opperskalski, S., Siew, S., Tan, E., Truscott, L. (2020). Preferred fiber & materials market report 2020. Textile Exchange. https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2020/06/Textile-Exchange_PREFERRED-Fiber-Material-Market-Report_2020.pdf (19.11.2022).
- Rajaa, A.S.M., Shakyawar, D.B., Kumar, A., Pareek, P.K., Temani, P. (2013). Feltability of coarse wool and its application as technical felt. *Indian Journal of Fibre & Textile Research Vol. 38, pp. 395-399.*
- Ranford, S. (2019). Wool Biodegradation: Presented at 88th

IWTO Congress in Venice.

20(4):463–476.

- Ravasio, P., Rodewald, A. (2018). Recycled wool: A primer for newcomers and discoverers. European Outdoor Group and Greenroom Voice. https://global-uploads.webflow.com/5ed628f951e6c112227290bb/5f3819d90d27c906a6a13208_FINAL%20-%20EOG%20Recycled%20Wool%20Report.pdf (20.11.2022).
- Russell, S., Swan, P., Trebowicz, M., Ireland, A. (2016). Review of wool recycling and reuse. In: Fangueiro R, Rana S (eds) Natural Fibres: advances in science and technology towards industrial applications: from science to market, 1st edn. Springer Netherlands, Dordrecht, pp 415–428.
- Shaw, T. (1994). Agricultural Chemicals in Raw Wool and the Wool Textile Industry. *Water and Environmental Journal* 8 (3): 287-290.
- Stone, C., Fredric, M.W., Munday, M., Durance, I. (2020). Natural or synthetic – how global trends in textile usage threaten freshwater environments. *Science of the Total Environment*, 718 (2020) 134689.
- Sönmez, R. (1974). Koyunculuk ve Yapağı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 108, İzmir.
- Tedeschia, L.O., Muirb, J.P., Riley, a D.G., Foxc, D.G. (2015). The role of ruminant animals in sustainable livestock intensification programs. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 22, No. 5, 452–465.
- Thomas, B., Fishwick, M., Joyce, J., van Santen, A. (2012). WRAP, A Carbon Footprint for UK Clothing and Opportunities for Savings. Environmental Resources Management Limited, UK.
- Tüfekçi, H., Olfaz, M. (2014). Yapağının Alternatif Kullanım Alanları. Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi, (1-2):18-28.
- TWC (2020). Sustainable Material Guide-06Wool. The Woolmark Company. <https://refashion.fr/eco-design/sites/default/files/fichiers/Sustainable%20Material%20Guide%20Wool.pdf> (12.08.2022)
- TWC (2022). Wool is Resistant To Fire. The Woolmark Company. https://www.woolmark.com/globalassets/_06-new-woolmark/_industry/research/factsheets/gd2405-wool-is-fire-resistant.pdf (10.10.2022)
- Valtch, o D.J. (2005). Assessment of Wool Waste and Hair Waste as Soil Amendment and Nutrient Source, *Journal of Environmental Quality*, 34(6), 2310-17.
- Welden, N. (2017). The Conversation. How your pile of laundry fills the sea with plastic pollution <https://theconversation.com/how-your-pile-of-laundry-fills-the-sea-with-plastic-pollution-80109> (07.12.2022).
- Wiedemann, S.G., Ledgard, S., Henry, B., Yan, M., Mao, N., Russell, S. (2015). Application of life cycle assessment to sheep production systems: investigating co-production of wool and meat using case studies from major global producers. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- Wiedemann, S.G., Biggs, L., Nebel, B., Bauch, K., Laitala, K., Klepp, I.G., Swan, P.G., Watson, K. (2020). Environmental impacts associated with the production, use, and end-of-life of a woollen garment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 1486-1499.
- Williams, C. (2021). The Use of Wool in Compost and other Alternative Applications. <https://u.osu.edu/sheep/2021/03/23/the-use-of-wool-in-compost-and-other-alternative-applications/> (10.12.2022).
- Zhao, S., Zhu, L., Li, D. (2016). Microscopic anthropogenic litter in terrestrial birds from Shanghai, China: not only plastic but also natural fibers. *Sci. Total Environ.* 550, 1110–1115.

