

Arbutus andrachne L. (Sandal Ağacı) (L.)' nin rehabilitasyon ve restorasyon potansiyeli ile iklim değişikliğine direnci bakımından önemi

Gülnur Saba Ertuğrul^{a,*} 

Özet: Bu çalışmada, Akdeniz florasının karakteristik türlerinden biri olan *Arbutus andrachne* L. (sandal ağacı) türünün ekolojik, silvikültürel ve peyzaj işlevleri çok yönlü olarak ele alınmaktadır. İklim değişikliği bağlamında kuraklık ve yüksek sıcaklık toleransı, yangın sonrası rejenerasyon kapasitesi ve karbon tutma potansiyeli gibi özellikleriyle türün restorasyon ve rehabilitasyon projelerinde oynayabileceği rol değerlendirilmiştir. Ayrıca, *A. andrachne*'nin peyzaj tasarımlarındaki estetik değeri, erozyon kontrolü ve su koruma hizmetleri gibi ekosistem faydaları da vurgulanmaktadır. Bu yönleriyle *A. andrachne*, hem doğal ekosistemlerin iyileştirilmesinde hem de kent peyzajlarında rekreatif fonksiyonların güçlendirilmesinde stratejik bir bitki olarak ön plana çıkmaktadır. Çalışma, türün çok yönlü potansiyelini ortaya koyarken, aynı zamanda üretim tekniklerinin geliştirilmesi ve iklim adaptasyonu odaklı yeni araştırmaların gerekliliğine de dikkat çekmeyi amaçlamaktadır.

Anahtar kelimeler: *Arbutus andrachne*, Ekolojik restorasyon, İklim değişikliği, Peyzaj tasarımı, Karbon tutma, Kuraklık toleransı

The importance of *Arbutus andrachne* L. (Strawberry Tree) in terms of rehabilitation and restoration potential and climate change resilience

Abstract: This study provides a comprehensive analysis of the ecological, silvicultural, and landscape-related functions of *Arbutus andrachne* L., a characteristic species of the Mediterranean flora. In the context of climate change, particular emphasis is placed on its drought and heat tolerance, post-fire regeneration capacity, and carbon sequestration potential attributes that underscore its suitability for ecological restoration and rehabilitation efforts. Furthermore, the species' ecosystem services including its ornamental value in landscape architecture, its role in erosion control, and its contribution to water retention are highlighted. Owing to these features, *A. andrachne* is positioned as a strategic species not only for the recovery of degraded natural habitats but also for enhancing recreational and aesthetic functions in urban green spaces. This review also draws attention to the necessity of advancing propagation techniques and conducting further research focused on climate resilience and adaptive management of this species.

Keywords: *Arbutus andrachne*, Ecological restoration, Climate change, Landscape architecture, Carbon sequestration, Drought tolerance

1. Giriş

Arbutus andrachne L. (sandal ağacı), Akdeniz havzasının karakteristik ve dayanıklı yaprak dökmeyen ağaç türlerinden biri olup, ekolojik fonksiyonu, estetik değeri ve silvikültürel potansiyeli ile Doğu Akdeniz florasında özel bir öneme sahiptir (Davis 1970). Bu türün doğal yayılış alanı; Türkiye başta olmak üzere Yunanistan, Suriye, Lübnan, Filistin, Kuzey Irak ve Güney Arnavutluk'u kapsamaktadır (Phillips ve Rix 1989; Govaerts vd. 2021). Türkiye'de en yoğun olarak Akdeniz ve Ege Bölgeleri'nde, daha sınırlı olmak üzere Batı Karadeniz kıyı şeridinde görülmektedir. Özellikle Muğla, Antalya, Mersin, Aydın ve İzmir gibi iller, türün yoğun bulunduğu alanlar arasında yer almaktadır (Davis 1970). *A. andrachne*, tıbbi ve flori kültürel değeri nedeniyle önemli bir fitogenetik kaynak olarak kabul edilmekte olup, süs ve tıbbi sektörde umut verici bir kullanım potansiyeline sahip olmasına rağmen kaplarda fide üretimine yönelik araştırma eksikliği bulunmaktadır. Bunun temel nedeni fidanlıklarda kaliteli dikim üretiminin zor olmasıdır (Pipinis vd. 2023). Yeniden ağaçlandırma

projeleri bozulmuş topraklarda gerçekleştiğinden, fidanlık aşamasında bitkilerin besin rezervlerini artırması gerekmektedir (Buendía Velázquez 2017). *A. andrachne*, hem besin değeri hem de estetik özelliklerinin birleşimi sayesinde genetik ıslah ve yetiştirme çalışmalarında öne çıkan bir türdür. Ancak, başarılı bir yetiştiricilik için bu türün etkin çoğaltma yöntemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Pipinis vd. 2023).

Son yıllarda iklim değişikliğine bağlı olarak artan sıcaklıklar, yağış rejimlerinde meydana gelen değişiklikler ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan antropojenik baskılar habitat bozulmasına sebep etmektedir. Bu bağlamda, yerli ve adaptif türlerin, ekolojik restorasyon, yangın sonrası rehabilitasyon ve restorasyon kapsamında değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir (Benayas vd. 2009; Aronson vd. 2011). Ekolojik açıdan değerlendirildiğinde, *A. andrachne* türü, toprak erozyonunu önleme, yangın sonrası toprak stabilitesini artırma, karbonun depolanmasını sağlama ve polinatör fauna için habitat oluşturma gibi pek çok ekosistem hizmeti sunmaktadır (Aerts ve Honnay 2011). Ayrıca,

^a Isparta Orman Bölge Müdürlüğü, Isparta

* Corresponding: gsabae@gmail.com

Received: 03.08.2025, Accepted: 07.09.2025

türün kök yapısı sayesinde mikorizal ilişkiler kurarak toprağın mikrobiyal çeşitliliğine katkıda bulunduğu, humus oluşumunu desteklediği ve karbon döngüsünde önemli bir rol oynadığı literatürde vurgulanmaktadır (Smith ve Read 2010; Ayan vd. 2020). Doğal flora ya ait türlerin, özellikle bakım gereksinimlerinin azaltılması bağlamında peyzaj planlamasında dikkate değer bir potansiyel sunduğu görülmektedir (Kaytanlıoğlu vd. 2024).

Bu çalışma, *A. andrachne* türünün botanik özellikleri, ekolojik ve silvikültürel adaptasyon stratejileri, iklim değişikliğine ve yangına direnç mekanizmaları, toprak-karbon etkileşimleri ve sürdürülebilir peyzaj tasarımlarındaki işlevselliğini bütüncül bir perspektifle ele almayı amaçlamaktadır.

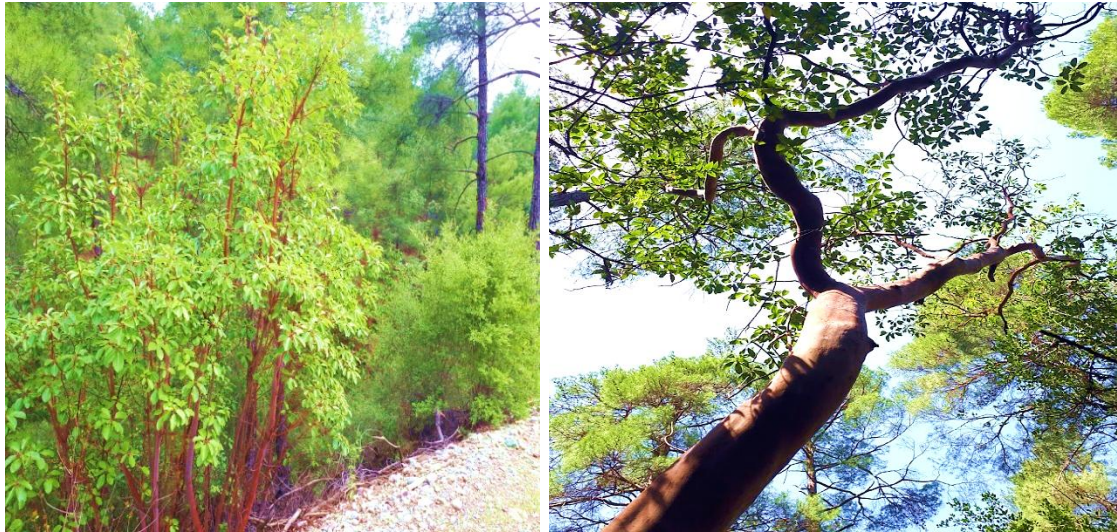
2. Botanik ve Morfolojik Özellikleri

A. andrachne, fundagiller (Ericaceae) familyasına ait, Doğu Akdeniz florasında karakteristik bir yer tutan yaprak dökmeyen ağaç türlerinden biri olmaktadır (Linnaeus 1739). Sandal ağacı, tipik bir Akdeniz iklim bitkisi olarak kurak yaz koşullarına dayanıklılık göstermekte; maki formasyonlarında ve kızılçam (*Pinus brutia*) altı orman ekosistemlerinde, çoğunlukla kalkerli ve kayalık yamaçlarda yetişmektedir (Phillips ve Rix 1989). Türkiye’de “sandal” veya “dağ çileği” olarak adlandırılan bu tür, hem morfolojik özellikleri hem de ekolojik dayanıklılığı nedeniyle dikkat çekici bir ağaç olmaktadır. 1000 metreye kadar olan rakımlarda yetişebilmektedir. Maki formasyonlarında baskın ya da eşlikçi tür olarak bulunmaktadır (Davis 1970).

A. andrachne genellikle 2–5 m arasında boylanan çok gövdeli bireyler şeklinde gelişmekte olup, uygun ekolojik

koşullarda tek gövdeli ve 6–8 m’ye kadar ulaşan ağaç formunu da alabilmektedir (Şekil 1). Ağacın kabuğu, yıl içerisinde belirli dönemlerde ince plakalar halinde soyularak altından çıkan düzgün dokulu ve tarçın-kızılı renkteki genç kabuk ile karakterize edilmektedir. Bu özellik, ağaca hem estetik bir görünüm kazandırmakta hem çevresel etkilere karşı koruma sağlamakta hem de türün ayırt edilmesini kolaylaştırmaktadır (Pipinis vd. 2023).

Yaprakları sert, kısa saplı ve oval formda olup, kenarları tam ya da hafif dişli özellik taşımaktadır. Çiçek taslaklarının, Şubat ayının sonlarında belirginleşmektedir. Çanak ve taç yaprak taslakları ise Mart ayı başında oluşmaktadır. Erkek organları ve dişi organ taslağının farklılaşması Nisan ayında tamamlanmaktadır. Dişi organ taslağı son halini alarak Nisan ayı başındaki gelişme aşamasından sonra farklılaşmaktadır. Çiçek organ taslaklarının tamamı yaklaşık dört haftalık bir zaman diliminde belirginleşmektedir. (Engin ve Gökbayrak 2022). Mart–Nisan aylarında açan çiçekler, beyazımsı-yeşilimsi renkte ve salkım biçiminde görülmektedir (Şekil 2). Meyvelerin olgunlaşma süreci 7 ay sürmekte olup, sonbahar aylarında olgunlaşmaktadır (Kayacık 1982; Onursal ve Gözlekci 2007; Santiso vd. 2016). Meyvelerin büyüklüğü yaklaşık 10-20 mm çapında, ağırlığı 5-15 gr, formu oval, rengi kırmızıdır. Meyveleri genellikle köylüler tarafından toplanarak, yerel pazarlarda tüketicilere sunulmakta ve taze olarak tüketilmektedir (Engin ve Gökbayrak 2022). *Arbutus* meyvelerinin kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve oksidatif stres aracılı diğer hastalıkların riskini azalttığı belirlenmiştir (JuŸwiak vd. 2005).



Şekil 1. *A. andrachne* türünün çok gövdeli ve tek gövdeli bireyleri (Foto: G. Saba Ertuğrul)



Şekil 2. *A. andrachne* türünün olgun meyve, çiçek salkımı ve yaprağı (Foto: G. Saba Ertuğrul)

3. Restorasyon ve Rehabilitasyon Yaklaşımları

Çevresel baskılar ve iklim değişikliği nedeniyle doğal ekosistemlerde oluşan bozulmalar, bu alanların yeniden yapılandırılması çalışmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu süreçte sıkça dile getirilen restorasyon ve rehabilitasyon terimleri, ekosistemlerin iyileştirilmesi için geliştirilen müdahaleler olup, uygulama hedefleri ve yöntemleri bakımından birbirlerinden ayrılmaktadır. Restorasyon ekolojisi, insan faaliyetleri sonucu bozulan bir ekosistemin yapısını, işleyişini, çeşitliliğini ve dinamiklerini geçmiş doğal hâline mümkün olduğunca yakınlaştırma süreci olarak tanımlanmaktadır. Buradaki temel ilke, bozulmadan önceki referans ekosistem koşullarının yeniden kurulmasıdır. Kullanılan yöntemler; alanın bozulma düzeyi, toprak özellikleri, mevcut türlerin varlığı ve iklim koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak şekillenmektedir. Bu süreçte tür yapısı değişiklik gösterebilmekte; ancak su tutma kapasitesi, karbon birikimi ve erozyonun önlenmesi gibi temel işlevlerin geri kazandırılması hedeflenmektedir (Clewel ve Aronson 2012).

Restorasyon uygulamaları genel olarak pasif ve aktif yaklaşımlar şeklinde sınıflandırılmaktadır. Pasif restorasyon yönteminde, bozulmaya neden olan insan müdahalesi (örneğin tarım, otlatma, ağaç kesimi) ortadan kaldırılarak doğal süksesyonun yeniden başlamasına olanak tanınmaktadır. Bu yöntemin, toprak yapısı ve tohum bankası bozulmamış alanlarda başarı oranı oldukça yüksek olmaktadır. Özellikle Akdeniz maki ekosistemlerinde antropojenik baskının kaldırılmasıyla *A. andrachne* ve *Quercus coccifera* gibi doğal türlerin yeniden yayılmaktadır. Güney Avrupa ülkelerinde doğal peyzaj restorasyonu, karbon tutma ve su koruma odaklı uygulamalarda değerlendirilmektedir (Blondel ve Aronson 1999). Rehabilitasyon ise bozulmuş alanların sınırlı şekilde onarılması ve ekolojik veya ekonomik kullanıma uygun hâle getirilmesi süreci olarak tanımlanmaktadır (Mitsch ve Gosselink 2015).

Türlerin uygun tohum ekimi veya çelikle üretimi yöntemiyle doğal yayılış koşullarına alana kazandırılması her iki yaklaşımda da kullanılabilir. Ancak restorasyon kapsamında yalnızca bu türün fiziksel varlığı değil, onunla birlikte gelişen simbiyotik türler, toprak mikroorganizmaları ve doğal ardıllık süreçleri de dikkate alınmaktadır (Gann vd. 2019). Türlerin sürdürülebilirliğini sağlayan en etkili yöntemlerden biri doğal tohum kullanılan generatif üretim tekniğidir (Macdonald 1986). Generatif üretim tekniği genetik çeşitliliği sağlamaktadır. Fakat bu çeşitlilik fidanlık koşullarında tercih edilmemektedir (Mackay 2002). *A. andrachne* tohumlarının uykuda olmadığını ve 15°C veya daha düşük sabit bir sıcaklıkta yüksek oranda çimlendiğini belirtmektedir (Bertsouklis ve Papafiotiou 2013). Bazı araştırmalarda, tohumların fizyolojik dormansi gösterdiğini ve bu çimlenme engelini kaldırmak için soğuk katlama veya gibberellik asid (GA_3) işlemi uygulanması gerektiğini savunmaktadır (Karam ve Al-Salem 2001). Yapılan en son araştırmalarda, *A. andrachne* tohumlarının çimlenme için belirli bir sıcaklık aralığına ihtiyacı olduğunu ve fakat soğuk tabakalama veya tohumların GA_3 ile işleminden sonra sıcaklığın çimlenme üzerindeki etkisinin kaybolduğu, tohumların geniş bir sıcaklık aralığında çimlenebildiği belirlenmiştir (Pipinis vd. 2023). Tohumların çimlenme davranışı, tek bir tür içinde bir popülasyondan diğerine, yıldan yıla ve bireyler arasında büyük ölçüde değişebildiği dikkate alınmalıdır (Baskin 2000). *A. andrachne* ağaçlarının doğal habitatlarında doğal rejenerasyon oldukça sınırlı gözlemlenmiştir. Bu tohumların doğal koşullarda zor çimlenmesi ve bitkinin yavaş büyümesinden kaynaklanmaktadır (Karam ve Al-Salem 2001).

A. andrachne, *Quercus coccifera* ve *Q. ilex* gibi maki formasyonuna ait meşe türleriyle sıkça karışık meşcereler oluşturmaktadır. *A. andrachne* daha çok güneşli ve taşlı yamaçlarda gelişirken, meşeler nispeten daha nemli mikrohabitatları tercih etmekte, bu sayede karışık meşcerelerde hem bireysel olarak sağlıklı büyüme

gösterip hem de yangın sonrası rejenerasyonda orman yapısının hızlı yeniden oluşumuna katkı sağlamaktadır; ayrıca karışık türlerin varlığı mikroklimayı iyileştirerek *A. andrachne*'nin kuraklık toleransını gölgeleme ve rüzgar kesici işlevleriyle artırmaktadır. *A. andrachne*'nin birlikte dikildiği türler, genç fidanları aşırı buharlaşmaya ve fotooksidatif strese karşı koruyabilmektedir (Padilla ve Pugnaire 2006). *A. andrachne*'nin çimlenme zorlukları nedeniyle, bu türün korunmasında, tehlike altındaki bitkilerin çoğaltılmasında kullanılan alternatif yöntemlerin uygulanması önemli zorluklar barındırmaktadır.

Vejetatif üretim tekniği, üstün genotip ve fentotiplerin kitlesel çoğaltma, sağlık durumu açısından ana bitkinin birebir özelliklerini taşıyan yavru bireyler elde etmek amacıyla vejetatif organlardan bitki üretilmesidir (Leakey vd. 1982; Leakey 1985). Vejetatif üretim, yalnızca üretim kolaylığı açısından değil; aynı zamanda genetik olarak üstün özellikli bireylerin çoğaltılması, fidan kalitesinin artırılması ve rehabilitasyon projelerinde başarı oranının yükseltilmesi açısından da kritik öneme sahiptir (Leakey 1987; Leakey vd. 1990; Ezekiel 2010). Vejetatif üretim iki yöntemle mümkündür (Parthiban vd. 2016). Makro üretim vejetatif yollarla çoğaltılabilen bitkilerin hızlı bir şekilde çoğaltılmasını sağlayan bir üretim tekniğidir (Agbo ve Omaliko 2006). Makro üretim yönteminde çelik alma, aşılama ve daldırma işlemi uygulanmaktadır. Başlıca çelik tipleri; gövde çelikleri, kök çelikleri, yaprak çelikleri ve yaprak-göz çelikleri olarak sınıflandırılmaktadır (Parthiban vd. 2016). Gövde çelikleri; odun çelikleri, yarı odunsu çelikler ve yumuşak odun çelikleri olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Odun çelikleri, genellikle bir yıldan büyük, olgun ve dormansi dönemindeki sürgünlerden alınmaktadır. Yarı odunsu çelikler, cari yılın gelişimi sırasında kısmen odunlaşmış sürgünlerden elde edilmektedir. Yumuşak odun çelikleri, odunsu bitkilerin genç, sulu ve taze sürgünlerinden hazırlanmakta olup, daha hassas uygulamalar gerektirmektedir (Leakey vd. 1982) (Şekil 3).

Mikro üretim, laboratuvar ortamında doku kültürüyle (sürgün ucu, boğum, boğum arası, meristem, çiçek

durumu, yaprak ve yaprak parçaları) yüksek kaliteli ve iyi adapte olmuş genotiplerde faydalı varyantların ayrıştırılması, hastalık direnci ve stres toleransı olan yerli bitkilerin korunması ve çoğaltılması amacıyla in vitro koşullarda kültüre alınmasıyla tek bir bitkiden kitle üretimi sağlayan bir yöntemdir (Brown ve Thorpe 1995; Parthiban vd. 2016). *A. andrachne* gibi nadir ve tehlike altındaki bitki türlerinin çoğaltılması için olumlu mikro üretim tekniği iyi bir alternatif sunmaktadır. Ayrıca, tohum üretmeyen ya da vejetatif üretime olu yanıt vermeyen sınırlı sayıdaki anaç bitkiden talep edilen miktarda fide elde etmek amacıyla da kullanılmaktadır (Srivastava vd. 2005). *A. andrachne* türünün yok olma tehlikesinin önüne geçmek için rehabilitasyon ve restorasyon projelerinin hazırlanması, mikro üretim tekniği gibi modern üretim tekniklerinin yaygınlaşması önem arz etmektedir.

4. İklim Değişikliğine Direnci, Karbon Depolama Kapasitesi ve Su verimliliği

Son yıllarda yangınların sıklığı ve şiddetindeki artış, doğal ekosistemlerin kendi kendini yenileme kapasitesini zorlamaktadır. Çoğu odunsu bitki türü için yangından sonra rejenerasyon için iki temel strateji tohum çimlenmesi ve yeniden filizlenmedir (Bond ve Van Wilgen 2012). Düşük yanıcılık gösteren ve yanma sırasında daha az ısı yayan, yüksek nem içeriği, yüksek kül içeriği ve yüksek lignin içeriği ile karakterize edilen bitkiler yangına dayanıklı bitkiler olarak kabul edilmektedir (Li vd. 2016; Cui vd. 2023). *A. andrachne* türü, kuraklık, artan sıcaklıklar ve yangın gibi iklim değişikliği kaynaklı stres etmenlerine karşı yüksek direnç gösterebilen önemli bir tür konumundadır. Yangın sonrası yeniden filizlenme özelliğine sahip türlerin toprakta tutulan karbon miktarının korunmasına ve karbon döngüsünün sürekliliğine katkı sunduğunu göstermektedir (Pausas vd. 2004; Keeley vd. 2011). *A. andrachne* gibi yangına dayanıklı türlerin tercih edilmesi ve erozyon kontrolüne yönelik önlemlerin hızla uygulanması önem kazanmaktadır.



Şekil 3. *A. andrachne* L. türünün sürgünden gelen bireylerin gelişim aşamaları (Foto: G. Saba Ertuğrul)

Verimli topraklara uyum sağlamış türler, genellikle yüksek özgül yaprak alanı (SLA) ile birim biyokütle başına daha fazla ışık yakalayabilir; ayrıca yapraklarında yüksek fosfor (P) ve azot (N) konsantrasyonları bulunmaktadır (Reich vd. 1995; Fyllas 2009; Aguirre-Gutiérrez vd. 2019; Wright vd. 2004). Bu özellikler, metabolik faaliyetleri, fotosentez kapasitesini ve büyüme hızını arttırmaktadır. Buna karşılık, kaynak açısından fakir, verimsiz topraklara özgü türler; daha kalın, yoğun ve yapısal olarak dayanıklı yapraklar geliştirmektedir. Bu yapraklar, yüksek karbon konsantrasyonu ve Karbon:Azot oranları ile lignin, tanen ve fenolik bileşikler açısından zengindir (Vitousek vd. 1986). Böylece, yaprak ömrü ve besin korunum kapasitesi artmakta ve fotosentezle elde edilen karbon kazancının süresi uzamaktadır (Wright vd. 2004; Díaz vd. 2016; Ter Steege vd. 2025). Bu bağlamda, *A. andrachne* gibi besince fakir nemli ormanlarda yaprak dökmeyen türler, besin verimliliği açısından avantaj sağlamaktadır. Su kullanım verimliliği, bir bitkinin birim su kaybı başına gerçekleştirdiği karbon asimilasyonu miktarı ya da ürettiği biyokütle miktarı olarak tanımlanmaktadır (Hatfield ve Dold 2019). Kurak iklim koşullarına adapte olabilen bitkiler, sınırlı su kaynaklarıyla büyüme ve gelişimlerini sürdürebilme yetenekleri sayesinde, doğal ekosistemlerde ve ormancılık uygulamalarında önemli avantajlar sunmaktadır. Su kullanım verimliliği yüksek olan türler, sınırlı su koşullarında fotosentez etkinliğini koruyarak daha az suyla daha fazla biyokütle üretme kapasitesine sahiptir. Bu özellik, özellikle kuraklık baskısı altındaki bölgelerde hayatta kalma ve rekabet gücünü artırmaktadır (Chaves vd. 2003). Su rejiminin doğal döngüsüne kavuşturulması ve yerli bitki örtüsünün geri getirilmesiyle bu alanların ekosistem hizmetleri yeniden kazanılmaktadır (Mitsch ve Gosselink 2015).

A. andrachne gibi türlerin sert (sklerofil) yaprak yapısı, düşük özgül yaprak alanı (SLA), kalın kutikula ve yüksek su kullanım verimliliği gibi morfolojik ve fizyolojik adaptasyonları, bu türü yarı kurak ve kurak bölgelerde hayatta kalma açısından avantajlı kılmaktadır. Kurak çevre koşullarına uyum sağlayan bitkilerde, su kaybını en aza indirmek amacıyla çeşitli yapısal özellikler gelişmektedir. Kalın kutikula tabakası ve onu kaplayan mumlu yüzey, stoma dışı terlemeyi sınırlayıcı bir bariyer görevi görmektedir. Bununla birlikte, yaprak yüzeyine gömülü şekilde konumlanan stomalar ile yoğun trikoma (tüy) oluşumu, yaprak etrafında daha kalın bir mikroklimatik tabaka oluşturarak buharlaşma hızını düşürmektedir (Henry vd. 2011). Stoma kapanması, su stresi koşullarında CO₂ alımını sınırlandırarak fotosentez hızının düşmesine yol açmaktadır. Bu durum, bitki büyümesi ve biyokütle üretimini olumsuz yönde etkilerken, aynı zamanda yaprak düzeyinde iletkenliği azaltarak içsel su kullanım verimliliğinin artmasına neden olmaktadır (Peters vd. 2018). Bundan dolayı kuraklık stresine dayanıklı, hem suyu verimli kullanan hem de yüksek CO₂ alım kapasitesine sahip *A. andrachne* türünün

geliştirilmesi için, fizyolojik tepkiler, genetik varyasyonlar ve moleküler düzeydeki süreçlerin bir arada değerlendirildiği, disiplinler arası yaklaşımları temel alan ıslah stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir.

Uzun ömürlü ve herdem yeşil yapraklar, fotosentez etkinliğini yıl boyunca sürdürmesini sağlamakta, dönemsel karbon salınımındaki dalgalanmaların azaltılmasına katkı sağlamakta ve biyokütle birikimini desteklemektedir (Mediavilla vd. 2001; Pausas ve Keeley 2014). Diğer yandan, *A. andrachne*'nin sahip olduğu odunsu yapı, kalın gövde dokusu ve uzun ömürlü kök sistemleri, toprak üstü ve altı karbon depolama açısından dikkate değer bir potansiyel sunmaktadır. *A. andrachne*, kurak yaz koşullarının baskın olduğu Akdeniz ikliminde hayatta kalabilme yeteneği ile dikkat çeken, herdem yeşil bir tür özelliği taşımaktadır. *A. andrachne*, Akdeniz ekosistemlerinde, hem odunsu biyokütle üretimi hem de toprak karbon depolanmasına katkısı bakımından dikkate değer bir türdür. *A. andrachne* gibi yapraklı türlerin yaprak döküntüsü toprağın organik madde içeriğini artırmakta ve karbonun uzun süre depolanmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, yüzeye yakın ama geniş yayılım gösteren kök sistemi, hem toprak agregatlarının stabilitesini arttırmakta hem de karbonun daha derin toprak katmanlarına taşınarak karbon depolanmasının kalıcı hale gelmesini sağlamaktadır (Pausas vd. 2017). Tüm bu özellikleriyle *A. andrachne*, iklim değişikliğine karşı dirençli orman ekosistemlerinin oluşturulmasında hem karbon sekestrasyonu hem de su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi açısından önemli bir tür olarak öne çıkmaktadır. Rehabilitasyon ve restorasyon projelerinde yangın sonrası alanların iyileştirilmesinde önemli rol oynamaktadır.

5. Peyzaj Tasarımlarında Ekolojik ve Estetik Fonksiyonları

Rekreatif amaçlarla tasarlanan peyzaj alanları, hem toplum sağlığının iyileştirilmesi hem de çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi açısından önemli bir role sahiptir. Bu alanlarda yetiştirilen bitkiler, sağladıkları ekosistem hizmetleriyle biyolojik çeşitliliğin devamını desteklemektedir (Jim 2004). Peyzaj alanlarının planlanması ve yönetimi, ekolojik sürdürülebilirliği gözeterek toplum sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratmakta ve bireylerin yaşam kalitesini artırmaktadır. Peyzaj tasarımında bitki kompozisyonları, genellikle büyük ve çoğunlukla herdem yeşil olan ana yapı bitkileriyle başlamaktadır. Ağaçlar ve büyük çalılar; alanları ayırma, çerçeveleme ve mekân ölçeğini tanımlama işlevi görmektedir. Ağaçlar, peyzajın yalnızca görsel estetiğine ve yeşil alan oluşumuna katkı sağlamakta kalmaz; aynı zamanda işlevsel birçok rol üstlenmektedir. Özellikle ağaç gövdeleri ve gölgelikleri, ortamda serinlik ve gölge yaratarak mikro iklimin düzenlenmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, rüzgar perdeleri ya da çit benzeri bitkisel sıralar, toz ve rüzgar etkisini

azaltmada etkili bir koruyucu bariyer görevi görmektedir (Kriken ve John Lund 2000).

Kentleşmenin artmasıyla kentsel ısı adası etkisi güçlenmekte ve yeşil alanlar hızla azalmakta, bu durum da şehirlerin doğal soğutma yeteneğini olumsuz yönde etkilemektedir (Nugroho vd. 2022; Li vd. 2023). *A. andrachne*, yalnızca ekolojik dayanıklılığı ile değil, aynı zamanda peyzaj tasarımında sunduğu estetik değerler nedeniyle de önemli bir bitkidir. Türün dekoratif kabuğa, yıl boyunca yeşil kalan yapraklara, meyve ile çiçekler arasındaki renk kontrastına, yoğun taç yapısına, orta boylu gelişim formuna ve tuz toleransına sahip olması sahil şeridinde, yol kenarı ve refüj ağaçlandırmalarında, düşük bakım gerektiren kentsel rekreasyon alanlarında, botanik bahçelerinde ve soliter olarak meydanlarda kullanımı ön plana çıkarılmalıdır (Şekil 4).

Kent peyzajında *A. andrachne*, sadece estetik bir unsur olmanın ötesinde, mikro iklimin düzenlenmesi ve ekolojik dengenin korunmasına katkı sağlayan önemli bir unsurdur. Herdem yeşil bitki türleri yıl boyunca yoğun gölge sağlayabilmesi ve düşük su tüketimi, iklim kontrolü sağlama, kentlerdeki ısı birikimini azaltma, biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi, yağmur suyu yönetimi, karbon sekestrasyonu, hava ve su kalitesinin iyileştirilmesi ve gürültü azaltımı gibi birçok ekosistem hizmetine katkı sunmaktadır (Tzoulas vd. 2007; Benedict ve McMahon 2012). Yıl boyunca yeşil kalan taç yapısı sayesinde *A. andrachne*, güneş ışığını filtreleyerek yüzeylerin aşırı ısınmasını engellemekte ve sokak ile avlu gibi alanlarda serinletici bir mikroiklim oluşturmaktadır. Doğal altyapı yaklaşımlarında, *A. andrachne* gibi yerli ve adaptif türlerin kullanımı, ekosistem hizmetlerinin sürekliliği açısından kritik önem taşımaktadır.

Kentsel yayılmanın neden olduğu habitat parçalanması, birçok kuş, böcek ve küçük memelinin yaşam alanlarını tehdit etmektedir. Bu soruna karşı biyolojik koridor stratejileri geliştirilmekte olup, yoğun dallı ve her dem yeşil yapısıyla hem bağlantı elemanı hem de barınak alanı olarak hem de çiçeklenme döneminde sağladığı polen ve

nektarın yerli polinatör böcekler ve arı kolonileri için erken ilkbaharda kritik bir kaynak oluşturmaktadır (Tzoulas vd. 2007). *A. andrachne* türünün arıcılık faaliyetleri için önemli bir yer alan bal ormanlarında, kırsal kalkınma hedefli gelir getirici tür ağaçlandırmalarında kullanılması için projeler geliştirilmelidir. Ayrıca, *A. unedo* ile doğal melezleşme sonucu ortaya çıkan *Arbutus × andrachnoides*, her iki ebeveyn türün özelliklerini taşıyarak hem estetik açıdan hem de çevresel dayanıklılık açısından üstün performans sergilemektedir.

6. Değerlendirme ve öneriler

A. andrachne, Akdeniz ekosistemlerinin dinamik ve zorlu koşullarına yüksek derecede uyum sağlayabilen, ekolojik, peyzaj ve iklimsel açılardan stratejik öneme sahip bir tür olarak öne çıkmaktadır. Doğal habitatlarında yangın ve kuraklık gibi stres faktörlerine karşı geliştirdiği direnç mekanizmaları, onu restorasyon ve rehabilitasyon projelerinde başarılı kılmakta; ekosistemlerin yapısal ve işlevsel bütünlüğünün korunmasına katkı sunmaktadır. Özellikle yangın sonrası hızlı sürgün verme kapasitesi, toprak stabilizasyonu ve biyolojik çeşitliliğin yeniden tesisi gibi özellikleri, türü ekosistem restorasyonunda anahtar bir tür haline getirmektedir. Restorasyon ve rehabilitasyon projelerinde, özellikle yangınla tahrip olmuş ve kuraklık baskısı altındaki bölgelerde *A. andrachne* türünün kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Türün bu alanlarda ekolojik işlevselliği artırıcı rolü desteklenmelidir. Genetik çeşitliliğin korunması ve farklı popülasyonların yerel ekolojik koşullara uygun seçimi, uzun vadeli başarı için temel koşullardır. Bu bağlamda yerel tohum kaynaklarının korunması teşvik edilmelidir. Mikro üretim tekniklerinin geliştirilmesi, özellikle kuraklık ve hastalıklara dayanıklı, kaliteli fidan üretimini destekleyerek restorasyon ve rehabilitasyon çalışmalarında başarıyı artıracaktır.



Şekil 4. *A. andrachne* L. türünün peyzaj tasarımında kullanım alanları (Tasarım: G. Saba Ertuğrul)

İklim değişikliğinin artan etkileri ışığında, *A. andrachne* türünün düşük su gereksinimi ve yüksek su kullanım verimliliği, onu su yönetimi stratejilerinin merkezine yerleştirmektedir. Geniş yaprak yüzeyi ve herdem yeşil karakteriyle yıl boyunca devam eden fotosentetik aktivite, karbon sekestrasyonu açısından dikkate değer bir potansiyel sunmakta, aynı zamanda kentsel ısı adası etkisinin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Kuraklık stresi koşullarında türün biyokütle veriminin iyileştirilmesi ve verim istikrarının korunması için fizyolojik, genetik ve moleküler uygulamaların bütüncül olarak ele alındığı, çok disiplinli araştırmalara dayalı ıslah stratejilerine öncelik verilmelidir.

Peyzaj tasarımı ise, dekoratif kabuğu, kompakt ve yoğun taç yapısı ile meyve-çiçek renk kontrastı, türün estetik değerini artırmakta; kentsel ve kırsal alanlarda rekreatif işlevlerin desteklenmesine, mikroiklim düzenlenmesine, habitat koridorlarının oluşturulmasına ve polinatörler için kaynak sağlamasına olanak tanımaktadır. Bu yönleriyle *A. andrachne*, ekosistem hizmetlerinin sürekliliği açısından da önemli katkılar sunmaktadır. *A. andrachne* türü, erken çiçeklenmesi ve yüksek nektar verimi sayesinde arıcılık açısından değerli bir bitki olup, kırsal bölgelerde ekonomik katkı sağlamak amacıyla bal ormanları ve gelir getirici ağaçlandırma projelerinde değerlendirilmelidir. Yol kenarları, refüjler, parklar, sahil şeridi, botanik bahçeleri, rekreasyon alanları, soliter olarak meydanlarda bu türün kullanımı, kentlerin estetik değerini, iklim dayanıklılığını, su ve hava kalitesini arttırmaktadır. Kentsel peyzaj planlamalarında, *A. andrachne* türünün düşük bakım gereksinimi ile karbon tutma ve su yönetimi hedefleri doğrultusunda daha yaygın biçimde kullanılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Aerts R, Honnay O (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC Ecology*, 11(1):29.
- Agbo CU, Omaliko, CM (2006). Initiation and growth of shoots of *Gongronema latifolia* Benth stem cuttings in different rooting media. *African Journal of Biotechnology*, 5(5):425-428.
- Aguirre-Gutiérrez J, Oliveras I, Rifai S, Fauset S, Adu-Bredu S, Affum-Baffoe K, Malhi Y (2019). Drier tropical forests are susceptible to functional changes in response to a long-term drought. *Ecology Letters*, 22(5):855-865.
- Ayan S, Gedik F, Çelik ENY, Gülseven O, Yılmaz E, Akın ŞS, Özel HB (2020). Bazı geniş yapraklı orman ağacı fidanlarının morfolojik özellikleri. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 22(1):245-255.
- Aronson J, Blignaut JN, Milton SJ, Le Maitre D, Esler KJ, Limouzin A, Lederer N (2010). Are socioeconomic benefits of restoration adequately quantified? A meta-analysis of recent papers (2000–2008) in restoration ecology and 12 other scientific journals. *Restoration Ecology*, 18(2), 143-154.
- Baskin CC, Baskin JM (2000). *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic press.
- Benedict MA, McMahon ET (2012). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island press.
- Benayas JMR, Newton AC, Diaz A, Bullock JM (2009). Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: a meta-analysis. *Science*, 325:1121-1124.
- Bertsouklis KF, Papafotiou M (2013). Seed germination of *Arbutus unedo*, *A. andrachne*, and their natural hybrid *A. andrachnoides* in relation to temperature and period of storage. *HortScience*, 48(3):347-351.
- Blondel J, Aronson J (1999). *Biology and Wildlife of the Mediterranean Region*. Oxford University Press.
- Bond WJ, Van Wilgen BW (2012). *Fire and Plants* (Vol. 14). Springer Science & Business Media.
- Brown DCW, Thorpe TA (1995). Crop improvement through tissue culture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 11(4):409-415.
- Buendía Velázquez MV, López López MÁ, Cetina Alcalá VM, Diakite L (2017). Substrates and nutrient addition rates affect morphology and physiology of *Pinus leiophylla* seedlings in the nursery stage. *IForest*, 10:115–120.
- Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS (2003). Understanding plant responses to drought—from genes to the whole plant. *Functional plant biology*, 30(3):239-264.
- Clewell AF, Aronson J (2012). *Ecological Restoration: Principles, Values, and Structure of an Emerging Profession*. Island Press.
- Cui X, Dai D, Huang C, Wang B, Li S, You C, Curran TJ (2023). Climatic conditions affect shoot flammability by influencing flammability-related functional traits in nonfire-prone habitats. *New Phytologist*, 240(1):105-113.
- Davis PH (1970). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 3.
- Diaz S, Kattge J, Cornelissen JH, Wright IJ, Lavorel S, Dray S, Gorné LD (2016). The global spectrum of plant form and function. *Nature*, 529:167-171.
- Engin H, Gökayrak Z (2022). *Arbutus andrachne*'nin çiçek tomurcuklarının farklılaşması ve çiçek organ taslaklarının oluşumu. *ÇOMU Journal of Agriculture Faculty*, 10(2):469-477.
- Ezekiel A (2010). Viable options and factors in consideration for low-cost vegetative propagation of tropical trees. *International Journal of Botany*, 6(2):187-193.
- Hatfield JL, Dold C (2019). Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. *Frontiers in plant science*, 10:103.
- Henry A, Gowda VR, Torres RO, McNally KL, Serraj R (2011). Variation in root system architecture and drought response in rice (*Oryza sativa*): phenotyping of the OryzaSNP panel in rainfed lowland fields. *Field Crops Research*, 120(2):205-214.
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Dixon KW (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27 (S1): S1-S46.
- Fyllas NM, Patiño S, Baker TR, Bielefeld Nardoto G, Martinelli LA, Quesada CA, Lloyd J (2009). Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences*, 6(11):2677-2708.
- Govaerts R, Nic Lughadha E, Black N, Turner R, Paton A (2021). The World Checklist of Vascular Plants, a continuously updated resource for exploring global plant diversity. *Scientific data*, 8(1), 215.
- Jim CY (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Cities*, 21(4):311-320.
- JuŹwiak S, Wójcicki J, Mokrzycki K, Marchlewicz M, Bialecka M, Wenda-Rózewicka L, DroŹdzik M (2005). Effect of quercetin on experimental hyperlipidemia and atherosclerosis in rabbits. *Pharmacol Rep.*, 57(57):604-619.
- Karam NS, Al-Salem MM (2001). Breaking dormancy in *Arbutus andrachne* L. seeds by stratification and gibberellic acid. *Seed Sci. Technol.*, 29:51–56.
- Kayacık H (1982). *Orman ve Park Ağaçlarının Özel Sistematiği*. Angiospermae (Kapalı Tohumlular), İ.Ü. Orman Fak. Yayınları, İstanbul.

- Kaytanlıoğlu EHT, Fakir H, Özkan U, Şahin C (2024). Isparta-Türkiye'de Yetişen Çilek Ağacı (*Arbutus andrachne* L.) Meyvelerinin Çeşitlilik Analizi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 27(4):749-757.
- Kriken and John L (2000). Creating a Framework: Waterfront Development as Urban Place Making.
- Leakey RRB, Chapman VR, Longman KA (1982). Physiological studies for tropical tree improvement and conservation. Some factors affecting root initiation in cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. Forest Ecology and Management, 4:53-66.
- Leakey RRB (1985). The capacity for vegetative propagation in trees. Institute of Terrestrial Ecology, 14:110-133.
- Leakey RRB (1987). Clonal forestry in the tropics—a review of developments, strategies and opportunities. The Commonwealth Forestry Review, 66(1):61-75.
- Leakey RR, Mesen JFT, Tchoundjeu Z, Longman KA, Dick JM, Newton A, Muthoka PN (1990). Low-technology techniques for the vegetative propagation of tropical trees. The Commonwealth Forestry Review, 69(3):247-257.
- Li X, Wang QH, Zhang YY (2016). Studies on the combustibility of 15 woody plants in the high fire risk area of central Yunnan. Forest Inventory and Planning, 41(2):62-68.
- Li Z, Zhang H, Juan YH, Lee YT, Wen CY, Yang AS (2023). Effects of urban tree planting on thermal comfort and air quality in the street canyon in a subtropical climate. Sustainable Cities and Society, 91:104334.
- Linnaeus C (1739). Children, 1000.
- Mackay AC, McGill CR, Fountain DW, Southward RC (2002). Seed dormancy and germination of a panel of New Zealand plants suitable for re-vegetation. New Zealand Journal of Botany, 40(3):373-382.
- Mediavilla S, Escudero A, Heilmeyer H (2001). Internal leaf anatomy and photosynthetic resource-use efficiency: interspecific and intraspecific comparisons. Tree physiology, 21(4):251-259.
- Mitsch WJ, Gosselink JG (2015). Wetlands. John Wiley & sons.
- Nugroho NY, Triyadi S, Wonorahardjo S (2022). Effect of high-rise buildings on the surrounding thermal environment. Building and Environment, 207:108393.
- Padilla FM, Pugnaire FI (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. Frontiers in Ecology and the Environment, 4(4):196-202.
- Parthiban KT, Sudhagar RJ, Kanna SU, Vennila S, Sekar I, Baranidharan K (2016). Forestry: A Subjective Guide for IFS Aspirants. Scientific Publishers-Competition Tutor.
- Pausas JG, Keeley JE (2014). Evolutionary ecology of resprouting and seeding in fire-prone ecosystems. New Phytologist, 204(1):55-65.
- Pausas JG, Keeley JE, Schilck DW (2017). Flammability as an ecological and evolutionary driver. Journal of Ecology, 105(2):289-297.
- Peters W, van der Velde IR, Van Schaik E, Miller JB, Ciais P, Duarte HF, White JW (2018). Increased water-use efficiency and reduced CO₂ uptake by plants during droughts at a continental scale. Nature geoscience, 11(10):744-748.
- Pipinis E, Stampoulidis A, Kotoula AA, Milios E, Kostas S, Hatzilazarou S, Radoglou K (2023). Seed germination behavior, molecular analysis of four populations of *Arbutus andrachne* species from Greece, and cultivation practice for producing high-quality plants. Agriculture, 13(7):1428.
- Reich PB, Ellsworth DS, Uhl C (1995). Leaf carbon and nutrient assimilation and conservation in species of differing successional status in an oligotrophic Amazonian forest. Functional Ecology, 9:65-76.
- Onursal E, Gözlekci S (2007). The effects of some pre-sowing treatments on seed germination percentage and duration of sandal wood (*Arbutus andrachne* L.) trees. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(2):211-218.
- Santiso X, Lopez L, Retuerto R, Barreiro R (2016). Phylogeography of a widespread species: Pre-glacial vicariance, refugia, occasional blocking straits and long-distance migrations. AoB Plants, 8:1-41.
- Smith SE, Read DJ (2010). Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press.
- Srivastava PS (2005). Plant Biotechnology and Molecular Markers. Springer press.
- Ter Steege H, Poorter L, Aguirre-Gutiérrez J, Fortunel C, Magnusson WE, Phillips OL, Dexter KG (2025). Functional composition of the Amazonian tree flora and forests. Communications Biology, 8:355.
- Tzoulas K, Korpela K, Venn S, Yli-Pelkonen V, Kaźmierczak A, Niemela J, James P (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. Landscape and urban planning, 81(3):167-178.
- Vallejo R, Aronson J, Pausas JG, Cortina J (2009). Restoration of Mediterranean woodlands. Restoration Ecology: The New Frontier, 14:193-207.
- Vitousek PM, Sanford RL (1986). Nutrient cycling in moist tropical forest. Annual review of Ecology and Systematics, 17(1):137-167.
- Wright IJ, Reich PB, Westoby M, Ackerly DD, Baruch Z, Bongers F, Villar R (2004). The worldwide leaf economics spectrum. Nature, 428:821-827.