



TERAS AĞAÇLANDIRMALARINDA KULLANILAN MİNİ EKSKAVATÖRLERİN ÇALIŞMA VERİMLİLİĞİNİN İNCELENMESİ

Kenan MELEMEZ^{*1}

¹Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bartın

ÖZET

Makinele ağaçlandırma çalışmaları, farklı şartlarda diri örtü temizliği ve toprak işleme gibi işleri kapsamaktadır. Türkiye topraklarının yaklaşık yarısını oluşturan dik yamaçlarda, teras ağaçlandırmalarının yapılması zorunlu olmaktadır. Eğimli arazilerdeki su ve toprak eksikliğinden kaynaklanan fidan tutma ve büyüme sorunları arazinin teraslanması ile çözülebilmektedir. Bu çalışmada, Bursa yöresinde teras ağaçlandırmalarında kullanılan mini ekskavatörlerin çalışma verimleri incelenmiştir. Bu kapsamda, yörede kullanılan mini ekskavatörler ile terasların yapılması sırasında çalışma şekli incelenmiş ve zaman etütleri yapılmıştır. Elde edilen veriler ile teras çeşitleri ve makine türlerine göre çalışma verimleri belirlenmiş ve mini ekskavatörlerin ekosisteme etkileri değerlendirilmiştir. Ortalama çalışma verimleri hendekli teraslarda 34.12 m/sa, çukurlu teraslarda 20.25 m/sa olarak bulunmuştur. Sonuç olarak, dik yamaçlardaki teras ağaçlandırmalarında, verimi yüksek ve ekosistemi tahrip etmeyen mini ekskavatörlerin kullanımı teşvik edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Ağaçlandırma, Ekskavatör, Mekanizasyon, Teras, Verim

INVESTIGATION OF THE WORK PRODUCTIVITY OF THE MINI-EXCAVATORS USED FOR TERRACE FORESTATIONS

ABSTRACT

The machine use in the afforestation activities includes tasks such as land clearing and soil cultivation under different site conditions. Covering about half of Turkey's land is steeply sloping, therefore terrace plantations is obligatory. Growth problems of sampling caused by lack of water and soil on the steep slopes can be solved by the terracing of the land. In this study, working productivity mini-excavator used in terrace forestation was investigated in Bursa region. In this context, mini-excavators operations in the terrace forestation were investigated, and time measurements were carried out. According to data obtained, working efficiencies determined according to the types of the terrace and machinery, and their ecosystem effects on determined. Mean working efficiencies were calculated as trenched terraces 34.12 m/sa, pitted terraces 20.25 m/sa. As a result, use of mini-excavators with high productivity and not harming the ecosystem should be encouraged in terrace plantations on the steep terrain.

Keywords: Afforestation, Excavator, Mechanization, Terrace, Productivity

1. GİRİŞ

* Yazışma yapılacak yazar: kmelemez@hotmail.com

Makale metni 03.10.2011 tarihinde dergiye ulaşılmış, 11.11.2011 tarihinde basım kararı alınmıştır.

Toplumumuzun teknik, ekonomik ve sosyal yapısı artık her alanda makineli çalışmayı gerekli hale getirmiştir. Ağaçlandırma yoluyla yeni orman tesisinde, çalışmaların mekanize edilmesi giderek önem kazanmaktadır. Bir taraftan dikim alanlarının genişlemesine paralel olarak insan gücü yetersizliği sebebiyle makineleşmeye dönülürken, diğer taraftan makineleşme alanında önemli gelişmeler kaydedilmektedir. Makineli ağ landırma çalışmaları, farklı şartlarda diri örtü temizliği ve toprak işleme gibi işleri kapsamakta, dolayısıyla bu işleri yapabilecek çeşitli makine ve ekipmanlara ihtiyaç göstermektedir.

Türkiye'nin arazi yapısı, genel olarak eğimlidir. Eğimli araziler, toprak erozyonu ve su ekonomisi bakımından olumsuz özelliklere sahiptir. Bu durum ağ landırma çalışmalarında dikim başarısı ve tutan fidanların gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Eğimli arazilerde, y zeyssel akış çok, toprak içine sızan su miktarı az dolayısıyla toprak aşınma ve taşınma olayları fazladır. Toprağın taşınması nedeniyle yamaç toprakları genellikle sığdır. Yağış suları toprağa girmeden sel ve derelerle havza dışına çıkarılır, böylece yetişme ortamlarında yer altı suyu fakirliği olur. Bu nedenlerle eğimli arazilerde, sayılan olumsuz etkileri giderecek özel dikim yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Dik yamaçların ağ landırılmasında uygulanan teknik düz ve az eğimli arazilerden oldukça farklılık gösterir. Genellikle % 15'i aşan eğimli arazilerde teras tesisleri gereklidir. Dik yamaçların ağ landırılmasında genellikle teras ağ landırımları uygulanır. Teraslar, eğimli yamaç arazilerde y zeyssel akışı ve toprakların aşınıp taşınmasını kontrol altında tutan, birer kanalı bulunan toprak yapılarıdır ( rge  ve  epel, 2001). Teraslar aynı eşyükselti eğrisi boyunca yamaç tarafından kazılan toprağın alt kısma yığılmasıyla oluşan tesislerdir. Teraslar, y zeyssel akış sularının yamaç eteğine inmeden, toprak tarafından tutulması ve toprakta depolanmasını sağlar, aşırı y zeyssel akış sularının toprağa taşınmasını önler, yağış sularının toprağın derin tabakalarına kadar inmesini ve yer altı suyunun zenginleşmesini sağlar. Denemeler ve uzun yılların uygulama sonuçlarından, teras edilen alanlardaki fidanların tutma yüzdeleri ve büyüme hızlarının teraslanmamış alanlardakine oranla çok büyük ölçüde olumlu farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. Günümüzde teras tesisleri ağ landırma çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır ( rge , 1998).

Ağ landırma çalışmalarında, öncelikli olarak yapılacak işlem ağ landırılacak alanın ekim veya dikim yapılabilcek duruma getirilmesidir. Bu amaçla yapılacak çalışmalar örtü temizliği ve toprak işleme olmak üzere başlıca iki gruba ayrılır ( rge  ve  epel, 2001). Ağ landırma çalışmalarında topografik şartlar, toprak ve mevcut bitki örtüsünün durumuna uygun ekipmanın seçimini en ekonomik çözümü sağlamaktadır. Her şeyden önce arazi eğimi, ağ landırma çalışmalarında sınırlayıcı faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Genellikle %35'e kadar eğimli arazi makineli çalışma için uygun kabul edilmekle birlikte, bazı tedbirlerle bu sınır %60'a kadar çıkarılabilmektedir. Temizlenmesi gereken bitki örtüsünün cinsi, yoğunluğu, kök ve kütük kalınlığı da seçilecek makine ve ekipmanlar üzerinde etkili olmaktadır (Bayaoğlu, 1986). Makineler ile mevcut bitki örtüsünün temizlenmesi ile toprağın besin maddesi muhtevası artar, rekabet edici örtü yok edilir, geç fideanların gelişmesi için humuslu üst toprağın karıştırılması sağlanır.

Ülkemizde ağ landırma işleri 1960'lı yıllardan itibaren makineli olarak da yapılmaya başlanmıştır. Bu şekilde ağ landırma yatırımlarının, maliyeti azaltılmış, etkinliği ve verimliliği arttırılmıştır. Makineli arazi hazırlığı yapılan yerlerde, işçi ile yapılan yerlere göre önemli oranda çap ve boy büyümesi farkı oluşmuştur. Ülkemizde ağ landırma çalışmalarında, paletli traktör, dozer, örtü tarağı, çalı doğrayıcı gibi çok çeşitli makine ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Ağ landırma çalışmalarında yeni kullanılmaya başlanan mini ekskavatörler özellikle eğimli arazilerde verimli bir şekilde çalışabilmektedir. Mini ekskavatörler, teras yapma, toprak işleme ve diri örtü temizleme gibi işlerde kullanılabilen çok amaçlı makinelerdir (OGM, 2011).

Zlatning et al. (1999), makineli teraslama yapılmış ve yapılmamış alanlara dikilen fidanların 20 yıl sonraki durumunu inceledikleri çalışmalarında, makineli teras yapılan alanda dikilen alanın teras yapılmayana oranla ağı hacmi, boy uzunluğu ve toprak kil miktarının çok daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayık ve arkadaşları (1986), ağ landırma sahalarında kullanılan diri örtü temizliği ve toprak işleme ekipmanlarının toprağın fiziksel ve kimyasal yapısına etkilerini inceledikleri çalışmalarında, değişik diri örtü ve toprak işleme makine ekipmanlarının orman toprağının nem, organik madde, azot, fosfor ve potasyum değerleri üzerindeki etkilerini açıklayarak, dozer bıçağı ile diri örtü temizliğinin terk edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kantarcı (1986), arazi hazırlığı ve toprak işlemesinde uygulanan mekanizasyonun ekolojik etkilerini hakkında genel bilgiler verdiği çalışması sonucunda, arazinin hazırlanması ve toprağın işlenmesinde kullanılacak olan yöntem ve araçların yöresel yetişme ortamı özelliklerine ve özellikle anakaya-toprak özelliklerine göre seçilmesi gerektiğini belirtmiştir.  rge  (1998), ağ landırma tekniği adlı kitabında, ağ landırma çalışmalarında diri örtü temizliği

ve toprak işlemede kullanılabilecek makine ve ekipmanları açıklamış, çok dik yamaçların ağaçlandırılmasında kullanılacak yöntemler hakkında ayrıntılı bilgiler vermiş ve teras ağaçlandırmalarının olumlu ve olumsuz özellikleri hakkında değerlendirmelerde bulunmuştur. Dönmez (1986), ülkemizde uygulanan ağaçlandırma teknikleri ve birim zaman analizleri adlı çalışmasında, çeşitli eğim, diri örtü ve traktörlerle türlerinde verim değerlerinin 6 - 11 saat/ha arasında değiştiğini belirlemiştir.

Bu çalışmanın amacı, özellikle Bursa yöresinde teras ağaçlandırmalarında son yıllarda yoğun olarak kullanılan mini ekskavatörlerin çalışma verimlerinin incelenmesi ve ekosistem üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesidir. Bu kapsamda öncelikle, yörede kullanılan mini ekskavatörler ile terasların yapılması sırasındaki çalışma şekilleri incelenmiş, ekosistem üzerindeki etkileri değerlendirilmiş ve zaman etütleri yapılmıştır. Arazide toplanan veriler değerlendirilerek, mini ekskavatörlerin çalışma verimleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Yapılan gözlem ve incelemeler sonucu mini ekskavatörlerin teras ağaçlandırmalarında kullanımları ile ilgili öneriler sunulmuştur.

2. MATERYAL VE METOT

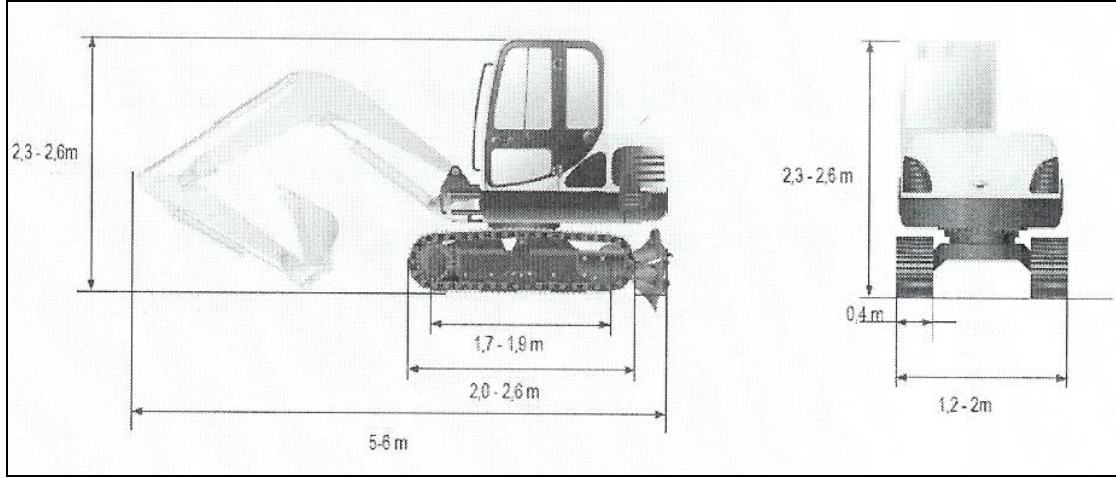
Bu çalışma, Bursa Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde 2010 yılında yapılan teras ağaçlandırmaları sırasında gerçekleştirilmiştir. Bölge müdürlüğünün arazi yapısı, genel sahanın % 46'sı yakın platolar ve % 34'ü dağlık alanlardan oluşmaktadır. Yörede son yıllarda, özellikle paletli traktörlerin arazi hazırlığı yapamadığı, eğimli arazilerde mini ekskavatör kazı makineleriyle "BUROR" adı verilen çukurlu ve hendekli seki teraslar yapılmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Mini ekskavatörler ile teras ağaçlandırması yapılmış bir alanının görünümü

Araştırma kapsamında, 6 ayrı mini ekskavatörün çalışması sırasında ölçüm ve gözlemler yapılmıştır. Çukurlu terasların yapımında, CAT 302.5, LIUGONG 904, hendekli teraslar DOOSAN dx55, HITACHI zaxus50u, HYUNDAI r557, KUBATO kx121-3 marka mini ekskavatörler kullanılmıştır. Ekskavatörlerin genel olarak boyutları değerlendirildiğinde, uzunlukları 2-2.6 m, genişlikleri 1.2-2.0 m, palet genişlikleri 0.4-0.5 m arasında değişmektedir (Şekil 2). Palet genişliği 120-200 cm olan mini ekskavatörlerin nakliyatı kolay olup, küçük bir kamyonetle dahi taşınabilmektedirler. Mini ekskavatörlerin genel özellikleri ve kepçe özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Araştırma kapsamında, öncelikle teras ağaçlandırmalarında çukurlu ve hendekli teraslarda mini ekskavatörlerin çalışma şekli incelenmiş ve çalışma verimleri ile ekosistem üzerindeki etkileri ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 3). Mutlak toprak derinliğinin 45 cm'nin altında olduğu sahalar ile devam eden teras yapımının zor olduğu arazilerde çukurlu seki teras, toprak derinliğinin 45 cm'den fazla olduğu, devamlı teras yapmanın kolay ve mümkün olduğu alanlarda hendekli teras yapılmaktadır (OGM, 2010).



Şekil 2. Mini ekskavatörlerin boyutları

Tablo 1. Mini Ekskavatörler ve Kepçelerin Genel Özellikleri

Makine Ağırlığı (kg)	2000 - 5600	
Toplam Uzunluğu (m)	5.0 – 6.0	
Toplam Yüksekliği (m)	2.3 – 2.6	
Palet Genişliği (m)	0.4	
Paletler Arası Mesafe (m)	1.2 – 2	
Tambur Mesafesi (m)	1.7 – 1.9	
Dozer Bıçağı Boyutu (Genişlik x Yükseklik) (m)	(1.2 – 2) x (0.3 – 0.4)	
Yakıt Deposu Kapasitesi (L)	55 - 70	
Maksimum Sürüş Hızı (km/h)	2.6 - 5	
Palet Tipi	Çelik - Kauçuk	
Kepçe Diş sayısı	3-4-5	
Kepçe kapasitesi (m³)	0.7 - 0.18	
Kepçe ağırlığı (kg)	80 - 140	
Kepçe genişliği	Yan dişlerle (m)	0.62 – 0.75



Şekil 3. Mini ekskavatörler ile yapılan teras ağaçlandırmasının görünümü

Teras ağaçlandırmalarında hendekli ve çukurlu teraslar için iki ayrı etüt formu oluşturulmuştur (Tablo 2). Terasların yapımı sırasında, önceden hazırlanan etüt formlarına sürekli zaman ölçümü yöntemi ile iş dilimleri saniye olarak ölçülerek kaydedilmiştir. Her bir terasın yapımında belirli aralıklarla yapılan diri örtü temizliği, yol yapma işlemi bir hat boyunca tamamlandıktan sonra, geri dönüşte teras yapma ve çukur açma işlemleri için zaman ölçümleri yapılmıştır. Belirli aralıklar ile yapılan diri örtü temizliği süresi, yol yapma süresi, yol uzunluğu gibi iş dilimleri mini ekskavatörlerin çalışma şekline uygun olarak çalışma verimi hesaplanması amacıyla kaydedilmiştir. Araştırma alanlarında ortalama arazi eğimi, çukurlu teraslarda %56, hendekli teraslarda %43'tür. Araştırma kapsamında örnek alanlar seçilerek farklı markalardaki mini ekskavatörler ile yapılan toplam teras uzunlukları tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2. Teras ağaçlandırmalarına ait etüt formları

İŞ DİLİMLERİ (Çukurlu teras)		İŞ DİLİMLERİ (Hendekli teras)	
Diri örtü temizleme süresi (sn)		Diri örtü temizleme süresi (sn)	
Yol yapma süresi (sn)		Yol yapma süresi (sn)	
Teras yolu uzunluğu (m)		Teras yolu uzunluğu (m)	
Teras yapma ve çukur açma süresi (sn)		Teras yapma süresi (sn)	
Teras uzunluğu (m)		Teras uzunluğu (m)	
Çukur doldurma süresi (sn)		Toplam süre (sn)	
Banket yapma süresi (sn)			
Toplam süre (sn)			

Tablo 3. teras ağaçlandırmalarında alınan örneklerle ait makine türü ve teras uzunlukları

Teras tipi	Çukurlu teras		Hendekli teras			
Makine türü	CAT	LIUGONG	DOOSAN	HITACHI	HYUNDAI	KUBATO
Teras şerit uzunluğu (m)	226	219	113	72	128	56

Etüt formlarındaki veriler bilgisayar ortamına aktararak, her bir teras yapımı sırasındaki iş dilimleri ve toplam süreler bulunmuştur. Daha sonra, teras uzunlukları ve iş dilimleri sürelerinden faydalanılarak her bir metre teras için ortalama iş süreleri, çukurlu ve hendekli teraslarda ve farklı makine türleri için ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Arazide elde edilen zaman değerleri ve uzunluk değerleri yardımıyla, her bir saatte yapılan teras uzunluğu ortalamaları, yani ortalama çalışma verimi (metre/saat) olarak hesaplanmıştır. Hendekli ve çukurlu terasların yapımında kullanılan mini ekskavatör türleri arasında fark olup olmadığı değerlendirilmiştir. Son olarak, mini ekskavatörler ile çalışmada teknik ve ekolojik bir değerlendirme yapılmış, ekskavatörler ile örtü temizliği ve toprak işleminin mevcut bitki örtüsü ve toprağa etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çukurlu Teraslar İle İlgili Bulgular

Mini ekskavatörler palet genişliğinde, eş yükselti eğrilerine paralel ve arazide tutunabileceği yol yapımına başlar. Yol yapımı sırasında, arazide diri örtü sorunu varsa yaptığı yol güzergahında 2.00-2.50 m genişliğindeki bir alanda diri örtü temizliği de yapılmaktadır. Yapılan yol üzerine geriye doğru bir yandan yamaç eğimine ters yönde, içe doğru %10-20 eğim verirken bir yandan da sadece fidanın ekileceği yerlerde belirlenen fidan dikim aralık mesafelerine göre 90-100 cm genişliğinde 40-50 cm derinliğinde çukurlar kazılır. Çukurdan çıkan toprak bir tarafa yığılıp çukur şeridin üst kısmındaki toprakla doldurulmakta, çukurdan çıkan toprak dolu çukurun üzerine eklenerek 90-100 cm derinlik oluşturulmaktadır. Kepçe ağzı ile kazı yapılan şeride teras biçimi verilmekte ve sonuçta yamaç eğimine ters yönde, içe doğru %10-20 eğimli, seki teras üzerindeki dikim noktalarında 90-100 cm derinliğinde, 90-100 cm genişliğinde çukurlu seki teras tamamlanmaktadır. Mini ekskavatörler ile yapılan terasın içine 20-25 m'de bir banket yaparak teraslarda toplanan suyun teras içinde kalması sağlanmaktadır (AGM, 2010). Çukurlu teras çalışmaları yapılan iki ayrı makineye ait arazi

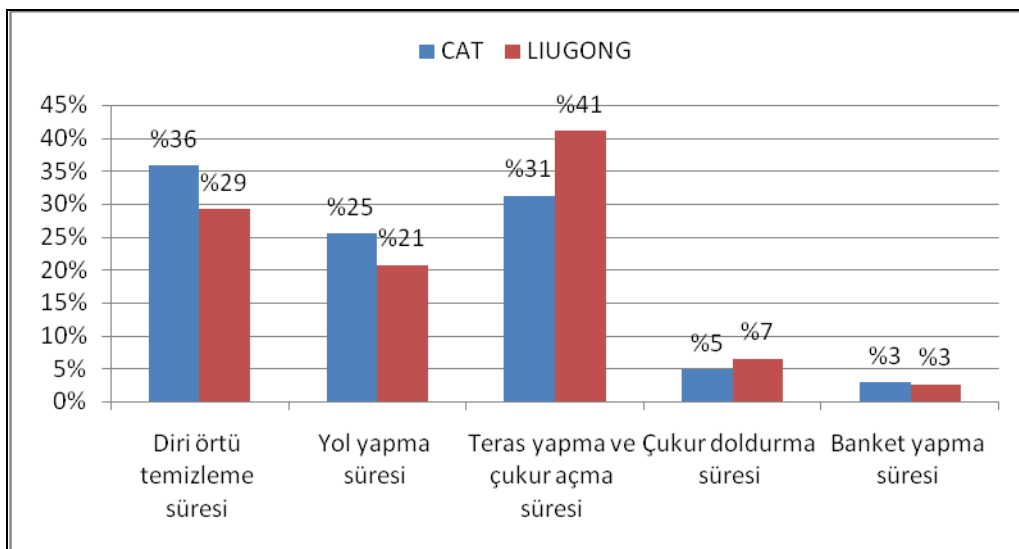
çalışmalarından elde edilen zaman ölçümlerine ait bilgiler Tablo 4’te özetlenmiştir. Tablo incelendiğinde, CAT marka mini ekskavatör ile 226 metrelik teras için toplam çalışma süresi 10.80 saat, LIUGONG marka mini ekskavatör ile 219 metrelik teras için toplam çalışma süresi 11.19 saat olarak bulunmuştur. Yine, her bir metre çukurlu teras yapımında iş dilimleri sürelerinin ve yüzde oranlarının karşılaştırılması amacıyla Tablo 5 hazırlanmıştır. Makineli çalışmalarda en fazla süre alan iş dilimlerinin diri örtü temizleme ile teras yapma ve çukur açma olduğu görülmüştür (Şekil 4). Elde edilen bu sonuçlara göre, teras ağaçlandırmalarında makinelerin toplam çalışma süresi üzerinde etkili en önemli faktörlerin diri örtü ve toprak durumunun olduğu söylenebilir.

Tablo 4. Makine türlerine göre çukurlu teraslarda çalışma zamanı değerleri

İŞ DİLİMLERİ	BİRİMİ	CAT	LIUGONG
Diri örtü temizleme süresi	sn	13911	11747
Yol yapma süresi	sn	9884	8348
Teras yapma ve çukur açma süresi	sn	12116	16554
Çukur doldurma süresi	sn	1869	2626
Banket yapma süresi	sn	1099	1016
Toplam süre	sn	38879	40291
Teras şerit uzunluğu	m	226	219
TOPLAM SÜRE	saat	10.80	11.19

Tablo 5. Her bir metre çukurlu teras için hesaplanan için iş dilimleri süreleri

İŞ DİLİMLERİ	BİRİMİ	CAT	LIUGONG
Diri örtü temizleme süresi	sn	61.55 (%36)	53.64 (%29)
Yol yapma süresi	sn	43.73 (%25)	38.12 (%21)
Teras yapma ve çukur açma süresi	sn	53.61 (%31)	75.59 (%41)
Çukur doldurma süresi	sn	8.27 (%5)	11.99 (%7)
Banket yapma süresi	sn	4.86 (%3)	4.64 (%3)



Şekil 4. Çukurlu teraslarda mini ekskavatörlere ait iş dilimleri sürelerinin oransal karşılaştırılması

Arazide elde edilen zaman ölçümleri ve teras uzunlukları değerlendirilerek çukurlu teras ağaçlandırmalarında makinelerin çalışma verimleri hesaplanmıştır (Tablo 6). Mini ekskavatörler ile çukurlu teras yapımında 1 saatte yapılan teras uzunluğu ortalaması (ortalama çalışma verimi), 20.25 m/sa olarak bulunmuştur. Tablo incelendiğinde, çukurlu teraslarda mini ekskavatörlerin verimleri CAT marka 20.92 m/saat, LIUGONG marka 19.57 m/saat olduğu görülmektedir. Benzer özellikteki arazi şartlarında birbirine yakın verim değerlerinin bulunması, çukurlu teras ağaçlandırmalarında makine türünün önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

Tablo 6. Çukurlu teraslarda mini ekskavatör çalışma verimleri

	BİRİMİ	CAT	LIUGONG
Toplam süre	saat	10.80	11.19
Teras şerit uzunluğu	m	226	219
Çalışma verimi	m/sa	20.93	19.57
ORTALAMA VERİM	m/sa	20.25	

3.2. Hendekli Teraslara İle İlgili Bulgular

Mini ekskavatörler çalışma yapılan arazi üzerinde eş yükselti eğrilerine paralel, sıfır eğimli, palet izi genişliğinde, kendisinin arazide tutunabileceği şekilde 1.20-2.00 m genişliğinde yol yapar. Mini Ekskavatörler geri dönerken yaptıkları yol üzerinde kepçe ağız ile iki kepçe genişliğinde 45-50 cm. derinliğinde toprak işlemektedirler. Yamacın üst tarafından yapılan kazı ile elde edilen toprak, yamacın ön tarafındaki işlenmiş toprağın üstüne çekerek kepçe ağız ile kazı yapılan şeride teras formu verilmektedir. Böylelikle eş yükselti eğrilerine paralel, yamaca doğru %10-20 ters eğimli, 120-140 cm genişliğinde, ortalama 60-90 cm derinliğinde hendekli teras tamamlanmaktadır.

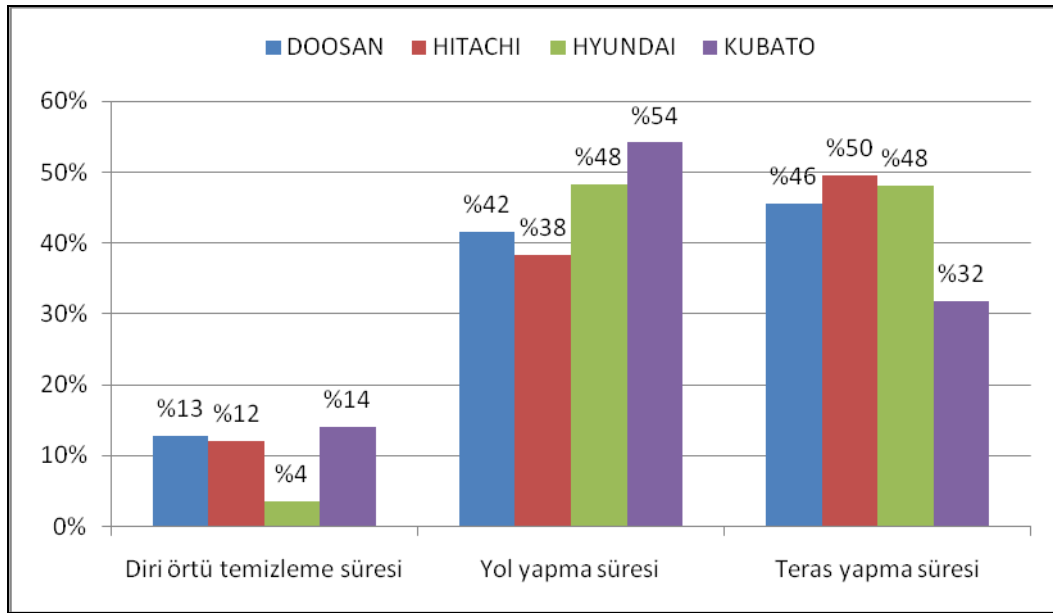
Hendekli teras çalışmaları yapılan dört ayrı makineye ait arazi çalışmalarından elde edilen zaman ölçümlerine ait bilgiler aşağıdaki Tablo 7’de özetlenmiştir. Tablo incelendiğinde, toplam çalışma süreleri DOOSAN marka mini ekskavatör ile 113 metrelik teras için 3.35 saat, HITACHI marka ile 72 metrelik teras için 2.36 saat, HYUNDAI marka ile 128 metrelik teras için 4.27 saat, KUBOTO marka ile 56 metrelik teras 1.32 saat olarak bulunmuştur. Yine, her bir metre çukurlu teras yapımında iş dilimleri sürelerinin ve yüzde oranlarının karşılaştırılması amacıyla Tablo 8 hazırlanmıştır. Makineli çalışmalarda en fazla süre alan iş dilimlerinin teras yapma ve şerit yolu yapma olduğu görülmüştür (Şekil 5). Elde edilen bu sonuçlara göre, teras ağaçlandırmalarında makinelerin toplam çalışma süresi üzerinde etkili en önemli faktörün toprak durumunun olduğu söylenebilir.

Tablo 7. Makine türlerine göre hendekli teraslarda çalışma zamanı değerleri

İŞ DİLİMLERİ	BİRİMİ	DOOSAN	HITACHI	HYUNDAI	KUBATO
Diri örtü temizleme süresi	sn	1541	1025	561	671
Yol yapma süresi	sn	5025	3266	7421	2576
Teras yapma süresi	sn	5507	4219	7394	1512
Toplam süre	sn	12073	8510	15376	4759
Teras şerit uzunluğu	m	113	72	128	56
TOPLAM SÜRE	saat	3.35	2.36	4.27	1.32

Tablo 8. Her bir metre hendekli teras için hesaplanan için iş dilimleri süreleri

İŞ DİLİMLERİ	BİRİMİ	DOOSAN	HITACHI	HYUNDAI	KUBATO
Diri örtü temizleme süresi	sn	13.64 (%13)	14.24 (%12)	4.38 (%4)	11.98 (%14)
Yol yapma süresi	sn	44.47 (%42)	45.36 (%38)	57.98 (%48)	46.00 (%54)
Teras yapma süresi	sn	48.73 (%46)	58.60 (%50)	57.77 (%48)	27.00 (%32)



Şekil 4. Hendekli teraslarda mini ekskavatörlere ait iş dilimleri sürelerinin oransal karşılaştırılması

Arazide elde edilen zaman ölçümleri ve diğer veriler değerlendirilerek hendekli teras ağaçlandırmalarında makinelerin çalışma verimleri hesaplanmıştır (Tablo 9). Mini ekskavatörler ile hendekli teras yapımında 1 saatte yapılan teras uzunluğu ortalaması (çalışma verimi), 34.12 m/sa olarak bulunmuştur. Tablo incelendiğinde, çukurlu teraslarda mini ekskavatörlerin verimleri DOOSAN marka 33.69 m/saat, HITACHI marka 30.46 m/saat, HYUNDAI marka 29.97 m/saat, KUBATO marka 42.36 m/saat olduğu görülmektedir. Benzer özellikteki arazi şartlarında birbirine yakın verim değerlerinin bulunması, çukurlu teras ağaçlandırmalarında makine türünün önemli bir etkisinin olmadığını göstergesidir.

Tablo 9. Çukurlu teraslarda mini ekskavatör çalışma verimleri

	BİRİMİ	DOOSAN	HITACHI	HYUNDAI	KUBATO
Toplam süre	saat	3.35	2.36	4.27	1.32
Teras şerit uzunluğu	m	113	72	128	56
Çalışma verimi	m/sa	33.69	30.46	29.97	42.36
ORTALAMA VERİM	m/sa	34.12			

3.3. Tartışma

Elde edilen ortalama çalışma verimi değerlerine bakıldığında hendekli teraslarda, çukurlu teraslardan daha yüksek verim değeri bulunduğu görülmüştür. Bu durum, hendekli teraslarda çukur kazılmasının gerek olmadığından kaynaklanmaktadır. Elde edilen bu verim değerlerinin insan gücü ile yapılan teras verimi değerlerinden oldukça yüksek olduğu, iş tekniği açısından daha derin bir toprak işleminin yapıldığı söylenebilir. Mini ekskavatörlerin bu yüksek çalışma verimi ile teras yapım maliyetleri azaltılabilecektir. Makine ile yapılan teraslama çalışmaları, insan gücü ile yapılan teraslama çalışmalarına kıyasla daha derin toprak işleme yapıldığı, teraslama çalışmalarının daha kısa sürede bitirildiği, yapılan teraslama çalışmalarının maliyetinin daha düşük olacağı ve terasların istenilen standartlarda yapılabileceği gözlemlenmiştir. Bu terasların genişliği ve işlenmiş toprak derinliği, işçi ile yapılan gradoni terasın iki katı kadar olmaktadır. Dikilen fidanların takip ve bakım masraflarını düşük olmakta, teraslara dikilen fidanların tutma başarısı oranı oldukça %90-%100 arasında değişmektedir. Yapılan terasların aralarında kalan doğal doku korunduğundan, biyolojik çeşitlilik sürdürülmekte ve ekosistem tahrip edilmemektedir. İşlem gören alan tüm alanın en fazla %15'i kadar olmakta, sahanın %85'ine hiç dokunulmamaktadır (AGM, 2011).

Mini ekskavatörler ile terasların yapımında yaklaşık 2 metrelik genişlikte düzenli aralıklarla diri örtü temizliği yapılmaktadır. Bu durum geniş alanlardaki bitki örtüsünün önüne geçerek erozyonu azalttığı gibi, aynı zamanda 2 metrelik şerit genişliği fidanların belli bir boya ulaşmaya kadar diri örtü mücadelesinden korunmaktadır. Mevcut bitki örtüsü ve biyolojik çeşitlilik büyük oranda korunarak ekosistem tahrip edilmemektedir. Çalı doğrayıcılar ile diri örtü temizliği ile köklerin tamamı toprakta kaldığı için, daha sonraki yıllarda sürgün vererek fidanlar üzerinde baskı kurabilir ve toprak içerisinde fidan kökleri su ve besin maddesi alımında güçlük çekebilir. Dozer bıçağı ile diri örtü temizliği sırasında üst topraktan (0-20 cm) taşınan organik madde ve azot miktarının örtü temizleme tarafına oranla çok daha fazla olduğu, fosforun (P_2O_5) tarakla daha fazla taşındığı görülmüştür. (Ayık ve ark., 1986).

Yıllık ağaçlandırma programlarının hacmi büyüdükçe yapılan işte etkenlik, sürat ve kontrol azalır, kalite ve verim düşer. Sonuçta ise dikilen fidanların biyolojik istekleri tam anlamı ile karşılanamadığından başarı sağlanamaz. Ağaçlandırmada başarı, örtü temizliği ve toprak işlemenin kalitesine bağlıdır. İyi bir arazi hazırlığı, fidanların tutma oranları ile ilk yıllardaki büyümesi üzerine büyük etki yapmaktadır. Bu nedenle, ağaçlandırma çalışmalarında, toprağı ve doğayı tahrip etmeyen yöre şartlarına uygun makine ve ekipmanlar tercih edilmelidir (Tolay, 1986).

Makinelerin toprak basınçları yaklaşık olarak hesaplaması yapılarak toprağı sıkıştırarak strüktürünü bozmasına neden olup olmadığı yaklaşık olarak toplam ağırlığın, toplam yüzey alanına bölünmesiyle hesap edilmiştir (Tablo 10). Mini ekskavatörler ile teras yapımında kullanılan paletli mini kazı makinelerinin ağırlığı ortalama 2-6 ton civarındadır. 40-50 tonluk büyük iş makineleri kadar araziye tahrip etmemektedir. Tabloda görüldüğü gibi yaklaşık olarak özgül toprak basıncı değeri 0.31 kg/cm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu değer toprak strüktürünü bozmayan eşik değerleri arasındadır. Yine, makinelerin kepeçlerinin önde olarak geri hareket halinde çalışma şekli dolayısıyla, toprak işleme ve çukur yapımı sırasında toprak sıkışıklığına en az düzeyde tutulmaktadır.

Tablo 10. Mini ekskavatörlerin toprak basıncı hesabı

Palet genişliği	40 cm
Palet uzunluğu	200 cm
Palet yüzey alanı (her biri)	8000 cm^2
Toplam palet yüzey alanı	16000 cm^2
Toplam ağırlık	5000 kg
Özgül toprak basıncı	0.31 kg/cm^2

Makineli toprak işlemenin ekosistem üzerinde bazı olumsuz etkileri ve zararlı sonuçları olmaktadır. Özellikle, organik madde ayrışma hızının artması, buna bağlı olarak azot ve karbon kaybının meydana gelmesi, strüktür dayanıklılığının azalması, belirli koşullarda erozyon riskinin artması bu olumsuz etkilerden en önemlileridir. Arazi hazırlanması sırasında, ölü ve diri örtü araziden tamamen uzaklaştırılmayıp, şeritler halinde yığılması ve toprağı karıştırılması gibi tekniklerle organik madde kaybı azaltılabilir. Yine, makinenin toprağı sıkıştırarak strüktürünü bozması 0.625 kg/cm^2 den çok basınç yapmayan özgül toprak basınçlarının 0.30 kg/cm^2 olduğu ülkemizde mevcut olan uygun makine seçimi ile önlenabilir. Yine, toprak işleme anında etkili olan toprağın nem içeriği ve dolayısıyla toprak işleme mevsiminin çok iyi seçilmesi gerekir. Toprak işleme, makinelerin boş olduğu zamanlarda değil, toprak neminin tarla kapasitesinde olduğu elverişli toprak tavinin bulunduğu zaman yapılmalıdır (Çepel, 1986).

4. SONUÇ

Mini ekskavatörler ile ortalama çalışma verimi çukurlu teraslarda 20.25 m/sa, hendekli teraslarda 34.12 m/sa olarak bulunmuştur. Makineli çalışmalarda en fazla süre alan iş dilimlerinin diri örtü temizleme ile teras yapma ve çukur açma olduğu görülmüştür. Mini ekskavatörler ile tüm alanda değil, yaklaşık 2 metrelik dar şeritler

halinde diri örtü temizliği yapıldığı görülmüştür. Yine, toprak işlemesi ve teras yapımı sırasında makinelerin toprağın strüktürüne etkisinin düşük düzeyde yaklaşık 0.31 kg/cm^3 toprak basıncı olduğu belirlenmiştir.

Teras ağaçlandırmalarında mini ekskavatörlerin kullanılmasının avantajları; çalışma veriminin yüksek olması, çalışma tekniğinin daha iyi olması, % 60'a varan dik yamaçlarda rahatlıkla çalışabilmesi, tüm alanda değil belli şeritler halinde diri örtü temizliğinin yapılması, arazide erozyonun önlenmesi, toprak sıkışıklığının en az düzeyde tutulması şeklinde sıralanabilir.

Bu kapsamda, yüksek eğimli ve sarp arazilerde çalışabilen, verimleri yüksek olan, bitki örtüsü ve toprağı koruyarak ekosistemi tahrip etmeyen ve fidan tutma başarısını artıracak açık olarak görülen mini ekskavatörler ile teras ağaçlandırmalarının yapımı teşvik edilmeli ve bu konuda yönetmelikler düzeyinde uygulamacılara ışıktutacak ilkeler ve bilgiler üretilmelidir.

TEŞEKKÜR

Arazi çalışmalarındaki katkılarından dolayı orman mühendisi Ahmet YAZICI'ya ve Bursa Bölge Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- AGM 2010. Bursa Orman Bölge Müdürlüğünde Yapılan Çalışmalar, Ağaçlandırma Genel Müdürlüğü, <http://www.agm.gov.tr/agm> (20.12.2010).
- AGM 2011. Ağaçlandırma, Ağaçlandırma Genel Müdürlüğü, <http://www2.agm.gov.tr> (20.01.2011).
- Ayık C., Yılmaz H. ve Zoralioğlu T. 1986. Ağaçlandırma Sahalarında Kullanılan Diri Örtü Temizliği ve Toprak İşleme Ekipmanlarının Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Yapısına Etkileri. Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği, 1. Ulusal Sempozyumu. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 339, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Genel Müdürlüğü Milli Prodüktivite Merkezi, s. 251-278, Ankara.
- Bayoğlu S. 1986. Ormancılıkta Mekanizasyon ve Gelişmesi. Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği, 1. Ulusal Sempozyumu. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 339, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Genel Müdürlüğü Milli Prodüktivite Merkezi, s. 27-38, Ankara.
- Çepel N. 1986. Ağaçlandırma Çalışmalarında Uygulanan Toprak İşlemesine İlişkin Mekanizasyonun Ekolojik Sonuçları. Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği, 1. Ulusal Sempozyumu. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 339, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Genel Müdürlüğü Milli Prodüktivite Merkezi, s. 230-250, Ankara.
- Dönmez E. 1986. Türkiye'de Uygulanan Ağaçlandırma Teknikleri ve Birim Zaman Analizleri, (In: Ağaçlandırma; Editör, İsmail Özkahraman) T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Ağaçlandırma ve Silvikültür Dairesi Başkanlığı, Gelişim Matbaası, S.123-139. Ankara.
- Kantarcı D. 1986. 1. Ulusal Sempozyumu, Türkiye'de Arazi Hazırlığı ve Toprak İşlemesinde Uygulanan Mekanizasyonun Ekolojik Değerlendirilmesi. Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği, 1. Ulusal Sempozyumu. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 339, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Genel Müdürlüğü Milli Prodüktivite Merkezi, s. 311-322, Ankara.
- Tolay U. 1986. Ağaçlandırmada Makineli Örtü Temizliği ve Toprak İşleme. Ormancılıkta Mekanizasyon ve Verimliliği, 1. Ulusal Sempozyumu. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları: 339, İ.Ü. Orman Fakültesi Orman Genel Müdürlüğü, Milli Prodüktivite Merkezi, s.295-310, Ankara.
- Ürgenç, S.İ. 1998. Ağaçlandırma Tekniği, İ.Ü. Rektörlüğü Yayın No: 3994, Orman Fakültesi Yayın No: 441, Emek Matbaacılık, İstanbul.
- Ürgenç, S.İ. ve Çepel N. 2001. Ağaçlandırmalar İçin Tür Seçimi, Tohum Ekimi ve Fidan Dikiminin Pratik Esasları, Tema Vakfı Yayınları No:33, Safa Tanıtım Matbaacılık Ltd. Şti, İstanbul.
- Zlatnik, E.J., DeLuca, T.H., Milner, K.S. and Potts, D. F. 1999. Site Productivity and Soil Conditions on Terraced Ponderosa Pine Sites in Western Montana. Western Journal of Applied Forestry, 14 (1), pp. 35-40.