

## Diskli Tırmık Yön Açısı Değişiminin Çeki Gücü Gereksinimi ve Bazı Toprak Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisinin Saptanması

Ziraat Fakültesi Dergisi,  
Cilt 19, Sayı 1,  
Sayfa 7-12, 2024

Hürkan Tayfun VAROL\*<sup>1</sup>, Davut AKBOLAT<sup>1</sup>

Journal of the Faculty of Agriculture  
Volume 19, Issue 1,  
Page 7-12, 2024

**Öz:** Bu araştırmada, çekilir tip, tandem çatı yapısına sahip bir diskli tırmığın tınlı bünyeye sahip toprak koşullarında farklı yön açılarının çeki gücü gereksinimi ve bazı toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi saptanmıştır. Bu amaçla, ön bataryalardaki diskler 14° sabit konumda olmak üzere arka bataryadaki diskler ise 14°, 17° ve 20° yön açıları sırasıyla A, B, C ve D (kontrol) uygulamaları olarak ele alınarak çeki güçleri saptanmıştır. Ayrıca denemede, toprak hacim ağırlığı ve porozite, penetrasyon direnci ile toprağı parçalanma derecesini belirlemek için ortalama ağırlık çapları saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, diskli tırmık çeki gücü gereksinimi disk yön açısı artışı ile artmıştır. A, B ve C uygulamaları için sırasıyla 10.51, 11.12 ve 11.56 BG çeki güçleri saptanmış, A ve C uygulamaları arasındaki fark önemli bulunmuştur. Uygulamalara bağlı toprak hacim ağırlıkları arasındaki fark önemsiz bulunurken, toprak penetrasyon direnci disk açısı artışı ile artmıştır. A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla ortalama ağırlık çapları; 10.12, 11.61, 11.60 ve 12.53 mm olarak bulunmuş ve aralarında istatistiksel anlamda fark tespit edilememiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Diskli tırmık, disk yön açısı, toprak işleme, çeki gücü

## Determination of the Effect of Disc Harrow Disc Angle Change on Draft Power Requirement and Some Soil Physical Properties

**Abstract:** In this study, the effects of different direction angles of disc harrow on draft force requirement and some soil physical properties of a trailed type disc harrow with tandem structure in loamy soil conditions were determined. For this purpose, with the discs in the front batteries in a fixed position of 14°, and the discs in the rear battery, 14°, 17° and 20° direction angles were considered as A, B, C and D (control) applications, respectively, and the draft forces were determined. In addition, in the experiment, the mean weight diameter, soil bulk density and soil porosity were determined. According to the results obtained, the disc harrow draft power requirement increased with the increase in disc angle. For A, B and C applications, 10.51, 11.12 and 11.56 HP draft power were determined, respectively, and the difference between A and C applications was found to be significant. While the difference between the soil bulk density depending on the applications was found to be insignificant, the soil penetration resistance increased with the increase of the disc angle. Mean weight diameters for A, B, C and D applications was found to be 10.12, 11.61, 11.60 and 12.53 mm respectively and no statistical difference could be detected between them.

\*Sorumlu yazar (Corresponding author)  
hurkanvarol@isparta.edu.tr

Alınış (Received): 28/08/2023  
Kabul (Accepted): 26/03/2024

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve  
Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, 32260,  
Isparta, Türkiye.

**Keywords:** Disc harrow, disc angle, tillage, power force

### 1. Giriş

Toprak işleme, tarımsal üretimde bitki yetiştirme sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Bu süreçte toprağı etkileri bakımından farklı ekipmanlar kullanılmaktadır. Bu ekipmanlardan biri de diskli toprak işleme alet ve makineleridir. Diskli aletler, diskli pulluklar ve diskli

tırmıklardır. Diskli pulluklarda diskler çatıya yön ve durum açıları ile olmak üzere her disk rulmanlı olarak çatıya yerleştirilirken, diskli tırmıklarda ise diskler genellikle yön açısı ile ve bataryalar halinde çatıya yerleştirilmektedir. Kesme, parçalama ve karıştırma etkisini birlikte gösteren diskli tırmıklarda iş derinliği, disklerin çapına, yön açılarına ve aletin genel olarak ağırlığına bağlıdır. Kademesiz olarak

yön açısı 0°...35° arasında değiştirilebilirken, bu açı büyüdükçe iş derinliği de artmaktadır (Dilmaç, 1984).

Diskli tırmıklar bağlantı şekline göre çekilir ve asılır olarak ikiye ayrılırken, disk bataryalarının dizilişine göre ise tandem (X) ve yan (offset) tırmıklar olarak gruplandırılır. Diskli tırmıkların çeki kuvveti gereksinimi tasarım parametrelerine ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişmektedir (Keçecioglu ve Gülsoylu, 2002). Optimal ilerleme hızı 5...6 km/h olan diskli tırmığın çeki direnci; disk büyüklüğü, iş derinliği, yön açısı, toprağın direncine ve hareket hızına bağlıdır (Mutaf, 1984). Yön açısının artması iş derinliği ve karıştırma- ufalama etkisini artırırken, küçülmesi ise kesme etkisini artırmaktadır (Öztekin, 2006).

Teksel olarak yataklanmış, yaylı ağır diskli tırmık ile yapılan bir tez çalışmada; yön açısı artışı ile çeki kuvveti gereksinimi ve iş derinliği artmıştır. Ayrıca uygulamada denenen yön açılarından (20°, 23° ve 27°) en uygun çeki kuvveti 23° yön açısında 27.91 kN olarak belirlenmiştir (Alamin, 2017). Yapılan diğer bir çalışmada, çevresi dışı kompakt diskli tırmık iki farklı toprak tipi, iki farklı iş derinliği, 3 farklı disk açısı (10°, 15° ve 20°) ve üç farklı ilerleme hızındaki yakıt tüketimi belirlenmiştir. Çalışma sonunda en uygun yakıt tüketimi, 10° disk açısı, 3.5 m/s ilerleme hızı ve her iki toprak tipinde elde edildiği bildirilmiştir (Damanauskas vd., 2019).

Pulluk ve diskli tırmık kombinasyonu ile yapılan bir araştırmada; üç farklı toprak derinliği (10, 20, 30 cm) ve üç farklı disk açısının (18°, 20°, 25°) çalışma parametrelerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, iş derinliği ve disk açısı arttıkça çeki gücü, yakıt tüketimi ve penetrasyon direncinin arttığı bildirilmiştir (Mankhi ve Jebur, 2022). Kuyruk milinden tahrikli tek etkili ve yerden tahrikli tek etkili diskli tırmık ile yapılan bir denemede, disk çapı ve yön açısı artışının kesme genişliği, deformasyon alanı ve iş derinliğinde artışa sebep olduğu bildirilmiştir (Çıtıl ve Marakoğlu, 2023). Hipotez olarak yan diskli tırmığın çeki gücü gereksiniminin, koni indeksi, ilerleme hızı, iş derinliği ve disk yön açısına bağlılığını test etmek için toprak kanalında bir deneme yapılmıştır. Deneme sonucuna göre, çeki gücü en fazla koni indeksinden etkilenmiş ve bunu sırasıyla iş derinliği, ilerleme hızı ve ön disk yön açısı etkilemiştir. Aynı çalışmada optimum ön batarya disk açısının, denenen 25°, 30°, 35° 40° derece disk açılarından 35° olduğu bulunmuştur (Upadhyay ve Raheman, 2019). Çeşitli toprak işleme uygulamaları ve konfigürasyonlarında bir diskli tırmığın çeki kuvvetinin tahmini için teorik bir denklem geliştirmek ve test etmek için yapılan bir çalışmada 28 diskli tandem diskli tırmık kullanılmıştır. Çalışma sonunda, diskli tırmık ile birincil işlemede 14...42 kN çeki kuvveti, ikincil işlemede ise 15...20 kN çeki kuvveti belirlenmiştir (Ahmadi, 2018).

Önceki çalışmalardan görüleceği üzere, kullanılan alet ve makinelerin yapısal özellikleri ve kullanım sırasındaki koşul

ve değişimleri çeki gücü gereksinimlerini etkilemektedir. Bu çalışmanın amacı, çekilir tip bir tandem diskli tırmığın ön disk açılarının sabit konumunda arka batarya disk açılarının (üç farklı açılarda konum) değiştirilerek çeki gücü gereksinimleri ve bazı toprak fiziksel özelliklerinin saptanmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

Deneme, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'ne ait Araştırma Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Deneme alanında 0-23 cm derinlikteki toprak içeriği; %23.1 kil, %33.9 silt ve %43.0 oranında kum içeren organik madde içeriği ortalama %1.34 ve pH değeri de 8.1 olan tınlı toprak bünyesine sahiptir. Topraklar; orta ve orta-ince bünyeli, derin, kireçli, tuzsuz, hafif ve orta derecede alkan karakterli yapıya sahiptir (Akgül ve Başayığit 2005).

Çalışmada toprak işleme makinesi olarak çekilir tip, tandem diskli tırmık kullanılmıştır. Diskli tırmık dört bataryadan oluşmakta olup, ilerleme yönüne göre ön kısımdaki diskler çentikli yapıda, arka kısımdaki diskler ise düz yapıdadır. Ön bataryalarda batarya başına 6 adet, arka bataryalarda ise 6 + 1 (çizi çukuru kapatıcı) disk bulunmaktadır. Diskli tırmığa ilişkin teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Ön disklerin bulunduğu bataryaların yön açısı hidrolik silindir ile ayarlanabilirken, arka disklerin bulunduğu bataryaların yön açıları ise 5 kademeli olarak çatıdaki delikli yapı kullanılarak pim ile ayarlanabilmektedir. Çalışmada, ön diskler 14° yön açısında sabit olarak tutulmuş, arka diskler ise en düşük, orta ve en yüksek yön açıları olacak şekilde 14°, 17° ve 20° açılarda ayarlanıp sırasıyla A, B ve C uygulamaları olarak ele alınmıştır. Bu uygulamalar ile işlenmeyen kısımdan alınan örnekler kontrol uygulaması (D) olarak toprak fiziksel özelliklerinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Seçilen bu açılarda büyüklükler yapılan diğer çalışmalarda 18° - 25° ve 10° -20° oldukça yakındır. (Manki ve Jebur, 2022; Damanauskas, 2019). Denemelerde diskli tırmığı çekmek için güç kaynağı olarak, çiftlikte bulunan 90 BG'üne sahip çift çeker traktör kullanılmıştır.

**Tablo 1.** Denemede kullanılan diskli tırmığın teknik özellikleri

Özellik	Değer
Toplam disk sayısı (adet)	24
Disk çapı (mm)	560
Disk arası (mm)	225
İş genişliği (mm)	2930
Toplam ağırlık (kg)	1400
Gerekli traktör gücü (BG)	80-95

Diskli tırmığın farklı ilerleme açıları toprak sıkışıklığı üzerine etkisini saptamak için penetrometre kullanılmıştır. Penetrasyon direncinin belirlenmesinde, Eijkelkamp Penetrologger (Model 06.15 Eijkelkamp. Giesbeck The Netherlands) marka penetrometre kullanılmıştır. Penetrasyon direnci kapasitesi 1000 N ve 1 N kuvvet

hassasiyetinde olan Penetrologger 80 cm derinlikte ölçüm yapabilmektedir. Toprağa batan ucun koni alanı farklı toprak tipleri için değişmekle birlikte bu çalışmada ucun koni alanı 1 cm<sup>2</sup> ve uç açısı 60° olarak seçilmiştir (Akbolat vd., 2009).

Diskli tırmık için gerekli olan çeki kuvvetinin belirlenmesinde çeki kuvveti ölçüm düzeneğinden yararlanılmıştır. Çeki kuvveti ölçüm düzeneği, çeki-bası dinamometresi, sayısal indikatör ve bilgisayardan oluşmaktadır. Kullanılan dinamometre, 50 kN kapasiteli, otomatik kayıt yapabilen özelliktedir.

Denemede çift traktör kullanılmış olup bir traktör çeki işini yaparken diğerine diskli tırmık bağlanmıştır. Deneme sırasında diskli tırmığın çeki direncinin saptanması iki aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada çeki işini yapan traktör ile tırmığın bağlandığı traktör birlikte kullanılarak toprak işleme sırasında çeki direnci saptanmıştır. İkinci aşamada ise sadece diskli tırmığın bağlandığı traktörün çeki direnci saptanarak iki işlem arasındaki fark alınarak çeki direnci belirlenmiştir. Tarlada tüm uygulamalar için ilerleme hızı 3 km h<sup>-1</sup> olarak sabit tutulmuştur.

Ortalama ağırlık çaplarının belirlenmesinde elek takımı ve sarsıcı kullanılmıştır. Bu amaçla 32, 16, 8, 4, 2, 1, 0.5, 0.25 mm gözenek açıklığına sahip elek takımı kullanılmıştır. Ağırlık çaplarını belirleme amacıyla Fertzh marka sarsıcı 5 dakika süre ile 50 Hz titreşimde kullanılmıştır. Her bir toprak örneği için alınan toprak örnekleri laboratuvar ortamında iki hafta süreyle doğal olarak kurutulduktan sonra yaklaşık 500 gram örnek elek analizinde kullanılmıştır. Ortalama ağırlık çaplarının belirlenmesinde 1 numaralı eşitlik kullanılmıştır (Gee vd., 1986).

$$MWD = \sum(X_i \times W_i) \quad (1)$$

Burada; MWD, ortalama ağırlık çapı (mm); X<sub>i</sub> - her bir parçacığın çapı (mm); W<sub>i</sub> - boyut aralığındaki parçacıkların ağırlığının toplam materyal örneği ağırlığına oranıdır.

Uygulamalara bağlı olarak toprak hacim ağırlığı ve porozitenin bulunması toprak örneği alınırken 100 cm<sup>3</sup> hacimli bozulmamış toprak örneği alma silindirleri kullanılmıştır. Silindirler ile üç tekerrürlü olarak toprağın 0-5, 5-10 ve 10-15 cm derinliklerinden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örnekleri Blake ve Hartge (1986)'ye uygun olarak tartılarak Nüve marka etüvde 24 saat 105 C°'de kurtularak analizleri yapılmıştır.

Yön açılarının değişimiyle toprak işleme derinliği değiştiğini belirlemek amacıyla işlenen parsellerden rastgele seçilen noktalardan işleme derinliği değerleri belirlenmiştir. Verilerin karşılaştırılmasında SPSS paket programında TUKEY çoklu karşılaştırma testinde p < 0.05 düzeyinde analizler gerçekleştirilmiştir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Deneme sonucunda farklı uygulamalara ait parsellerden üç farklı toprak derinliğinden alınan bozulmamış toprak örnekleri laboratuvarında değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Bu değerlendirmelerde uygulamaların hacim ağırlığı ve porozite üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla kontrol (D) ölçümleri ile ilişkisi incelenmiştir. Toprak nemi arazide ortalama %14.84 olarak elde edilmiş olup uygulama ortalamaları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (p < 0.05) diğer deyişle, uygulamalar arasında toprak nemi açısından fark bulunmamaktadır.

Toprak hacim ağırlıkları, kullanılan toprak işleme alet ve makinesinin toprağa yaptığı sıkıştırma etkisinin varlığını incelemeye önemlidir. Önceki çalışmalardan da görüleceği üzere (Akbolat vd., 2009) toprağın kabartılma derecesi üst toprak katmanında daha fazla olduğu için denemede de 0-5 cm toprak derinliğinde hacim ağırlığı diğer tüm uygulamalar ve tüm derinliklerden daha az bulunmuştur. Uygulamalara bağlı olarak saptanan hacim ağırlıkları Tablo 2'de verilmiştir.

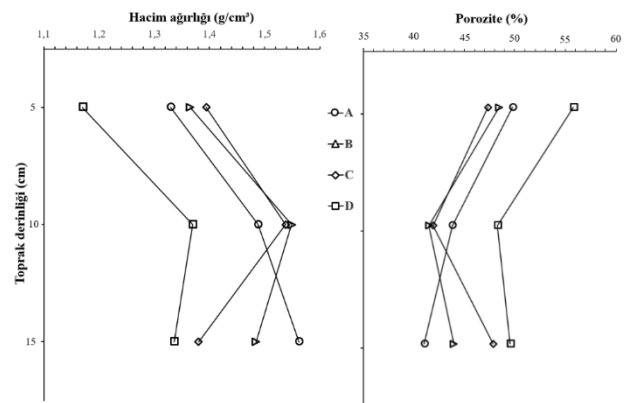
**Tablo 2.** Uygulamalara bağlı belirlenen toprak hacim ağırlıkları

Toprak derinliği/ Uygulamalar	A*	B	C	D*
0-5 cm**	1.32 (±0.241)	1.36 <sup>b</sup> (±0.081)	1.39 <sup>b</sup> (±0.022)	1.17 (±0.104)
5-10 cm**	1.48 (±0.060)	1.54 <sup>a</sup> (±0.057)	1.53 <sup>a</sup> (±0.073)	1.36 (±0.064)
10-15 cm	1.56 <sup>A</sup> (±0.074)	1.48 <sup>abAB</sup> (±0.006)	1.38 <sup>bcBC</sup> (±0.039)	1.33 <sup>C</sup> (±0.117)

\* Derinlikler arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

\*\* Uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark yoktur.

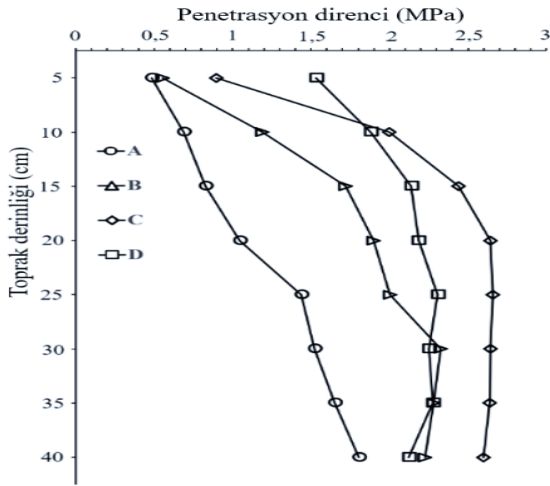
Diskli tırmıklarda yön açısı değişiminin toprağa yapılan basınç-sıkıştırma üzerine etkisinin olup olmadığı merak konusu olmuştur. Hacim ağırlığı sonuçlarına göre bu konuda bir şey söylemek mümkün olmamıştır. Bu durum ileride toprak penetrasyon direncinin incelenmesi sırasında tekrar gözden geçirilmiştir. Uygulamalara bağlı toprak hacim ağırlıkları (a) ve poroziteleri (b) Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Uygulamalara bağlı hacim ağırlığı (a) ve porozite (b) değişimleri

Porozite sonuçlarına bakıldığında yüzeyde boşluk oranlarının daha fazla olduğu görülmekte ve derinliğin artmasıyla porozitenin azaldığı görülmektedir. Toprağın porozite ve hacim ağırlığı değerleri arasında ters yönlü bir ilişki olduğu daha önce yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Barut ve Akbolat, 2005). Araştırmada elde edilen sonuçlarda da benzer şekilde hacim ağırlığı ve porozite zıt bir ilişki içindedir. Tüm derinliklerin ortalamaları alındığında D uygulaması ile A ve B arasındaki fark önemli iken D ile C arasındaki fark önemsizdir ( $p < 0.05$ ). Kontrol konusunda toprağın işlenmediği halde porozitesinin A ve B uygulamasından yüksek çıkması, deneme arazisinin daha önce işlenerek bekletilmiş olması ve aynı zamanda diskli tırmığın toprağı işleme sırasında toprağı sıkıştırma etkisi ile ilişkili olabilir.

Denemeden sonra her uygulamayı temsil eden parsellerden 9 tekerrürlü olmak üzere saptanan penetrasyon dirençleri Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere toprak yüzeyinden derinlere doğru inildikçe tüm uygulamalarda beklenildiği gibi penetrasyon dirençleri artmıştır.



Şekil 2. Uygulamalara bağlı toprak penetrasyon direncinin değişimi

Penetrasyon direnci ile toprak derinliği arasında yaklaşık 20 cm derinliğe kadar doğrusal bir ilişki bulunurken bu derinlikten sonra derinlik daha da artmasına karşın direnç sabit seyretmektedir. Toprak nemleri A, B, C ve D uygulamaları için sırasıyla 14.99, 14.33, 14.92 ve 15.16 olarak belirlenmiştir. Uygulamalar arasında toprak nemleri açısından fark saptanmadığı için nemin penetrasyon direnci üzerinde etki etmediği söylenebilir. Kontrol uygulaması dışarıda tutulacak olursa, diskli tırmık yön açısı arttıkça toprak penetrasyon direnci artmıştır. Uygulamalara bağlı penetrasyon direncinin istatistiksel olarak değerlendirilmesi Tablo 3’de verilmiştir.

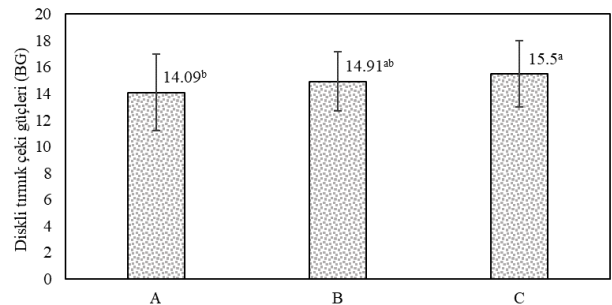
Tablo 3. Toprağın 0-20 cm derinliği için saptanan penetrasyon dirençleri

Toprak derinliği/ Uygulamalar	A	B	C	D
0-5 cm	0.48 <sup>dc</sup> (±0.21)	0.55 <sup>ec</sup> (±0.50)	0.89 <sup>cb</sup> (±0.79)	1.52 <sup>ca</sup> (±0.74)
5-10 cm	0.69 <sup>cd</sup> (±0.56)	1.18 <sup>db</sup> (±0.82)	1.99 <sup>ba</sup> (±0.88)	1.87 <sup>bcA</sup> (±0.77)
10-15 cm	0.82 <sup>cd</sup> (±0.71)	1.71 <sup>cb</sup> (±0.85)	2.43 <sup>abA</sup> (±0.70)	2.13 <sup>abA</sup> (±0.70)
15-20cm	1.04 <sup>bcC</sup> (±0.73)	1.89 <sup>bcB</sup> (±0.72)	2.64 <sup>abA</sup> (±0.85)	2.18 <sup>abB</sup> (±0.74)
Ortalama	1.15 <sup>D</sup> (±0.83)	1.74 <sup>C</sup> (±0.89)	2.27 <sup>A</sup> (±1.02)	2.07 <sup>B</sup> (±0.71)

Küçük harfler kolonlar arasındaki farklılığı, büyük harfler ise satırlar arasındaki farklılığı belirtmektedir.

Penetrasyon direnci (D uygulaması dışında) diskli tırmık yön açısı artışı ile artmıştır. İlginç bir şekilde, kontrol uygulamasının penetrasyon direnci (toprak işlenmemesine karşın) C uygulamasının ortalama penetrasyon direncinden düşük çıkmıştır ( $p < 0.05$ ). Bunun gerekçesi, deneme parsellerinin daha önceden işlenmiş olması ve denemenin açıl değerleri içinde C uygulamasının en yüksek değere sahip olması nedeniyle yüksek yön açısının sıkıştırma etkisi olabilir.

Diskli tırmığın arkada bulunan disk yön açısının 3 farklı değerinde değişimiyle (14°, 17° ve 20°) çeki güçlerinin değişimi Şekil 3’de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere, diskli tırmık yön açısının artmasıyla çeki gücü gereksiniminin arttığı görülmektedir. Uygulamalar; A, B ve C için sırasıyla ortalama çeki güçleri sırasıyla; 14.09 (±2.88), 14.91 (±2.23) ve 15.50 (±2.49) BG olarak saptanmıştır.

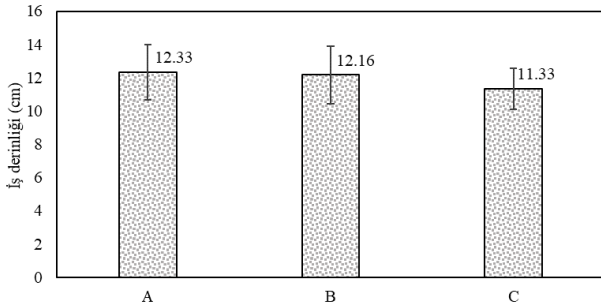


Şekil 3. Uygulamalara göre yön açısı değişiminin çeki gücüne etkisi

Üç farklı uygulama (açısal fark) koşullarındaki diskli tırmığın saptanan çeki güçlerine göre; C uygulamasının A uygulamasından daha büyük fakat B uygulaması ile C uygulaması arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere yapılan denemede açılar arasında 3°'lik bir fark bulunmaktadır. Ancak açısal değerler arasındaki farkın daha fazla olması durumunda (örneğin A ve C arasında olduğu gibi 6° fark) iki değer arasındaki farkı önemli düzeye getirebilecektir. Bu durum önceki çalışmalardan Alamin (2017)'in seçtiği ve açılar arasındaki farkın 10° gibi

yüksek değerlere ulaştığı açılarda anlamlı sonuçlar verebilir. Bu sonuçlar, yön açısının artmasının diskin ilerleme yönüne göre dikleşmesini diğer deyişle diskin toprakla temas yüzeyinin artmasıyla ilişkili olduğunu göstermektedir. Benzer literatür sonuçlarını karşılaştırmak her zaman mümkün olamamaktadır. Çünkü disk açısı dışında toprak tipi, disk çapı ve ilerleme hızı gibi sonuçlara etkili birçok faktör de bulunmaktadır. Ayrıca, Upadhyay ve Raheman (2019)'un yaptıkları denemede olduğu gibi birincil (14...42 kN) ve ikincil (15...20 kN) toprak işlemlerde de olduğu gibi farklı çeki kuvvetleri saptanabilmektedir.

Yön açısının artması ile iş derinliğinde de bir artış beklenmekte ve literatür bildirişleri de bu doğrultudadır (Dılmaç, 1984; Öztekin, 2006). Yapılan denemede farklı yön açısı uygulamasının iş derinliğini etkileme durumu da belirlenmiştir. Bunun için her parselden rastgele seçilen 5 noktadan işleme derinlikleri ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Uygulamalara bağlı olarak diskli tırmık yön açısı artışıyla literatür bildirişinin aksine denemede iş derinliği disk yön açısı artışı ile azalmıştır (Şekil 4). Fakat bu azalma çok küçük boyutta olduğu için istatistiksel olarak önemsiz düzeyde kalmıştır ( $p < 0.05$ ). Literatür bildirişlerinde yön açısı artışının derinlikte artış sağlar (Alamin, 2017) şeklindeki bildirişe karşın, deneme sonuçlarının bu bildirişin aksine olması toprak koşulları (esas sürüm, tohum yatağı hazırlığı) ile açıklanabilir.



Şekil 4. Uygulamalara bağlı olarak saptanan iş derinliği değerleri

Diskli tırmığın farklı uygulamalarında (yön açısı değişimi) toprağı parçalamaya üzerine etkisinin belirlenmesi için elek analizi yapılmıştır. Bu amaçla, deneme parsellerinden alınan 1000'er gramlık toprak örnekleri laboratuvarında iki hafta süreyle doğal kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan

toprak örnekleri 500 gramdan az olmayacak şekilde standart elek çaplarında sarsıcıya konularak, 50 Hz'de 5 dakika sarsılarak "ortalama ağırlık çap" değerleri bulunmuştur. Elde edilen ortalama ağırlık çapı (MWD) değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Doğal hava ile kurutulan toprakların eleme sırasında nem değerlerinin ortalama % 2.34 olarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçların ortalamalarına göre (Tablo 4) en küçük agregat çapı 10.12 mm olarak A uygulamasında elde edilirken en büyük agregat çapı ise 12.53 mm olarak D (kontrol) uygulamasında elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan B'de 11.61 mm ortalama agregat çapı elde edilirken C uygulamasında ise aynı büyüklükte olmak üzere 11.61 mm agregat çapı tespit edilmiştir. Diğer grup eleklerden 32 mm çap sınıfında ise B uygulamasında ise diğer iki elek grubundan daha büyük agregat boyutu saptanmıştır. Belirlenen uygulamaların ortalamalarına göre agregat boyutları, Öztekin (2006)'e göre disk açısı artışıyla karıştırma ve ufalama etkisi nedeniyle agregat boyutlarının küçüleceği şeklindeki bildirişle uyumlu değildir. Kontrol uygulamasının çap boyutunun toprağın işlenmemesi nedeniyle daha büyük olması beklenirken istatistiksel olarak değerleri ile aralarındaki farklılık önemsiz bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bunun nedeninin, belirli bir süre önceden arazinin pulluk ile işlenmiş olması gösterilebilir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, çekilir tip tandem diskli bir tırmığın ön disklerinin 14° arka disklerinin, 14°, 17° ve 20° disk yön açılarındaki çeki gücü gereksinimi, toprağı parçalamaya olan etkisi ve bazı toprak fiziksel özellikler üzerine etkisi belirlenmiştir. Önceki çalışmalar incelendiğinde, benzer bazı sonuçlara ulaşılabilen ancak kullanılan diskli tırmıklarda farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Buradan hareketle yapılan çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Disk yön açısı artışı ile çeki gücü gereksinimi artmıştır. Bu sonucun daha belirgin olarak tespit edilebilmesi için açılarda farkın en az 5° - 6° derece olması gerektiği sonucuna varılmıştır. Çünkü denemede 14° ile 17° arasındaki fark önemsiz iken 14° ile 20° arasındaki fark önemli olarak bulunmuştur.

Tablo 4. Uygulamalara bağlı saptanan ortalama ağırlık çap (MWD) değerleri

Uygulamalar/ Ortalama Çap	<32	24	12	6	3	1.5	0.75	0.375	0.125	MWD
A	2.87 (±4.98)	11.50 (±2.41)	15.51 (±3.32)	13.36 (±0.92)	12.08 (±1.06)	10.97 (±1.76)	13.06 (±0.45)	9.42 (±0.98)	11.25 (±4.83)	10.12 (±2.66)
B	8.30 (±14.37)	11.20 (±4.97)	14.37 (±2.96)	12.45 (±1.51)	11.98 (±1.39)	9.42 (±0.74)	11.71 (±0.76)	8.76 (±1.21)	11.81 (±5.83)	11.61 (±1.82)
C	3.10 (±5.37)	9.69 (±8.04)	13.46 (±0.77)	12.57 (±1.35)	12.01 (±1.58)	10.43 (±1.73)	14.77 (±2.80)	10.50 (±2.63)	13.47 (±6.41)	11.61 (±1.33)
D	0.00 (±0)	11.74 (±1.79)	14.02 (±2.60)	12.63 (±3.46)	13.39 (±3.15)	12.14 (±2.07)	14.78 (±1.61)	9.67 (±2.09)	11.62 (±3.18)	12.53 (±0.16)

Önceki çalışmalardaki bildirişlerin aksine, disk yön açısı artışı ile karıştırma ve ufalama etkisi sonucunda parça boyutunda küçülme olmamıştır. Disk yön açısı artışı ile toprak penetrasyon direnci artmıştır. Bu durum disk açısı artışının sıkışmaya etkili olabileceği şeklinde bir sonucu ortaya koymaktadır. Ancak toprak hacim ağırlığı değerleri bu durumu teyit eder nitelikte değildir. Diğer deyişle toprak sıkışmasının tespiti için disk açısı artışına paralel olarak hacim ağırlığı artmamıştır.

Sonuç olarak, halen kullanılmakta olan diskli tırmıkların çok çeşitli tip ve özellikte olanlarının uygulamada kullanılıyor olması nedeniyle toprak işleme ve tohum yatağı hazırlığı sırasındaki en uygun yön açılarının saptanmasına yönelik çalışmaların devam ettirilmesi gerekmektedir.

#### Yazar Katkı Oranları

Yazarlar bu çalışmanın hazırlanmasında eşit derecede katkı sunmuşlardır.

#### Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir çıkar çatışması beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Etik Kurul Onayı

Bu çalışmanın yazarları olarak herhangi bir etik kurul onay bilgileri beyanımız bulunmadığını bildiririz.

#### Kaynakça

- Ahmadi, I. (2018). A draught force estimator for disc harrow using the laws of classical soil mechanics. *Biosystems Engineering*, 171, 52-62. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.008>
- Akbolat, D., Evrendilek F., Coskan, A., & Ekinci, K. (2009). Quantifying soil respiration in response to short-term tillage practices: a case study in southern Turkey. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, 59(1), 50-56. <https://doi.org/10.1080/09064710701833202>
- Akgül, M., & Başyigit, L. (2005). Süleyman Demirel Üniversitesi Çiftlik arazisinin detaylı toprak etüdü ve haritalanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (3): 1-10. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sdufenbed/issue/20778/221742>
- Alamin, M.A.A. (2017). Bireysel yataklarılmış yaylı goble diskarda disk yön ve durum açılarının işletme parametreleri üzerindeki etkisi ve boyutsal analiz yöntemiyle modellemesi (Doctoral dissertation, Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı. İzmir).

- Barut, Z. B., & Akbolat, D. (2005). Evaluation of conventional and conservation tillage systems for maize. *Journal of Agronomy*, 4(2), 122-126. <https://doi.org/10.3923/ja.2005.122.126>
- Blake, G.R., & Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: Klute A ed. *Methods of soil analysis. Part I. Physical and mineralogical methods. Agronomy Monographs 9. American Society of Agronomy (ASA) and Soil Science Society of America (SSSA)*. Madison. Wisconsin, Pp. 363–375.
- Çıtıl, E., & Marakoğlu, T. (2023). Determination and comparison of soil deformation areas, stubble burial rates and stubble quantities of single-acting disc harrow driven by the tail shaft and single-acting disc harrow that takes its movement from the soil. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 37(1), 167-178. <https://doi.org/10.15316/SJAIFS.2023.017>
- Dilmaç, M. (1984). Toprak İşleme Aletlerinin, Teori Hesap ve Konstrüksiyonu. *Türkiye Ziraat Donatım Kurumu Mesleki Yayınları*, No: 36., Zonguldak.
- Damauskas, V., Velykis, A., & Satkus, A. (2019). Efficiency of disc harrow adjustment for stubble tillage quality and fuel consumption. *Soil and Tillage Research*, 194, 104311. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104311>
- Gee, G. W., Bauder, J. W., & Klute, A. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical methods*, 383-411.
- Keçecioglu, G., & Gülsoylu, E. (2002). Toprak İşleme Makineleri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları*, No: 545. Bornova-izmir.
- Mutaf, E. (1984). Tarım Alet ve Makinaları I. Cilt. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları* No: 218. Bornova-izmir.
- Mankhi, A. A., & Jebur, H. A. (2022, July). A study Some Technical Indicators Under Impact Tillage Depth and Disk harrow Angle of the Compound Machine. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1060, No. 1, p. 012137). IOP Publishing. <https://doi:10.1088/1755-1315/1060/1/012137>
- Öztekin, S. (2006). Toprak işleme makineleri. Editör Serdar Öztekin. *Tarım Makinaları 2*. Nobel kitabevi. Adana. ss: 13-53.
- Upadhyay, G., & Raheman, H. (2019). Specific draft estimation model for offset disc harrows. *Soil and Tillage Research*, 191, 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.021>