LABORATUVAR KOŞULLARINDA FARKLI TOPRAK BÜNYESİ VE TUZLULUĞUNA GÖRE 10HS TOPRAK NEM SENSÖRÜNÜN KALİBRASYON EĞRİLERİNİN BELİRLENMESİ

Gökçe BÜYÜKÇEKİÇ[1] Dursun BÜYÜKTAŞ[1] Cihan KARACA[1]
Ruhi BAŞTUĞ[1] Köksal AYDINŞAKİR[2] Kenan BÜYÜKTAŞ[1]

[1] *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya, Türkiye*
[2] *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya, Türkiye*

Özet

Toprak su içeriğinin doğru bir şekilde ölçülmesi sulama ile ilgili çalışmalarda su dengesinin kurulmasında kritik öneme sahiptir. Toprak su içeriğinin belirlenmesinde gravimetrik yöntem en doğru sonucu vermesine karşın zaman alıcı ve iş yükünün fazla olması nedeniyle toprak dielektrik sabitine bağlı farklı nemölçerler geliştirilmiştir. Ancak geliştirilen bu cihazlar hem toprak bünyesinden hem de toprak tuzluluğundan önemli derecede etkilenmektedirler. Bu nedenle söz konusu cihazların kullanımından önce farklı toprak bünyesi ve tuzluluğuna bağlı olarak kalibrasyon eğrilerinin oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, 10HS toprak nem sensörünün kumlu ve tınlı olmak üzere iki farklı toprak bünyesi ve 0.7 (şebeke suyu, kontrol), 1.5, 3.0, 6.0 ve 12 dS/m olmak üzere beş farklı elektriksel iletkenliğe sahip su kullanılarak kalibrasyon eğrilerinin laboratuar koşullarında belirlenmesidir. Bu amaçla, 2 mm'lik elekten elenmiş kumlu ve tınlı toprak örnekleri doğal birim hacim ağırlığını sağlayacak şekilde 1.5 litrelik saksılara yerleştirilmiş ve 30 gün süre ile farklı elektriksel iletkenliğe sahip sularla alttan doyurulmuştur. Toprağın doygun olduğu su içeriğinden solma noktası düzeyine kadar saksılar, günlük olarak tartılmış ve aynı zamanda nemölçer ile toprak su içeriği, milivolt cinsinden ölçülmüştür. Daha sonra elde edilen verilerden yararlanılarak üçüncü dereceden polinom biçiminde regresyon denklemleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, toprak nem sensörünü üreten firma tarafından önerilen kalibrasyon katsayıları ile bu çalışmada elde edilen katsayıların önemli düzeyde farklı olduğu, kullanılan suyun elektriksel iletkenliğinin kalibrasyon eğrilerini etkilediği belirlenmiştir. Toprak dielektrik sabitine bağlı olarak geliştirilen toprak nemölçerlerinin toprak su içeriğini doğru bir şekilde ölçebilmesi için yerel olarak kalibre edilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, Nemölçer, Bünye, Kalibrasyon, 10HS

DETERMINATION OF CALIBRATION CURVES OF 10HS SOIL MOISTURE SENSORS DEPENDING ON DIFFERENT SOIL TEXTURE AND SALINITY LEVELS UNDER LABORATORY CONDITIONS

Abstract

Accurate measurement of soil water content is critical to establishing water balance in irrigation related studies. Although the gravimetric method yielded the most accurate results in determining the soil water content, different sensors depending on the soil dielectric constant were developed due to the time consuming and high workload. However, these devices developed are significantly affected both from the soil texture and from soil salinity. For this reason, it is necessary to establish calibration curves depending on the different soil texture and salinity before using the related devices. The purpose of this study is to determine the calibration curves of 10HS soil moisture sensor under laboratory conditions using water with five different electrical conductivities 0.7 (tap water, control), 1.5, 3.0, 6.0 and 12 dS / m and two different soil types, sand and loam. For this purpose, samples of sandy and loamy soil sieved from a 2 mm sieve were placed in a 1.5 liter pot to provide natural bulk density and were saturated with water having different electrical conductivity for 30 days. The pots were weighed daily from saturated point until they reached the wilting point, and at the same time the moisture content of the soil and water was measured in millivolts. Then, regression equations in polynomial form are determined by using the obtained data. As a result of

the research, it has been determined that the calibration coefficients proposed by the company that produces the soil moisture sensor are significantly different from the coefficients obtained in this study and that the electrical conductivity of the water used affects the calibration curves. It has been proposed to calibrate locally so that the soil moisture meters developed due to the soil dielectric constant can accurately measure the soil water content.
Key Words: Salinity, Moisture Meter, Texture, Calibration, 10HS

1. GİRİŞ

Toprak parçacıkları arasındaki boşluklarda tutulan su toprak nemi veya toprak su içeriği olarak adlandırılmaktadır. Küresel açıdan mevcut tatlı suyun küçük bir kısmını (% 0.15) oluşturan toprak nemi hidrolojik, biyolojik ve biyojeokimyasal süreçler için oldukça önemlidir. Doğru toprak suyu içeriği ölçümleri, enerji ve su dengesinin tahmininde olduğu kadar bitki kök bölgesindeki ve yeraltı sularındaki kimyasal ve biyolojik işlemleri anlamak için de kritik önem taşır. Ayrıca, tarımsal sulamanın sürdürülebilir bir şekilde yönetimi, toprak su içeriğinin doğru belirlenmesine bağlıdır (Usul, 2009).

Toprak su içeriği doğrudan gravimetrik yöntemle veya dolaylı olarak piyasada bulunan kapasitans, TDR ve nötron saçılımı gibi toprak suyu içeriği izleme aletleri ile ölçülebilir. Gravimetrik yöntem en doğru sonucu veren yöntem olmakla birlikte yoğun emek isteyen, zaman alıcı ve toprağı bozan bir yöntemdir. Bu nedenle toprak su içeriğinin kapasitans, TDR ve nötron saçılımı gibi sensörlerden biri ile ölçülmesi gittikçe yaygınlaşmaktadır. Kapasitans yönteminde toprak su içeriğinin belirlenmesinde kullanılan temel yaklaşım toprağın dielektrik sabiti (2-5 arasında) ile suyun dielektrik sabitinin (81) farklı olmasıdır. Ancak bu sensörler ile ölçülen toprak su içeriği toprak bünyesi ve tuzluluk düzeyine bağlı olarak değiştiğinden söz konusu aletlerin bu parametrelere göre kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir (Dobriyal ve ark., 2012).

Bu çalışmada Decagon firması tarafından üretilen 10HS (Dacagon, WA, USA) toprak nem sensörünün farklı toprak bünyesi ve tuzluluk düzeyine göre laboratuar koşullarında kalibrasyon eğrilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Suyun dielektrik sabiti, hava veya toprak minerallerininkinden daha yüksek olduğu için, toprağın dielektrik sabiti hacimsel su içeriğinin duyarlı bir ölçüsüdür. 10HS toprak nem sensörü toprağın hacimsel su içeriğini (VWC) belirlemek için toprağın dielektrik sabitini ölçmektedir. Sensörün düşük güç gereksinimi ve çok yüksek çözünürlüğü avantajlarını oluşturmaktadır. Güç gereksinimi düşük olduğundan en az pil kullanımı ile uzun bir süre istenilen (örneğin saatlik) ölçümlerin yapılmasına olanak sağlar.

2005 yılında Decagon tarafından geliştirilen ilk sensör EC-5'in devamı olarak tasarlanan 10HS sensörü yaygın kullanılan toprak nem sensörlerinden biridir. 10HS sensörü de EC-5 ile aynı 70MHz frekansını kullanmakta ancak daha büyük bir toprak hacminde (1100 cm^3) ölçüm almaktadır.

10HS sensörü, toprakta bir pozitif ve toprak elektrotun (kapasitör) hızla şarj edilmesi ve boşaltılmasıyla, şarj süresi (t), toprağın kapasitansı (C) ile ilişkili olan bir elektromanyetik alan oluşturur ve bu aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$t = R\ C\ \ln((V-V_f)/(V_i-V_f)) \quad (1)$$

Eşitlikte; R seri direnci, V, t zamanındaki voltajı, Vi, başlangıç voltajını, Vf uygulanan voltajı göstermektedir. Kapasitans, bir geometrik faktörle aşağıdaki eşitlik kullanılarak toprağın dielektrik sabiti ile ilişkilendirilir.

$$C=\varepsilon_o\ \varepsilon\ F \quad (2)$$

Eşitlikte; ε_o serbest ortamın dielektrik iletkenliği, ε toprağın dielektrik iletkenliğini göstermektedir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada materyal olarak killi tınlı ve kumlu bünyeye sahip iki toprak kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan topraklara ilişkin özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Laboratuvara getirilen topraklar 2 mm'lik elekten elenip kurutulduktan sonra doğal birim hacim ağırlığını sağlayacak şekilde 1.5 litrelik saksılara yerleştirilmiş ve 30 gün süre ile 0.7 (şebeke suyu, kontrol), 1.5, 3.0, 6.0 ve 12 dS/m olmak üzere beş farklı elektriksel iletkenliğe sahip su kullanılarak alttan doyurulmuştur. Toprakların istenilen düzeyde tuzlandığını kontrol etmek için boş bir leğene konulan saksılara üstten tuzlu su eklenmiş ve saksı altında çıkan suyun elektriksel iletkenlikleri ölçülerek giren suyun elektriksel iletkenliğine yaklaşık olarak eşit olduğu belirlenmiştir. Daha sonra 10HS toprak nem sensörü saksıların içerisine yerleştirilmiştir. Her bir konu üç tekerrürlü olacak şekilde düzenlenmiş toplamda 30 adet saksı kullanılmıştır. Toprağın doygun su içeriğinden solma noktası düzeyine kadar saksılar günlük olarak tartılmış ve aynı zamanda nemölçer ile toprak su içeriği milivolt biriminden ProCheck (Decagon) okuyucu ile ölçülmüştür. Toprak nem ölçümleri 24.07.2014 ile 01.09.2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

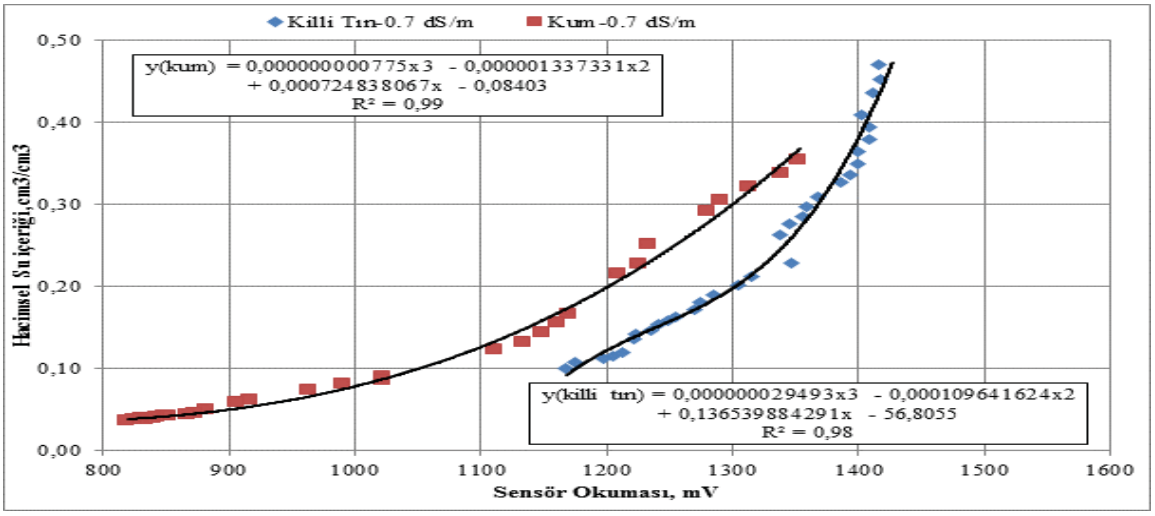
Farklı elektriksel iletkenliğe sahip tuzlu sular musluk suyuna farklı miktarlarda NaCl ve $CaCl_2$ tuzları eklenerek elde edilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprakların özellikleri

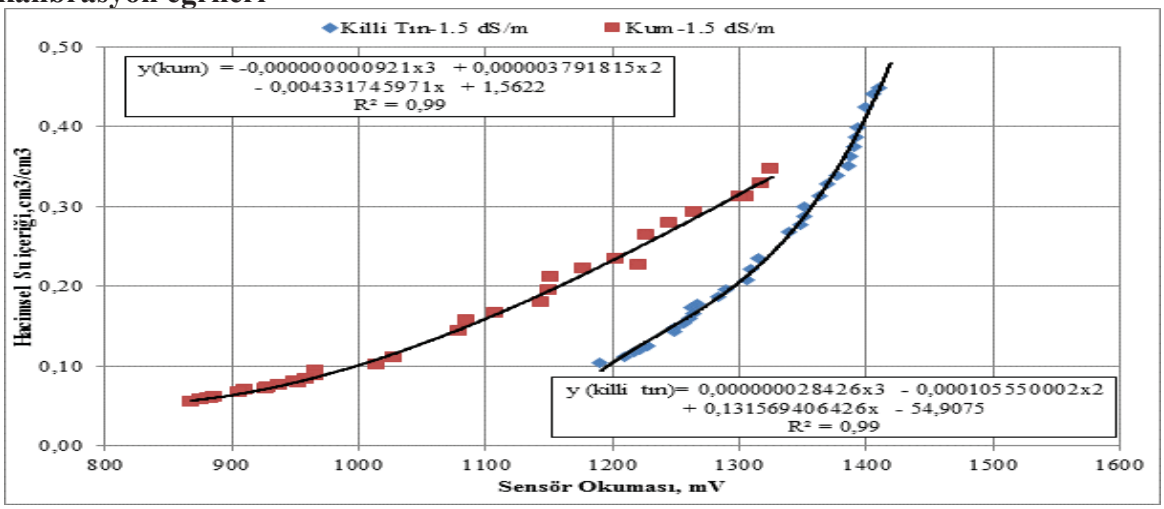
Toprak bünyesi	Hacim Ağ	Kil, %	Silt, %	Kum, %	TK (%)	SN (%)
Kum	1.58	4.5	1.5	94.0	8.5	2.0
Killi tın	1.16	48.7	27.6	23.7	27.0	13.8

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

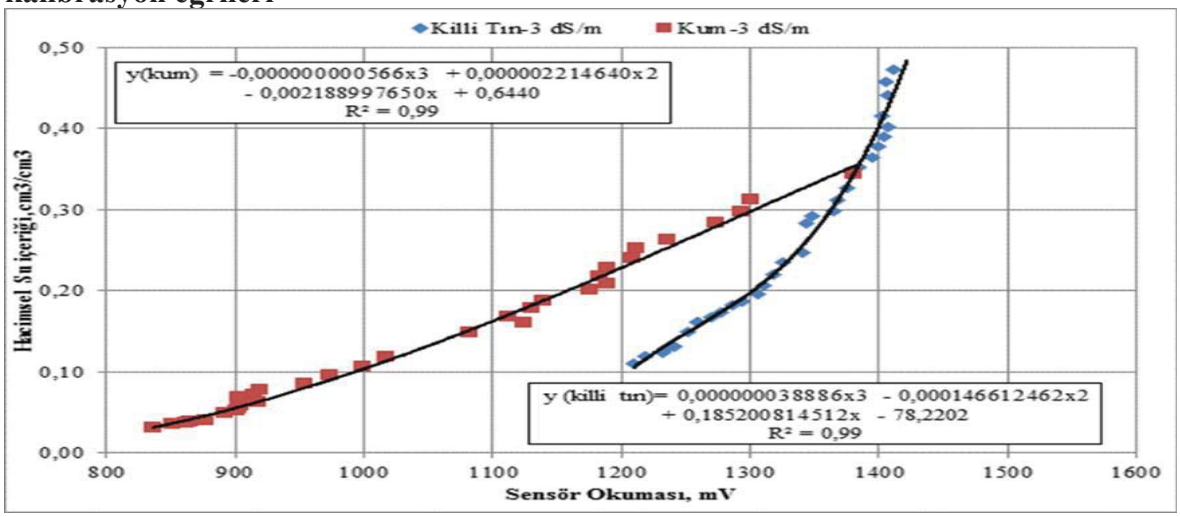
Toprak bünyesi ve elektriksel iletkenliğe bağlı olarak elde edilen kalibrasyon eğrileri Şekil 1-5'te verilmiştir. Şekillerden de görüldüğü üzere her ikisi de mineral toprak olmasına rağmen toprak bünyesi kalibrasyon eğrileri üzerinde etkilidir. Aynı mV sensör okumasında toprak su içeriğinde iki katından da fazla farklı değerler elde edilebilmektedir. Söz konusu farklar tuzluluk düzeyi arttıkça artmaktadır. Örneğin, elektriksel iletkenliğin 0.7 dS/m olması durumunda 1300 mV sensör okumasında kumlu toprakta su içeriği 0.30 cm^3/cm^3 iken killi tınlı toprakta 0.20 cm^3/cm^3 değeri elde edilmektedir (Şekil 1). Elektriksel iletkenliğin 12 dS/m olmasındaki durumda ise aynı sensör okumasında kumlu toprak için 0.28 cm^3/cm^3 killi tınlı toprak için 0.12 cm^3/cm^3 değerleri elde edilmektedir (Şekil 5).



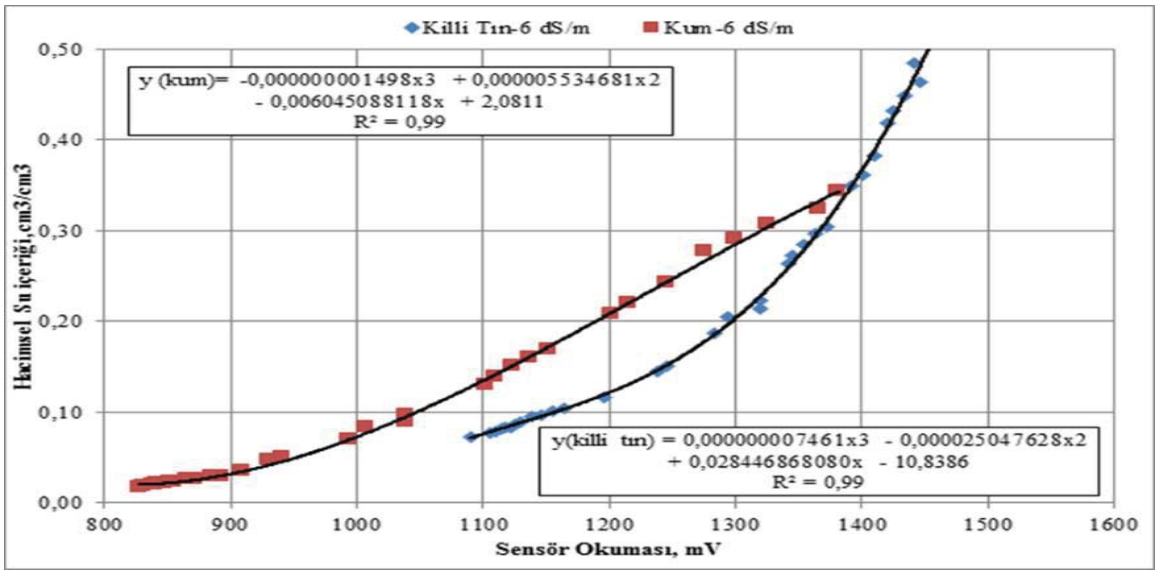
Şekil 1. Killi tın ve kumlu toprak bünyesinde 0.7 dS/m elektriksel iletkenlik için kalibrasyon eğrileri



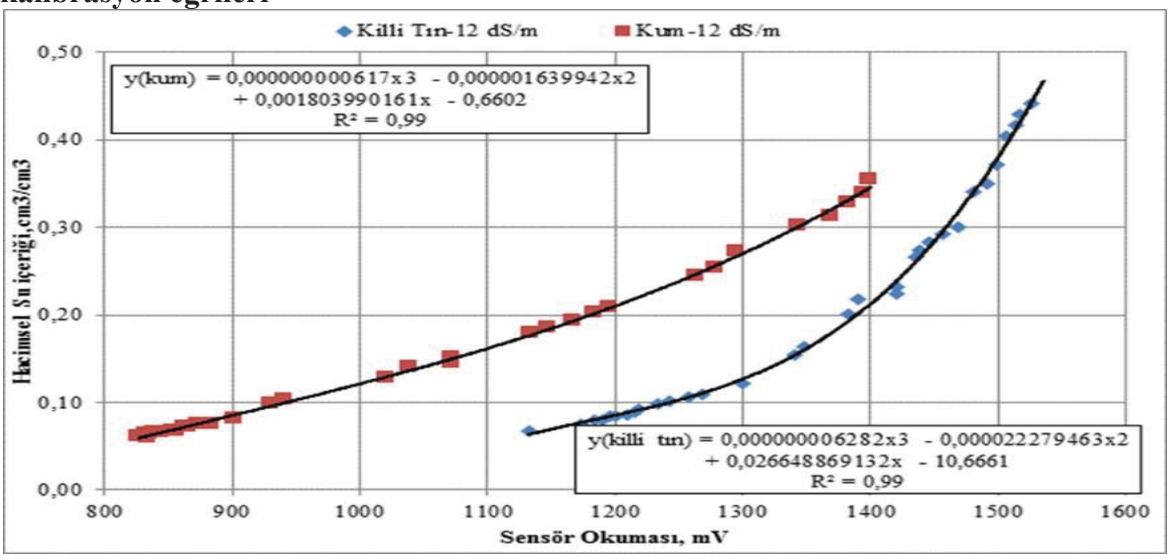
Şekil 2. Killi tın ve kumlu toprak bünyesinde 1.5 dS/m elektriksel iletkenlik için kalibrasyon eğrileri



Şekil 3. Killi tın ve kumlu toprak bünyesinde 3.0 dS/m elektriksel iletkenlik için kalibrasyon eğrileri



Şekil 4. Killi tın ve kumlu toprak bünyesinde 6.0 dS/m elektriksel iletkenlik için kalibrasyon eğrileri



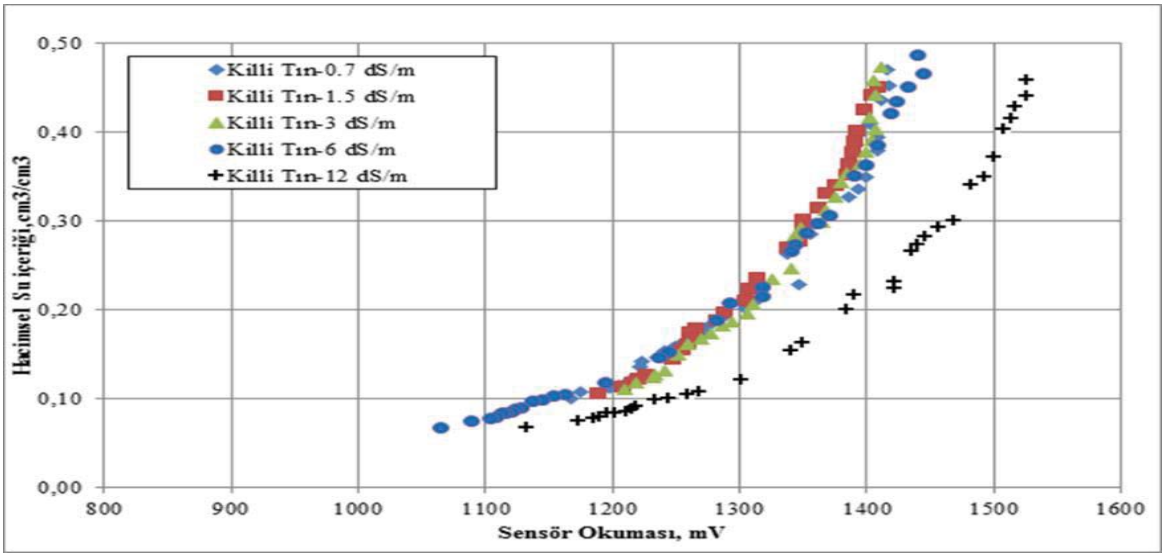
Şekil 5. Killi tın ve kumlu toprak bünyesinde 12.0 dS/m elektriksel iletkenlik için kalibrasyon eğrileri

Killi tınlı toprakta 0.7-12.0 dS/m elektriksel iletkenlik için elde edilen değerler topluca Şekil 6'da verilmektedir. Şekilden de görüldüğü üzere 0-6.0 dS/m elektriksel iletkenlik aralığında elde edilen veriler bir araya kümelenirken 12.0 dS/m elektriksel iletkenlik değeri diğerlerinden belirgin bir şekilde sapma göstermiştir. Bu nedenle killi tınlı toprakta 0.7- 6.0 dS/m için bir kalibrasyon eğrisi 12 dS/m için ise ayrı bir kalibrasyon eğrisi düzenlenmiş ve Şekil 7'de verilmiştir. Decagon (2012) tarafından hazırlanan el kitabında mineral topraklarda toprak çözeltisi elektriksel iletkenliğinin 10 dS/m'den küçük olması durumunda toprak su içeriğinin tuzluluktan etkilenmediği bildirilmektedir. Ancak Şekil 7'den de anlaşılacağı, üzere tuzluluk düzeyi 12.0 dS/m'ye yükseldiğinde sensör okumaları tuzluluktan etkilenmektedir. Kumlu toprakta 0.7-12.0 dS/m elektriksel iletkenlik için elde edilen değerler topluca Şekil 8'de verilmektedir. Killi tınlı toprakla karşılaştırıldığında, kumlu toprakta elde edilen veriler tüm elektriksel iletkenlik değerleri için bir araya kümelenmiştir. O nedenle, 0.7-12.0 dS/m elektriksel iletkenlik değerleri için

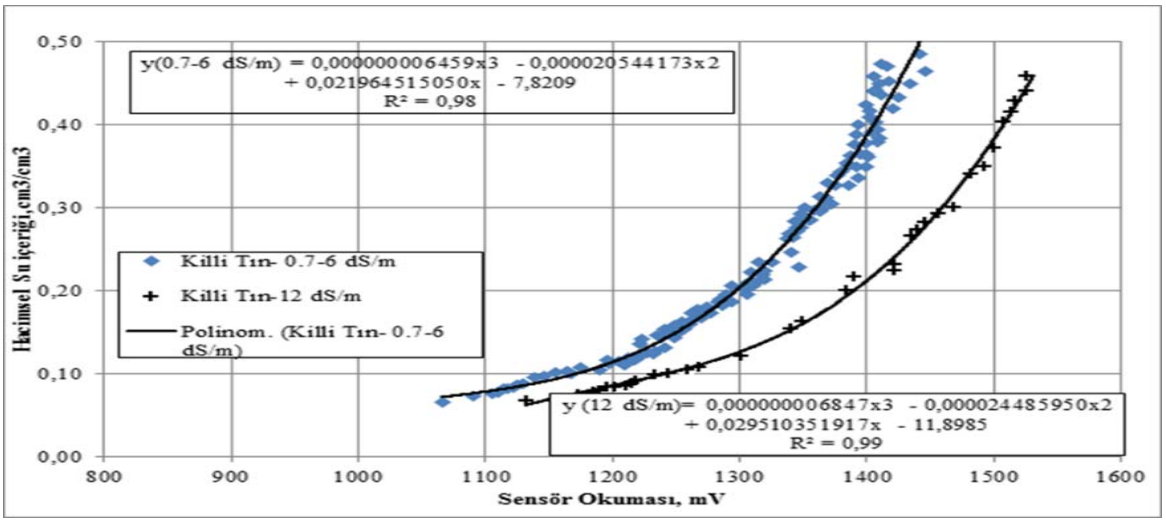
tek bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuş ve Şekil 10'da verilmiştir. Bu çalışmadan kumlu ve killi tınlı toprak için elde edilen kalibrasyon eğrilerinin Dacagon (2008) ve Decagon (2012) tarafından verilen kalibrasyon eğrileri ile karşılaştırılması Şekil 10'da verilmektedir. Hacimsel toprak su içeriğinin belirlenmesinde Decagon (2008) tarafından mineral topraklar için 10 dS/m'ye kadar verilen eşitlik ikinci dereceden bir polinom şeklindedir ($y=0.000000313x(mV)^2-0.000147x(mV)-0.0582$). Decagon (2012) tarafından ise aynı eşitlik üçüncü dereceden bir polinom şeklinde verilmektedir ($y=0.00000000117x(mV)^3-0.00000395x(mV)^2+0.0049x(mV)-1.92$). Şekilden de görüleceği üzere Dacagon (2008) tarafından verilen kalibrasyon eğrisi bu çalışmada kumlu toprak için elde edilen kalibrasyon eğrisi ile birbirine çok yakın iken Dacagon (2012) tarafından verilen kalibrasyon eğrisi ise hem kumlu toprak hem de killi tınlı toprak için bu çalışmadan elde edilen kalibrasyon eğrilerinden oldukça farklıdır.

4. SONUÇ

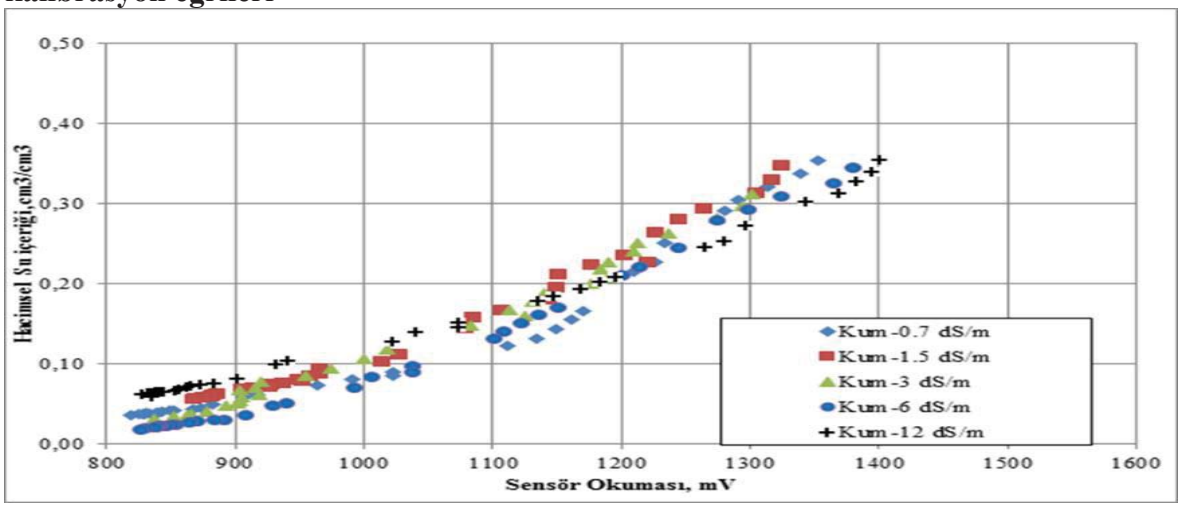
Elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, üretici firma tarafından önerilen kalibrasyon eğrileri ile bu çalışmadan elde edilen kalibrasyon eğrilerinin birbirinden oldukça farklı olduğu ve kullanılan suyun elektriksel iletkenliğinin kalibrasyon eğrileri üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, toprağın dielektrik sabitine bağlı olarak geliştirilen kapasitans nem sensörlerinin toprak su içeriğini doğru bir şekilde belirleyebilmesi için kullanılacak topraklarda önceden mutlaka kalibre edilmesi gerekmektedir. Tuzlu su uygulamalarında bu daha da önem kazanmaktadır.



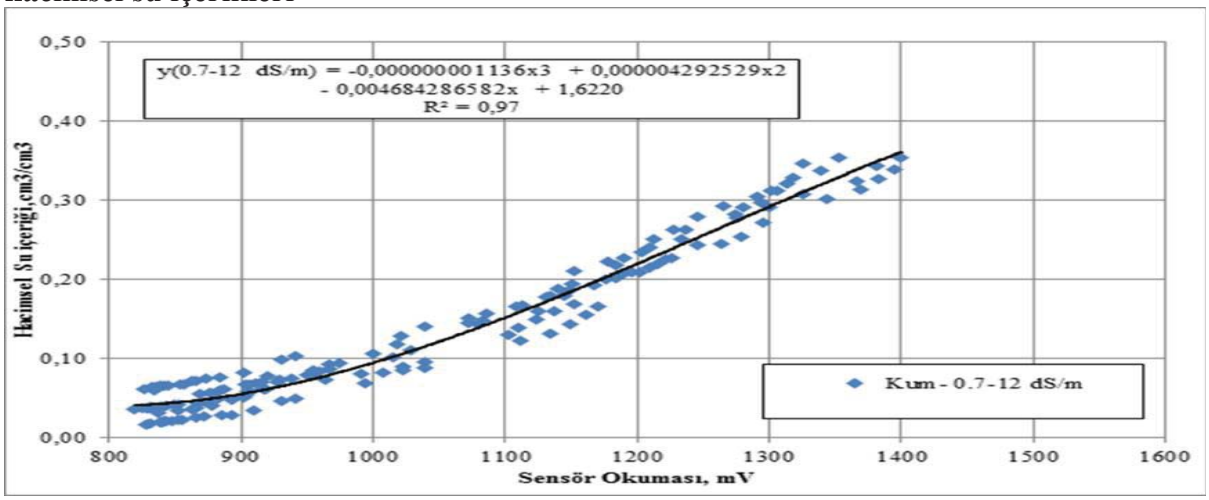
Şekil 6. Killi tınlı topraktan farklı elektriksel iletkenlik değerleri için elde edilen hacimsel su içerikleri



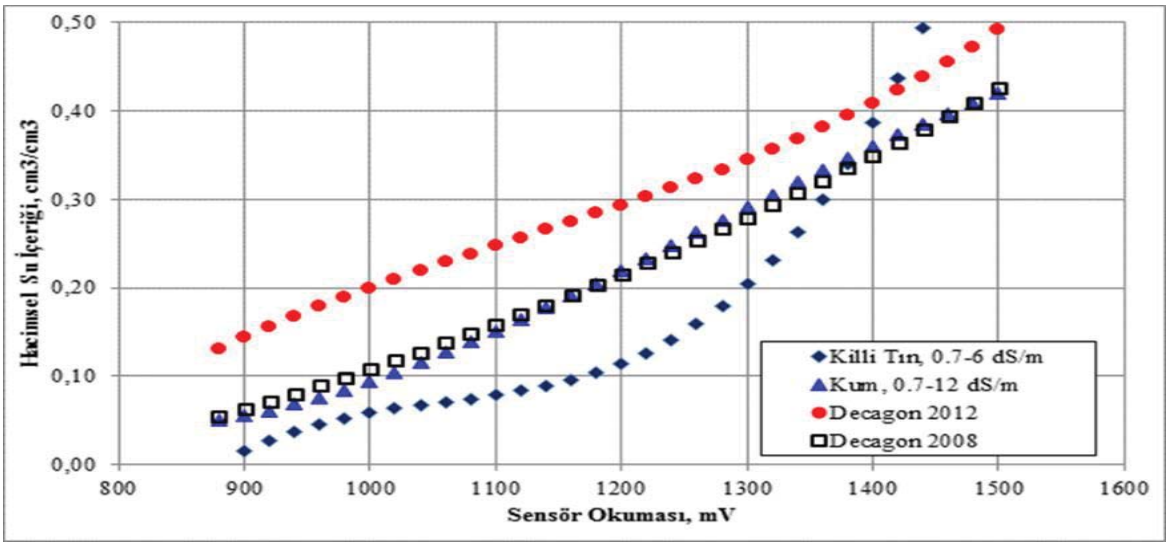
Şekil 7. Killi tınlı topraktan farklı elektriksel iletkenlik değerleri için elde edilen kalibrasyon eğrileri



Şekil 8. Kumlu topraktan farklı elektriksel iletkenlik değerleri için elde edilen hacimsel su içerikleri



Şekil 9. Kumlu topraktan farklı elektriksel iletkenlik değerleri için elde edilen kalibrasyon eğrisi



Şekil 10. Killi tınlı ve kumlu toprak için elde edilen kalibrasyon eğrilerinin Dacagon (2008, 2012) tarafından verilen kalibrasyon eğrileri ile karşılaştırılması

5. KAYNAKLAR

DECAGON (2008). 10HS Operator's Manual. Version 1. Decagon Devices, Inc., Pullman, WA.

DECAGON (2012). 10HS Operator's Manual. Version 3. Decagon Devices, Inc.,Pullman, WA,

DOBRIYAL P., QURESHI A., BADOLA R., HUSSAIN S.A. (2012). A Review of the Methods Available for Estimating Soil Moisture and Its Implications for Water Resource Management, Journal of Hydrology, 458, 110-117.

USUL N. (2009). Engineering Hydrology. METU PRESS Publishing Company, Ankara, 404 p.