

Silaj Sıkıştırma Basıncının Belirlenmesi Amacıyla Basınç Ölçüm Sisteminin Geliştirilmesi

Fulya TAN^{1,*} İ.Savaş DALMIŞ² Figan DALMIŞ³

¹Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

² Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

³ Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Endüstriyel Elektronik Programı, Tekirdağ, Türkiye

*Sorumlu yazar: E-mail: ftan@nku.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 17.01.2017

Kabul Tarihi (Accepted): 19.04.2017

Silaj yapımında yemin sıkıştırma aşaması önemlidir. Sıkıştırma yeterli olmadığında, yemin kalitesi düşmekte ve kayıplar önemli oranda artmaktadır. Fermantasyon aşamasının doğru olabilmesi için sıkıştırmanın etkin olması gerekmektedir. Sıkıştırma işleminin etkin olmasında kullanılan ekipmanın yada traktörün kütlesi, sıkıştırma süresi, siloya doldurulan ürünün tabaka kalınlığı önemli faktörlerdir. Sıkıştırma aşamasında yeme uygulanan kuvvetin belirlenmesi yönelik yapılan çalışmalar çoğunlukla laboratuvar koşullarında yürütülmüştür. Bu çalışmada, saha koşullarında silolarda sıkıştırma aşamasında materyale uygulanan sıkıştırma kuvvetinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda bir basınç ölçüm sistemi geliştirilmiştir. Silo içerisinde sıkıştırma karakterize edebilecek ölçüm noktaları belirlenmiştir. Silo dolum aşamasında bu noktalara basınç algılayıcılar yerleştirilmiştir. Basınç algılayıcılar; kauçuk küreler şeklinde olup her yönden gelen kuvvetleri algılayarak basınç sensörlerine iletmekte ve veri toplama depolama ünitesinde depolanmaktadır. Veri toplama ve depolama sisteminde National Instruments firmasının geliştirdiği Labview görsel programlama dili ile yazılan veri toplama programı ve NI compactDAQ modülü kullanılmıştır. Bu çalışmada; silo içerisindeki basınç değerlerinin değişkenlik gösterdiği ve uygulama noktaları arasındaki basıncın istatistiksel olarak farklı olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

Anahtar Kelimeler: Silaj, Yem, Silo, Sıkıştırma kuvveti, Basınç

Development of Pressure Measurement System for Determining of Silage Compaction Pressure

The compaction stage is an important at silage making. If the compaction is inadequate, the silage quality will be deteriorate and losses will be increase. For a correct fermentation stage, compaction must be effective. In order to compaction to be effective, the weight of the tractor or mass of other the equipment used, compaction time, thickness layer are important factors. The main objective of this research was to determine of compaction force applied materials at the compaction stages in bunker silo. A pressure measurement method was developed. In bunker silos were identified measure points to characterize the silage compaction profile. Pressure sensing rubber globes were installed at these point during the silo filling stages. Pressure sensing rubber globes are transmitted to the sensors regardless of direction and data stored in data acquisition unit. In the data acquisition system was used on a graphical programming language NI LabVIEW software and NI CompactDAQ hardware modules. In this study, pressure values inside the silo was quite variable and the pressure between identified measure points was found different as statistically ($P < 0.05$).

Key Words: Silage, Forage, Silo, Compaction force, Pressure

Giriş

Silaj kaba yem olarak hayvan beslemede önemli bir yer tutmaktadır. Nitelikli silaj yemi elde edebilmek için silaj yapım tekniği önemlidir. Silolama tekniğinin temel aşaması silajlık yem olarak kıyılan materyalin siloya sıkıştırılması işlemidir.

Yapılmış araştırmalar, sıkıştırma aşamasında kullanılan traktör yada iş makinesinin ağırlığı, ürün nem içeriği, olgunluk dönemi, silaj tabakasının

kalınlığı, sıkıştırma süresi, silaj yoğunluğu gibi bir çok faktörün önemli olduğunu göstermiştir.

Muck ve Holmes (2000)' de yaptıkları araştırmalarında yığın silolarda traktör ağırlığının ve ürün tabaka kalınlığının silaj yoğunluğu üzerine etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Aynı çalışmalarında makineleri kullanan operatörlerin de etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Ruppel ve ark. (1995) traktör kütlesinin, sıkıştırma için uygulama süresinin ve tabaka kalınlığının silaj kalitesi üzerine etkili olduğunu vurgulamıştır. Sıkıştırma kuvvetinin artmasına bağlı olarak

porozite ve geçirgenliğin azaldığı, yoğunluğun ise arttığı belirlenmiştir (Pinar ve Sessiz, 1998; Toruk ve ark. 2009; Roy ve ark. 2001). Savoie ve ark. (2004) traktör lastik basıncının sıkıştırma üzerinde etkisi olduğunu belirtmiştir. Roy (2014) farklı lastik tiplerinin etkisini araştırmıştır. Muck ve Holmes (1999) Silo yoğunluğunun üstten alta doğru arttığını ve duvar kenarlarında yoğunluğun değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir.

Sıkıştırma ile ilgili yapılan araştırmaların çoğu sıkıştırma ile silaj yoğunluğu arasındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik olarak yapılmıştır. Bu araştırmada; silaj yeminin sıkıştırılması sırasında silonun farklı noktalarında uygulanan sıkıştırma kuvvetinin saptanması ve sıkıştırmanın silolama tekniği üzerine olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada, yığın materyallerde basınç ölçümü yapabilecek ölçüm sistemi geliştirilmiş ve mısır silajının silolanmasında ölçümler yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışmalar, Tekirdağ ili Malkara ilçesi Doruklar Süt Sığırcılığı İşletmesinde toprak üstü beton siloda yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak kullanılan silajlık mısır 18 Ekim 2014 tarihinde kendi yürür tip silaj makinesi (CLASS 940) ile kıyılarak siloya doldurulmuştur.

Araştırma, basınç ölçüm sisteminin geliştirilmesi ve siloda ölçümlerin alınması olarak iki bölümde yürütülmüştür.

Çalışmanın birinci aşamasında silajlık materyale uygulanan sıkıştırma kuvvetinin ölçülebilmesinde kullanılan basınç ölçüm düzeneği yapılmıştır.

Ölçüm düzeneğinin çalışması da toprak üstü beton siloda test edilmiştir.

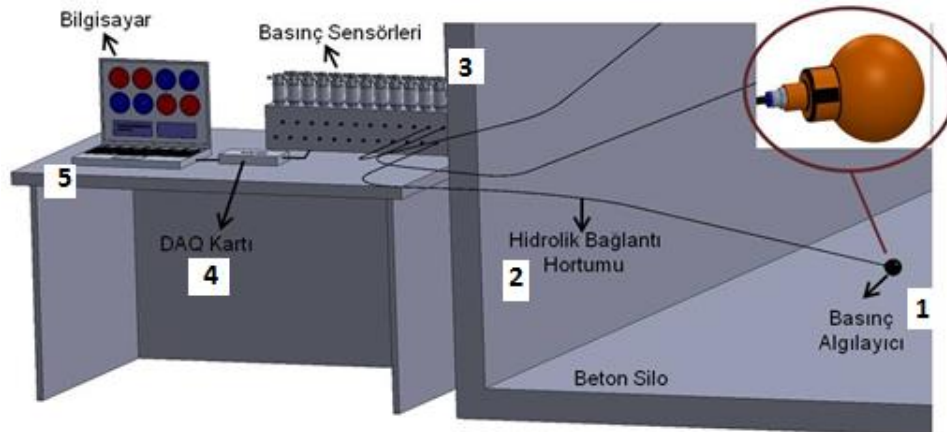
Çalışmanın ikinci aşaması ise basıncın ölçülmesi ve verilerin toplanması aşamasından oluşmaktadır.

a. Basınç ölçüm sisteminin oluşturulması

Bu çalışma kapsamında geliştirilen basınç ölçüm sistemi Şekil 1' de gösterilmiştir. Sistemin temel üniteleri;

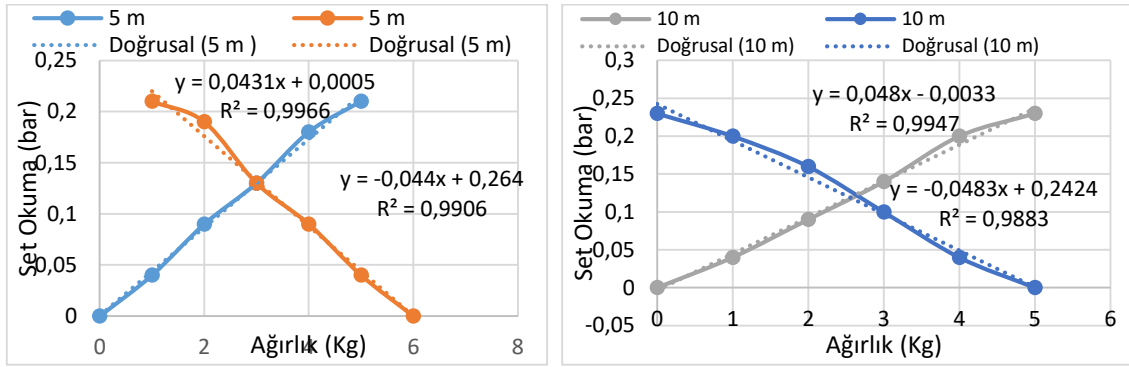
- 1) Basınç algılayıcı kauçuk küreler (1),
- 2) Hidrolik bağlantı hortumu (2),
- 3) Basınç sensörleri (3),
- 4) Veri toplama-depolama ünitesi (4) ve
- 5) Bilgisayardır (5).

Basınç algılayıcı olarak üzerine her yönden gelen kuvveti algılayabilen kauçuk küreler (1) kullanılmıştır. Basınç algılayıcı kauçuk küreler 10 bar basınca dayanıklı hidrolik bağlantı hortumu (2) ile basınç sensörlerine bağlanmıştır. Hidrolik iletim için su kullanılmıştır (Turner ve Rapel 2001). Basınç sensörleri (3) olarak Mesens 500 Series 4 bar kapasiteli 4-20 mA analog çıkış verebilen 24 adet basınç sensörü kullanılmıştır. Veri toplama ve depolama sisteminde (4) National Instruments (NI) firmasının geliştirdiği Labview görsel programlama dili ile yazılan veri toplama programı alınmıştır. Labview ile hazırlanan program ile veri toplama modülünden gelen veriler Excel formatında bilgisayarda (5) depolanmıştır. Verilerin toplanabilmesi için cDAQ-9184 CompactDAQ Chassis ve iki adet NI 9208, 24-bit akım giriş modülü kullanılmıştır. Bu modüller üzerinde 16 analog giriş bulunup sistem gerektiğinde 32 analog çıkışlı sensörden gelecek verileri toplayabilecek özelliktedir.



Şekil 1. Basınç ölçüm sistemi

Figure 1. Pressure measure system



Şekil 2. Kalibrasyon grafikleri

Figure 2. Calibration graphics

Kalibrasyon

Geliştirilen ölçüm sisteminin güvenilirliğinin tespit etmek amacıyla kalibrasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Ölçme setinde kullanılan basınç algılama sensörlerinin özellikle dinamik koşullarda elde edilen değerlerin doğru ve güvenilir değerler olduğunu belirlemek için iki farklı kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Kalibrasyon denemelerinde dinamik koşullarda ani yüklemeye veya yüklenme azalması durumunda oluşan değişimin belirlenmesinde hysteresis yöntemi kullanılmıştır (Akıncı, 1994; Dalmıs, 2006).

Tekrarlı yüklenmelerde ölçüm değerlerindeki sapmaların belirlenmesinde ise tekrarlı ölçüm deneyleri yapılmıştır. Deneylerde seçilen yük değerleri saha koşullarında karşılaşılabilecek yükler ve sensor kapasiteleri dikkate alınarak seçilmiştir.

b. Denemelerin yürütülmesi

Kıyılmış silajlık materyalin siloya doldurma aşamasında, konumları belirlenen noktalara ölçüm sisteminin basınç algılayıcı küreleri yerleştirilmiştir. Ölçüm sisteminin veri depolama ünitesi silonun orta bölgesinde konumlandırılmış ve ölçümler sürekli olarak kayıt altına alınmıştır. Ölçümler silolama, fermantasyon ve depolama periyodunda basınç sabit kalana kadar ölçümler devam ettirilmiş ve kayıt altına alınmıştır.

Sıkıştırma ekipmanı

Siloda silajlık materyali sıkıştırmak için CAT 955 L tipi iş makinesi kullanılmıştır. İş makinesinin teknik özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Sıkıştırma ekipmanının teknik özellikleri

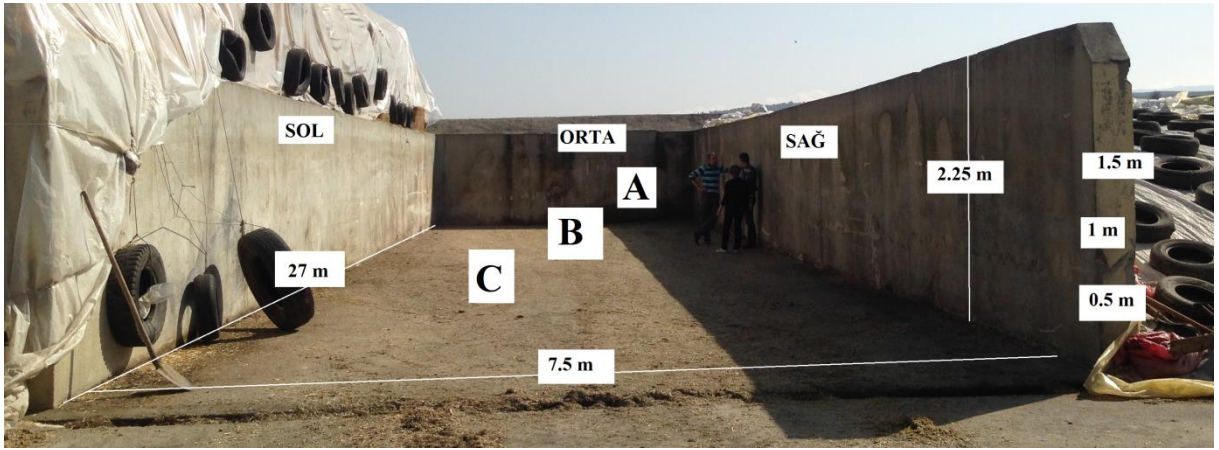
Table 1. Technical specifications of compaction equipment

Özellik	Değer	Birim
Güç	130	HP/96.9 kw
Ağırlık	13700	kg
Kepçe kapasitesi	1.5	m ³
Palet genişliği	380	m
Palet uzunluğu	2360	m
Yer temas alanı	2,03	m ²

Toprak üstü beton silo ve ölçüm noktaları

Çalışma toprak üstü beton siloda yürütülmüştür. Siloya ilişkin ölçüler Şekil 3' de gösterilmiştir. Beton siloya toplam 24 kamyon olmak üzere 356 ton kıyılmış hasıl mısır doldurulmuştur. Dolum öncesi siloda ölçümler yapılarak materyale uygulanan kuvveti karakterize etmek için ölçüm noktalarının konumları belirlenmiştir (Amours ve Savoie, 2004).

Siloda; üç bölgede (arka (A), orta (B) ve ön (C)), üç konumda (sol, orta ve sağ) ve üç yükseklikte (0.5 metre, yerden 1 metre ve yerden 1.5 m) olmak üzere toplam 24 adet basınç ölçüm noktası oluşturulmuştur. Konuma göre silonun duvara yakın ve orta kısmında olmak üzere üç hat belirlenmiştir. Sağ ve sol kenar hattında bulunan algılayıcılar duvardan 0.5 m uzakta yerleştirilmiştir. Silo içerisine yerleştirilen sensörlerin konumları ve kullanılan 24 adet basınç algılayıcı Tablo 2' de verilmiştir.



Şekil 3. Toprak üstü beton silo

Figure 3. Bunker silo

Tablo 2. Basınç ve sıcaklık sensörlerinin konumları

Table 2. Positions of pressure and temperature sensors

Bölge	A			B			C		
	Sol	Orta	Sağ	Sol	Orta	Sağ	Sol	Orta	Sağ
Tabaka kalınlığı (m)									
0.5	A11	A21	A31	B11	B21	B31	C11	C21	C31
1	A12	A22	A32	B12	B22	B32	C12	C22	C32
1.5	A13	A23	A33	B13	B23	B33	-	-	-

Siloda arkadan öne doğru dolum tekniği kullanılmıştır. Bu yöntemde materyal önce silonun arka duvarına yakın konuma (A) sonra sırasıyla orta (B) ve ön (C) bölgesine doldurulmakta ve sıkıştırılmaktadır. Çalışmada saha koşullarında yapılan çalışmalar esas alınmış ve herhangi müdahalede bulunulmamıştır.

Ölçümlerin alınması

Basınç algılayıcılar materyal içerisine belirlenen konumlarda yerleştirilmiştir. Şekil 4' de basınç algılayıcının silaj içerisine yerleştirilmesi ve sıkıştırma sürecinde kayıt alma işlemine ilişkin çalışmalara ilişkin resimler görülmektedir. Basınç

algılayıcıların bağlı olduğu veri toplama ve depolama ünitesi silonun ortasında merkezi noktada konumlandırılmıştır. Ölçümler sürekli kayıt edilmiştir.



Şekil 4. Basınç algılayıcıların yerleştirilmesi, veri toplama ve depolama

Figure 4. Placement of pressure sensing rubber globe, data acquisition and storage

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, geliştirilen basınç ölçüm sistemi ile toprak üstü beton siloda saha koşullarında silo dolun aşamasında materyale uygulanan sıkıştırma kuvveti ölçülmüş ve veriler Labview ile hazırlanan program ile Excel formatında bilgisayarda kayıt altına alınmıştır.

Sıkıştırma işlemi sırasında toprak üstü beton siloda farklı basınç değerleri saptanmıştır. Sıkıştırma süresince kaydedilen ortalama basınç değerleri Tablo 3' de görülmektedir.

Siloda tanımlanan bölgeler arasında basınç değişimi istatistiki olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Siloya ilave edilen materyal miktarının artması ile, yani sıkıştırılması gereken tabaka kalınlığının artırılması durumunda alt katmanlarda hissedilen basıncın etkisi de azalmıştır.

Silonun üst katmanı da doldurulduğunda, basınç alt katmanda artış göstermiştir. Bu artışın sebebi, materyalin kendi ağırlığından kaynaklanmaktadır. Silaj materyalinin sıkıştırılmasında tabaka kalınlığının oldukça önemli olduğu görülmektedir. Şekil 5' de bölgelere göre materyale etki eden basınç değerlerinin değişimi görülmektedir.

En düşük basınç değerleri silonun arka duvarına yakın olan A bölgesinde (0.27 bar) ölçülmüştür. En yüksek basınç değerleri ise silonun ön bölgesi olan C bölgesinde (0.35 bar) saptanmıştır. Silonun orta konumunda basınç değeri ise 0.31 bar olarak kaydedilmiştir.

Tablo 3. Sıkıştırma aşamasında ölçülen basınç değerleri (bar)

Table 3. The pressure values measured (bar) at the compaction stages

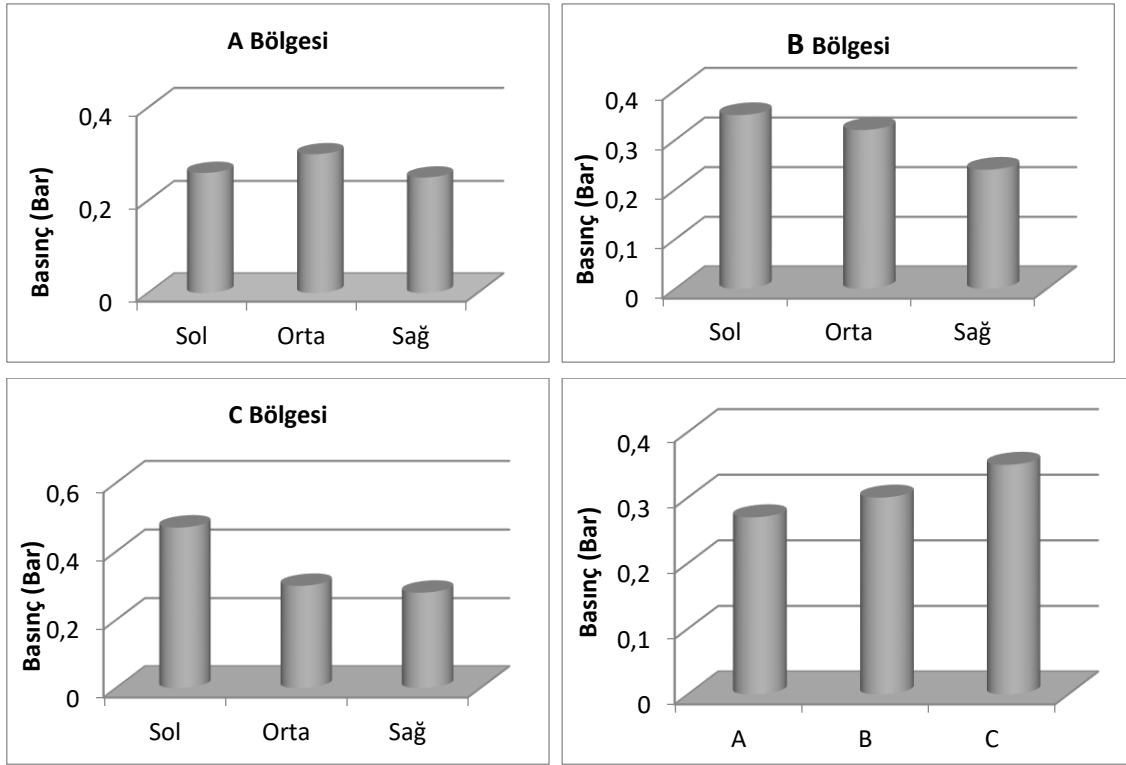
Bölge	A			B			C		
	Sol	Orta	Sağ	Sol	Orta	Sağ	Sol	Orta	Sağ
TABAKA KALINLIĞI 0.5 m									
0.5	0,36	0,39	0,28	0,39	0,44	0,28	0,37	0,26	0,27
TABAKA KALINLIĞI 1 m									
1	0,31	0,28	0,23	0,30	0,28	0,23	0,63	0,38	0,31
0.5	0,19	0,22	0,18	0,21	0,18	0,12	0,41	0,27	0,28
TABAKA KALINLIĞI 1.5 m									
1,5	0,29	0,49	0,32	0,53	0,45	0,34	-	-	-
1	0,19	0,20	0,21	0,24	0,13	0,21	-	-	-
0.5	0,24	0,24	0,29	0,43	0,46	0,28	-	-	-
Ort.	0,30	0,25	0,35	0,32	0,24	0,47	0,30	0,28	0,30
Genel ort.	0,27 b*			0,31 a			0,35 a		

* $p < 0.05$ de önemli.

Silonun C bölgesinde değerlerin yüksek olmasının temel nedeni sıkıştırma ekipmanının her seferinde bu bölgeden geçmesidir. Her git-gel işleminde sıkıştırma ekipmanının C bölgesinde daha fazla sayıda geçiş yaptığı, A bölgesinde ise daha az sayıda geçiş yaptığı anlaşılmaktadır. Sıkıştırma ekipmanının kullanan operatörün, silaj materyalin sıkıştırılmasındaki etkisi de oldukça büyüktür.

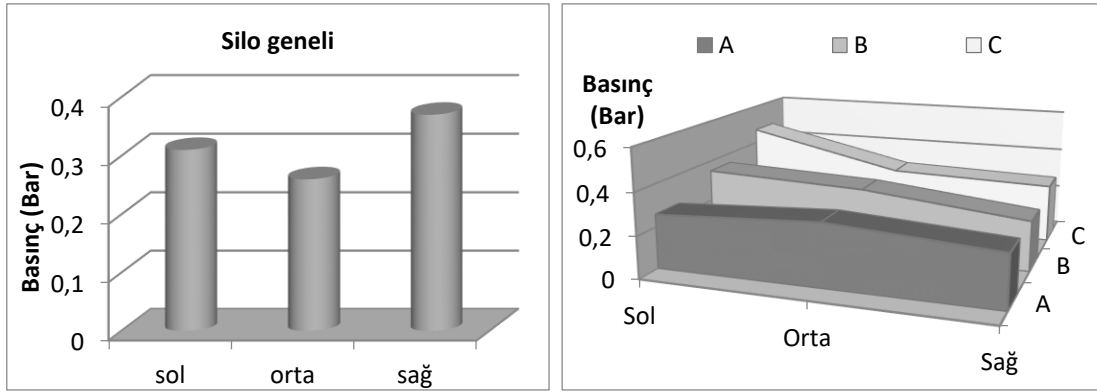
Ayrıca, silonun arka bölgelerinde sıkıştırma işleminin diğer bölgelere oranla daha az ezildiği görülmüştür. Bu durumda bu bölgedeki silaj yoğunluğunun ve kalitesinin daha düşük nitelikte olacağına da bir göstergesidir. Silonun arka duvarına yakın bölgede sıkıştırma yapıldığında, arkadan öne dolun tekniği uygulandığı durumlarda bu bölgenin sıkıştırılabilmesi için daha fazla sıkıştırma zamanı harcanması gerekmektedir. Şekil 6' da silonun genelinde konumlara göre sıkıştırma etkisinin değişimi görülmektedir.

Silo içerisinde genel sıkıştırma etkisinin dağılımı görülmektedir. Genel yargı olarak silonun orta bölgesinde sıkıştırmanın etkisinin yüksek olması beklenirken, sağ kenar hattında daha yüksek sıkıştırma değerleri ölçülmüştür. Genel olarak uygulanan sıkıştırma işleminde ekipmanı kullanan operatörün etkisinin büyük olduğu anlaşılmaktadır. Kenarlara yakın bölgeden giderek etkin sıkıştırmanın yapılması için çalışılmış ancak her konumda düzenli git-gel sayısı yakalanamamıştır. Siloda en büyük problem arka bölgede yeterli sıkıştırmanın uygulanamamasıdır.



Şekil 5. Bölgelere göre ölçülen basınç değerleri ve toplam basınç

Figure 5. The pressure values measured according to areas and total pressure



Şekil 6. Siloda konumlara göre toplam basınç

Figure 6. Total pressure in bunker silo according to positions

Sonuç

Geliştirilen basınç ölçüm düzeneği yardımıyla yığın içerisinde materyale etkiyen basınç ölçümü yapılabilmektedir. Farklı ölçüm noktalarında ölçülen basınç değerleri silo içerisinde oldukça değişken bulunmuştur. Siloda tanımlanan bölgeler arasında basınç değişimi istatistik olarak $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Tabaka kalınlığı, sıkıştırma ekipmanı, uygulama zamanı, dolun yöntemi ve ekipmanı kullanan operatörün siloda

sıkıştırma üzerine etkisinin oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle silo sıkıştırma işleminde operatörün bu konuda deneyimli olması önerilmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma, Namık Kemal Üniversitesi NKUBAP.24.AR.14.11. Araştırma projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Akinci, İ. 1994. Traktör-Tarım Makinası Enerji İlişkilerinin Saptanması İçin Bilgisayar Destekli Ölçme Sisteminin Geliştirilmesi Ve Mekanizasyon Planlamasında Temel İşletmecilik Verilerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Amour, L., P. Savoie, 2004. Density profile of corn silage in bunker silos. ASAE Paper No: 041136. Amer. Soc. Agr. Engr., St. Joseph, MI.
- Dalmış, İ.S., 2006. Domatesin Hasat Sonrası İşlemlerine Yönelik Bazı Fizikomekanik Özelliklerinin Saptanması İçin Prototip Ölçüm Setinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Pınar, Y. ve A. Sessiz, 1998. Hayvansal Üretim Mekanizasyonu. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders kitabı No:14, Samsun,
- Muck R E and B J Holmes, 1999. Factors Affecting Bunker Silo Densities. ASAE Paper No:991016. Amer. Soc. Agr. Engr., St. Joseph, MI.
- Muck R E and B J Holmes, 2000. Factors Affecting Bunker Silo Densities. Applied Engineering in Agriculture Vol.16(6):613-619.
- Roy, M.B., Y.Tremblay, P.Pomerleau,2001. Compaction and density of forage in bunker silos. ASAE Paper No:01-1089.
- Roy, L.,2014. Grass silage compaction in horizontal silos. AgEng 2014. International Conference of Agricultural Engineering. 6-10 July.
- Ruppel, K. A., Pitt, R. E., Chase L. E. & Dalton, D. M. 1995, Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *J. Dairy Sci.* 78(1): 141-153.
- Savoie P, R E Muck and B J Holmes, 2004. Laboratory Assessment Of Bunker Silo Density, Part II: Whole-Plant Corn. Applied Engineering In Agriculture 20 (2):165-171.
- Turner, R. and R.L. Raper,2001. Soil stress residuals as indicators of soil compaction. ASAE Paper No. 011063.
- Toruk, F.,E. Gonulol,B. Kayısoglu,F. Koc, 2009. Effects of compaction and maturity stages on sunflower silage quality. African Journal of Agricultural Research Vol. 5(1), pp. 055-059, 4 January, 2010.