

**TOPRAK ÜSTÜ YIĞIN SİLOLARDA
SIKIŞTIRMA ETKİNLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

Yavuz ODABAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman:Doç.Dr.Fulya TAN

T.C
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK ÜSTÜ YIĞIN SİLOLARDA SIKIŞTIRMA ETKİNLİĞİNİN
BELİRLENMESİ

YAVUZ ODABAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Fulya TAN

TEKİRDAĞ-2019

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Fulya TAN danışmanlığında, Yavuz ODABAŞ tarafından hazırlanan “TOPRAK ÜSTÜ YIĞIN SİLOLARDA SIKIŞTIRMA ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy çokluğuyla / oy birliğiyle kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Doç. Dr. Fulya TAN (Danışman)

İmza :

Üye: Prof.Dr. Erkan GÖNÜLOL

İmza:

Üye : Doç. Dr. M.Fırat BARAN

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK ÜSTÜ YIĞIN SİLOLARDA SIKIŞTIRMA ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

YAVUZ ODABAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fulya TAN

Silaj yapımında en önemli faktör sıkıştırma dır. Silo yapımında en çok kullanılan silolama tekniğı ise toprak üstü yığın silolamadır. Bu nedenle bu çalışmada saha koşullarında toprak üstü yığın siloda uygulanan sıkıştırma etkinliğı incelenmiştir. Sıkıştırma ekipmanı olarak traktör kullanılmıştır. Materyale uygulanan sıkıştırma basıncının saptanabilmesi amacıyla basınç ölçüm sistemi (BÖS) kullanılmıştır. Basınç algılayıcılar silo içerisinde önceden belirlenen ölçüm noktalarına yerleştirilmiştir. Bu noktalarda sıkıştırma basıncı ölçülmüştür. Silo içerisindeki aynı noktalara sıcaklık sensörleri yerleştirilerek sıcaklık ölçülmüştür. Aynı zamanda BÖS tarafından sıkıştırma süreleri de kayıt altına alınmıştır. Basıncın yüksek ölçüldüğü noktalarda sıcaklık da en yüksek değerde ölçülmüştür. Sonuç olarak incelendiğinde; sıkıştırma basıncı silonun tüm genelinde heterojen olmuştur. En yüksek sıkıştırma basıncı en yüksek sıkıştırma süresi 228 dk ile silonun alt katmanında 0.35 bar saptanmıştır. Ayrıca traktörün izlediğı rota nedeni ile silonun sağ tarafında sıkıştırma basıncı yüksek olmuştur. Sıcaklık değerleri en yüksek sıkıştırma basıncının yüksek olduğu noktalarda ölçülmüştür. Sıkıştırma süresi ve traktörün izlediğı rota sıkıştırma etkinliğı üzerinde önemli bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Silaj, sıkıştırma, sıkıştırma süresi, basınç.

2019, 63 Sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION OF COMPACTION EFFICIENCY IN PILE TYPE SILO

YAVUZ ODABAŞ

Tekirdag Namik Kemal University

Institute of Science

Biosystem Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Fulya TAN

The most important factor in silage making is compaction. The most commonly used type of silo in silage making is pile type-silos. The aim of this study is to investigate the compaction efficiency applied to the material in the pile-type silo under the field conditions. Tractor was used as compaction equipment. Pressure measurement system (BOS) was used to determine the compaction pressure applied to the material. Pressure sensors were located at the pre-determined measuring points in the silo and the compaction pressure was measured at these points. Temperature was measured by placing temperature sensors at the measuring points. At the same time, the compaction times were recorded by the BOS. Temperature values were found to be highest at the measurement points where compression pressure was highest. As a result; The compression pressure was found heterogeneously in the silo. The highest compaction pressure (0.35 bar) and the highest compression time (228 minutes) were determined in the bottom layer of the silo. In addition, due to the tractor route, the compression pressure on the right side of the silo was measured high. The highest temperature values were measured at the highest compression pressure measurement points. The compaction time and the tractor route were found to be significant on compaction efficiency.

Keywords : Silage, compaction, compaction time, pressure

2019, 63 page

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel.....	1
1.2. Silo ve Silaj Yönetimi.....	4
1.3. Silolamada Meydana Gelen Kimyasal Olaylar.....	5
1.4. Silajda Sıkıştırmanın Önemi.....	6
1.5. Silo Yönetiminde Kullanımı Yaygın Olan Traktörlerin Genel Özellikleri.....	7
2. KAYNAK ÖZETLERİ	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1. Toprak Üstü Yığın Silo.....	17
3.2. Denemede Kullanılan Silajlık Mısır.....	18
3.3. Denemede Kullanılan Silaj Makinesi.....	19
3.4. Sıkıştırma İşlemi İçin Kullanılan Ekipman.....	20
3.5. Basınç Ölçüm Yöntemi.....	21
3.6. Basınç Ölçümlerinin Yapılması.....	23
3.7. Ölçüm Sisteminin Kalibrasyonu.....	24
3.7.1. Hysteresis.....	25
3.7.2. Tekrarlı Ölçüm.....	25
3.8. Sıcaklık Ölçümü.....	25
3.9. Denemelerin Yürütülmesi.....	27
3.10. Besin Madde İçeriğinin Belirlenmesi.....	28
3.10.1. Nem içeriğinin saptaması.....	28
3.10.2. Kuru madde içeriğinin saptanması.....	29
3.10.3. pH içeriğinin saptanması.....	29
3.11. Zaman ölçümü.....	30
3.12. İstatistiksel Analizler.....	31

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	32
4.1. Sıkıştırma basıncına ilişkin sonuçlar.....	32
4.1.1. Bölgelere göre sıkıştırma basıncının değişimi.....	32
4.1.2. Konumlara göre sıkıştırma basıncının değişimi.....	35
4.2. Traktör ve sıkıştırma süresince traktörün izlediği rota.....	38
4.3. Sıcaklık ölçümlerine ilişkin sonuçlar.....	39
4.3.1. Bölgelere göre sıcaklık (°C) değişimi.....	39
4.3.2. Konumlara göre sıcaklık (°C) değişimi.....	42
4.3.3. Fermantasyon dönemi sonrası sıcaklık değişimi.....	46
4.4. Zaman ölçümlerine ilişkin sonuçları.....	49
4.5. Sıcaklık ve sıkıştırma basıncı arasındaki ilişki.....	52
4.6. Besin madde içeriğine ilişkin sonuçlar.....	53
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
6. KAYNAKLAR.....	57
TEŞEKKÜR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Toprak üstü yığın silolara örnek.....	5
Şekil 1.2. Toprak üstü yığın siloda sıkıştırma.....	7
Şekil 2.1. Plastik torba silajlarda yoğunluk ölçüm noktaları.....	11
Şekil 2.2. Silo içerisinde ölçüm noktaları.....	12
Şekil 2.3. Toprak sıkışıklığı ölçüm seti.....	12
Şekil 2.4. Farklı lastik tiplerinde topraktaki sıkıştırma basıncı.....	13
Şekil 2.5. Sıkıştırma kuvveti ölçüm düzeneği.....	14
Şekil 2.6. Basınç ölçüm sistemi.....	15
Şekil 2.7. Toprak üstü beton siloda belirlenen ölçüm noktaları.....	15
Şekil 2.8. Toprak üstü yığın tip siloda sıkıştırma.....	16
Şekil 3.1. Denemelerin yürütüldüğü toprak üstü yığın silo.....	17
Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan silaj makinesi.....	19
Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan sıkıştırma ekipmanı.....	20
Şekil 3.4. Basınç ölçüm sistemi.....	21
Şekil 3.5. Veri toplama programı arayüzü.....	22
Şekil 3.6. Toprak üstü yığın siloda basınç ölçüm çalışmaları.....	23
Şekil 3.7. Basınç algılayıcı kauçuk kürelerin materyal içerisine yerleştirilmesi.....	24
Şekil 3.8. Basınç ölçümüne ilişkin şematik görünüş.....	24
Şekil 3.9. Denemelerde kullanılan su geçirmez Hobo marka sıcaklık dataloggeri.....	26
Şekil 3.10. Ölçüm kiti.....	27
Şekil 3.11. Ölçüm kitinin yerleştirilmesi.....	27
Şekil 3.12. Ölçüm noktaları.....	28
Şekil 3.13. Kuru madde analizi.....	29
Şekil 3.14. pH analizi.....	30
Şekil 4.1. Siloda bölgelerin konumu.....	32
Şekil 4.2. Bölgelere göre sıkıştırma basıncı.....	34
Şekil 4.3. Bölgelerde katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi.....	34
Şekil 4.4. Silo konumlarının gösterimi.....	35
Şekil 4.5. Konumlara göre sıkıştırma basıncı.....	36
Şekil 4.6. Konumlarda katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi.....	37
Şekil 4.7. Traktörün sıkıştırma periyodunda siloda uyguladığı rota.....	38
Şekil 4.8. Silolama aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi.....	41

Şekil 4.9. Fermantasyon aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi.....	42
Şekil 4.10. Silolama aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi.....	44
Şekil 4.11. Fermantasyon aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi.....	44
Şekil 4.12 . Fermantasyon sonrası bölgelerde ölçülen sıcaklık değişimleri	47
Şekil 4.13 . Fermantasyon sonrası konumlarda ölçülen sıcaklık değişimleri.....	47
Şekil 4.14. Bölgelere göre sıkıştırma süreleri.....	50
Şekil 4.15. Konumlara göre sıkıştırma süreleri.....	50
Şekil 4.16. Katmanlara göre sıkıştırma süreleri.....	51

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Türkiye`de yıllara göre mısır ekim alanı, üretimi ve verimi.....	2
Çizelge 1.2. İyi kalitede mısır silajının ortalama besin maddesi içeriği.....	3
Çizelge 1.3. Yıllar itibariyle hayvan sayıları.....	4
Çizelge 1.4. Kullanımı yaygın olan traktör modellerine ilişkin örnek ve özellikleri.....	8
Çizelge 1.5. Güçlerine göre traktör satış oranları.....	9
Çizelge 3.1. Ham materyale ilişkin özellikler.....	18
Çizelge 3.2. Denemelerde kullanılan silaj makinesine ilişkin teknik özellikler.....	19
Çizelge 3.3. Denemelerde kullanılan sıkıştırma ekipmanına ilişkin teknik özellikler.....	20
Çizelge 3.4. Sıcaklık sensörüne ilişkin teknik özellikler.....	26
Çizelge 3.5. Sıkıştırma sürelerinin belirlenmesine ilişkin zaman çizelgesi.....	30
Çizelge 4.1. Bölgelere göre sıkıştırma basıncının değişimi.....	33
Çizelge 4.2. Konumlara göre sıkıştırma basıncının değişimi.....	35
Çizelge 4.3. Bölgelere göre sıcaklık (°C) değişimi.....	40
Çizelge 4.4. Konumlara göre sıcaklık (°C) değişimi.....	42
Çizelge 4.5. Bölgelere göre sıcaklık (°C) değişimi.....	46
Çizelge 4.6. Konumlara göre sıcaklık (°C) değişimi.....	46
Çizelge 4.7. Bölge, konum ve katmanlara göre zaman ölçümleri (dakika).....	49
Çizelge 4.8. Parametreler arasındaki korelasyonlar.....	52
Çizelge 4.9. Flieg Puanlama cetveli.....	53

SİMGELER DİZİNİ

Kısaltmalar

TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
kg	: Kilogram
g	: Gram
m	: Metre
ml	: Milimetre
°C	: Santigrat Derece
pH	: Power of Hydrogen
KM	: Kuru madde
SÇK	: Suda çözünebilir karbonhidratlar
LAB	: Laktik asit bakterileri
NDF	: Nötral deterjanda çözünmeyen lif
ADF	: Asit Deterjan Fiber
ADL	: Hayvanların otu sindirme yeteneğini etkileyen bir bileşiktir
A	: Silonun kuzey bölgesi
B	: Silonun orta bölgesi
C	: Silonun güney bölgesi
BÖS	: Basınç ölçüm sistemi
SA	: Silolama aşaması
FA	: Fermantasyon aşaması

1.GİRİŞ

1.1.Genel

Silaj; oksijensiz ortam koşullarında, laktik asit bakterilerinin bitki bünyesindeki suda eriyebilir karbonhidratları, başta laktik asit olmak üzere organik asitlere dönüştürerek, nem oranı yüksek yem bitkisini fermente edilmesi ile elde edilen yemlere silaj, yöntemine ise silaj yapımı denilmektedir (Weinberg ve Ashbell, 2003). İyi bir yöntem ile silolanan yemlerin bozulmadan ve besin madde içeriklerinde önemli bir kayıp olmadan saklanması sağlanabilmektedir. Böylece hayvanların kaba yem gereksinimlerinin karşılanması açısından yıl içinde süreklilik sağlanabileceği gibi ekonomik bir besleme uygulamak da mümkün olabilmektedir.

Dünya çapında silaj üretiminde birçok bitki kullanılsa da, mısır, sorgum ve yonca bu amaçla en çok kullanılan bitkilerdir. Bunların yanında tahıllar, buğdaygil ve baklagil otları, doğal çayır ve mera bitkileri ile birçok sanayi yan ürününden de silaj yapılabilir.

Fermente olabilir karbonhidrat oranı fazla olan mısır bitkisinin silolanması daha kolaydır. Bu nedenle tüm dünyada, özellikle Kuzey Amerika, Güney Avrupa'da ve ülkemizde de mısır en önemli silaj bitkisi durumundadır. Çok yönlü kullanım alanına sahip mısırın son yıllarda yeşil yem ve silaj üretimi amacı ile ekim alanı artmıştır. Birim alan veriminin yüksekliği, silaj yapımına uygunluğu ve elde edilen silajın besleme değerinin yüksekliği gibi nedenlerle tercih edilen türler arasındadır. Ülkemizde kıyı ve geçit iklimine sahip yörelerde tahıl (buğday, arpa) hasadından sonra mısır, silo yemi amacıyla ikinci ürün olarak yetiştirilmektedir.

Ülkemizde yapılan toplam silaj yem miktarı yılda yaklaşık 9 milyon ton olup, bunun yaklaşık %85'ini mısır silajı oluşturmaktadır. Kalan az miktardaki silaj yem ise tahıl, tahıl+fiğ ve yonca ile diğer baklagiller ve buğdaygiller yem bitkilerine aittir. Dolayısıyla ülkemizde üretilen sulu kaba yem miktarı silaj yemler ile birlikte yılda yaklaşık 29 milyon ton (5.8 milyon ton KM^{-1}) olarak kabul edilebilir (Filya 2008). Silajlık mısır yetiştiriciliğinin ülkemizde halen yetersiz olduğu ancak yıllar itibarı ile artış eğiliminde olduğu Çizelge 1.1 de, (TÜİK 2019) görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye’de yıllara göre mısır ekim alanı, üretimi ve verimi (TÜİK 2019)

Yıl	Ekilen alan (ha)	Üretim (bin ton)	Verim (Kg/ha)
2010	593.552	4.310	7.26
2011	585.713	4.200	7.17
2012	622.600	4.600	7.39
2013	659.222	5.900	8.95
2014	655.663	5.950	9.07
2015	686.169	6.400	9.33
2016	679.537	6.400	9.42
2017	639.084	5.900	9.23
2018	615.000	5.600	9.10

Mısır, üretimi dünyada buğdaydan sonra ikinci sırada, Türkiye’de ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer olmaktadır (Dellal ve ark., 2001). İnsan beslenmesinde ve tarıma dayalı endüstride önemli bir yere sahip olan mısır, son 30 yıl içerisinde silajlık olarak hayvan beslemesinde kullanılan ve dünyada en önemli bir kaba yem haline gelmiştir (Allen ve Kilkeny 1986). Mısır silajı, dünyada üretilen en ekonomik ve en yaygın kaba yem olup, sığır besiciliğinde çok yoğun olarak kullanılmaktadır (Kılıç 1986, Alçiçek ve Karaayvaz 2003). Mısır ekiminin yaygınlaşmasında, çeşitlerin daha soğuk iklimlere uyum sağlaması, etkili yabancı ot kontrolü ve randımanlı hasat aletlerinin geliştirilmesi, birim alandan çok fazla yeşil aksam üretilmesi, ikinci ürün olarak yetiştirilmesi, hasattan uzun süre sonra kalitesini koruyabilmesi, yüksek düzeyde tüketilebilmesi, diğer kaba yemlere göre yüksek düzeyde enerji içermesi, çayırdan daha az gübreye gereksinim duyması, daha kaliteli ve ucuz silaj üretilmesi, fermantasyon için herhangi bir katkı maddesine ihtiyaç duyulmaması, ekim nöbetine girmesi ve mısır silajıyla beslenen hayvanlardan elde edilen gübrenin nem içeriğinin yüksek olması gibi avantajlarının etkisi büyüktür (Phipps ve Wilkinson 1985, Kılıç 1986; Çete ve Sarıcan 1998). Çizelge 1.2’de iyi kalitede mısır silajının ortalama besin maddesi içeriği verilmiştir (Çiftçi, 1998).

Çizelge 1.2. İyi kalitede mısır silajının ortalama besin maddesi içeriği

Besin Maddeleri	Kuru Halde	Doğal Halde
Kuru madde(%)	100.00	27.60
Metabolik enerji(kcal/kg)	2530.00	698.00
Net enerji laktasyon(kcal/kg)	1630.00	450.00
Net enerji besi(kcal/kg)	1030.00	284.00
Ham protein(%)	8.30	2.30
Sindirilebilir ham protein(%)	4.30	1.19
Ham yağ(%)	2.90	0.80
Ham selüloz(%)	24.30	6.71
Nötr deterjan selüloz(%)	51.00	14.08
Asit deterjan selüloz(%)	31.00	8.55
Kalsiyum(%)	0.27	0.07
Fosfor(%)	0.20	0.05

Besin madde içeriği yüksek silajın hayvan besleme ve işletme ekonomisine getireceği yararlar kısaca;

1. Kaba yemlerin yetişmediği dönemlerde hayvanların kaliteli kaba yem gereksinimlerini karşılayabilmesi,
2. İklim koşullarının yeşil otların kurutulmasına olanak tanımadığı bölgeler için silaj hazırlama en uygun saklama yöntemi olması,
3. Yeşil otları kurutarak saklamaya metotlarına göre silaj yaparak saklamada besin madde içerikleri açısından fazla bir kayba uğramadan uzun süre saklanabilme imkânı,
4. Hayvanların hoşlanacağı koku, tat ve yumuşaklığa sahip olması nedeniyle hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesi,
5. Sindirilebilirliği daha yüksek ve kaliteli kaba yemler olması,
6. Daha kolay üretim metodu, küçük hacim ve mekânlarda depolama imkânı sağlaması,
7. Uzun depolama ömrü,
8. Yem maliyeti açısından kuru madde bazında kuru otlara göre çok daha ucuz kaba yem temini sağlaması şeklinde sıralayabiliriz.

Günümüzde süt sığırı rasyonlarının önemli bir kısmını mısır silajı oluşturmaktadır (Fernandez ve ark. 2004, NRC 2001, Keleş ve Çıbık 2014). Ülkemizdeki hayvancılık işletmelerinin ana girdilerinin önemli bir bölümünü (% 50-70) yem giderleri oluşturmaktadır (Görgülü 2012). Çizelge 1.3' de yıllar itibariyle hayvan sayıları verilmiştir (TÜİK 2017). Artan hayvan sayısı ile giderek kaliteli kaba yem ihtiyacı da artış göstermektedir. Silaj, hazırlama kolaylığı ve kalite içeriği yüksek kaba yem sınıfında olması ile hayvancılık işletmeleri için önemi her geçen gün artmaktadır. Özellikle süt hayvancılığının ekonomik hale getirilmesinde ve geliştirilmesinde kaba yemlerin önemi büyüktür (Ak ve Doğan 1997).

Çizelge 1.3. Yıllar itibariyle hayvan sayıları (TÜİK 2017)

YIL	Sığır	Koyun	Keçi	Toplam
2001	10 548 000	26 972 000	7 022 000	44 542 000
2002	9 803 498	25 173 706	6 780 094	41 757 298
2003	9 788 102	25 431 539	6 771 675	41 991 316
2004	10 069 346	25 201 155	6 609 937	41 880 438
2005	10 526 440	25 304 325	6 517 464	42 348 229
2006	10 871 364	25 616 912	6 643 294	43 131 570
2007	11 036 753	25 462 293	6 286 358	42 785 404
2008	10 859 942	23 974 591	5 593 561	40 428 094
2009	10 723 958	21 749 508	5 128 285	37 601 751
2010	11 369 800	23 089 691	6 293 233	40 752 724
2011	12 386 337	25 031 565	7 277 953	44 695 855
2012	13 914 912	27 425 233	8 357 286	49 697 431
2013	14 415 257	29 284 247	9 225 548	52 925 052
2014	14 223 109	31 140 244	10 344 936	55 708 289
2015	13 994 071	31 507 934	10 416 166	55 918 171
2016	14 080 155	30 983 933	10 345 299	55 409 387
2017	15 943 586	33 677 636	10 634 672	60 255 894

1.2. Silo ve Silaj Yönetimi

Silaj yemlerinin depolandığı yerlere silo denmektedir. Silolar genel olarak ahıra yakın olmalı, içine konulan materyalin kolayca doldurulup boşaltılmasına elverişli olacak şekilde

yapılması istenmektedir. Genel olarak ülkemizde toprak üstü yığın silolar ve toprak üstü beton silolar bulunmaktadır. Silo tipinin belirlenmesinde çiftçi olanakları, hayvan varlığı ve ekonomik düzey etkili olmaktadır.

Toprak üstü yüzeysel plastik örtü silolar; çok basit ve ucuz maliyetli silolardır (Şekil 1.1). Bu nedenle küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından tercih edilmektedir. Genellikle ahıra yakın su tutmayan düz veya çok az meyilli sert bir zemin seçilerek, zemin temizlenip düzeltildikten sonra silajlık materyal serilerek silolanmaktadır. Bu tip silolarda traktörün rahat hareket edebilmesi ve iyi bir sıkıştırmanın yapılabilmesi için çok yüksek olmaları istenmez. Kıyılmış yemler bu zemine dökülüp traktörle sıkıştırılmaktadır. Yığma işlemi bittikten sonra üzeri plastik örtü ile kapatılmaktadır. Ülkemizde en yaygın olarak kullanılan silo şekli yığın silolar olmakla birlikte bu silo tipi tavsiye edilen bir silo tipi değildir. Çünkü bu silolarda silajlardaki kayıp oranı çok yüksek olup bazen % 50 kadar olabilmektedir (Filya 2002).



Şekil 1.1. Toprak üstü yığın silolara örnek

Toprak üstü beton silolar, maliyeti yüksek olmamakla birlikte nispeten bir tesis masrafı gerektirmektedir. Genel olarak büyük ölçekli hayvancılık işletmelerinde kullanılmaktadır. Bölgemizde toprak üstü yığın silo kullanımının yüksek olması nedeni ile çalışmamız da toprak üstü yığın siloda yürütülmüştür.

1.3. Silolamada Meydana Gelen Kimyasal Olaylar

Bitkiler biçildikten sonra fotosentez olayı durur, solunum yaparlar. Solunum esnasında bir miktar ısı enerjisi ortama yayılacağından silo içerisinde sıcaklık artışı meydana gelmektedir.

Yemler siloya doldurulur ve yeterince sıkıştırma basıncı sağlanırsa arada hava kalmayacağından silo içerisinde solunum azalır ve dolayısıyla da sıcaklık artışı kontrol altında tutulabilir.

Silo içinde faaliyet gösteren mikroorganizmaları bakteriler, mantarlar ve mayalar olarak ayırabiliriz. Bu mikroorganizmaların bir bölümü oksijenli ortamda faaliyet gösterirken bir bölümü ise oksijensiz ortamda faaliyet göstermektedir. Tüm bu mikroorganizmaların faaliyetleri sonucunda silajda (asetik asit, propiyonik asit, bütirik asit ve laktik asit gibi) çeşitli organik asitler oluşmaktadır. Laktik asit silajın bozulmadan kalmasını sağlayan en önemli asittir. Oksijensiz ortamda süt asidi bakterileri tarafından üretilen laktik asit (süt asidi) üretimi artmaktadır. Bu nedenle sıkıştırma işlemlerinin doğru yürütülmesi ve oksijen kalmayacak şekilde sıkıştırma silo içi faaliyetlerin gelişimi açısından önemlidir. Bu bakteriler aynı zamanda silo içerisinde çoğalması arzu edilmeyen asetik asit ve bütirik asit bakterilerinin gelişmesini ve faaliyetlerini engelleyerek silaj yemin bozulmasını engellemekte ve kalite sınıflarının daha iyi olmasına neden olmaktadır.

Silaj kalitesini olumsuz yönde etkileyen bakteri faaliyetinin engellenmesi için silolamada sıkıştırmanın doğru yapımı ve yönetimi önemlidir. Silo içi sıcaklık kontrolü de sıkıştırmanın başarısı için kontrol edilmelidir.

1.4. Silajda Sıkıştırmanın Önemi

Kaliteli silaj elde edebilmek için etkin bir sıkıştırma işleminin yapılması önemlidir (Şekil 1.2). Sıkıştırma ile silolanacak materyaller arasındaki oksijenin ortamdaki uzaklaştırılması gerekir. Sıkıştırma işleminin etkin olabilmesi; kullandığımız ekipman ya da traktörün kütlesi, sıkıştırma süresi ve siloya doldurulan ürünün yüksekliği gibi bir çok faktöre bağlıdır. Yetersiz yapılan sıkıştırmalarda materyaller daha uzun süre solunum yapmaya devam eder ve bu da besin madde kayıplarına neden olur. Bu durum ayrıca ortamda istenmeyen bakterilerin gelişmesine ve protein kayıplarına neden olabilmektedir. Sıkıştırmanın yetersiz yapıldığı durumlarda ortamda oksijen bulunur.

Silajın ısınması ile birlikte fizyolojik fermantasyon azalır, kuru madde kayıpları artar ve buna bağlı olarak niteliksiz kalite içeriği düşük silaj elde edilmektedir. Porozitenin yüksek olması durumunda silo içinde depolama ve yemleme sırasında önemli bozulma ve kayıplar

oluşmaktadır (Holmes ve Muck 2007). Silajda yoğunluk arttıkça kuru madde kaybının aynı oranda azaldığını belirlemiştir (Ruppel 1992).



Şekil 1.2. Toprak üstü yığın siloda sıkıştırma

1.5. Silo Yönetiminde Kullanımı Yaygın Olan Traktörlerin Genel Özellikleri

Trakya Bölgesi genel anlamda bakıldığında zaman büyük arazilerin ve potansiyel çiftçilerin bulunduğu bir bölgedir. Silo yönetiminde kullanımı en yaygın aralıklarda olan traktörlerden üç tanesinin genel özellikleri Çizelge 1.5' de verilmiştir. Bölgede kullanılan traktörlerin ortalama beygir gücü 95 BG-105 BG arasındadır. Traktörlerin genel ağırlığı bakımından ortalama 3.5 ton ağırlığa sahip oldukları görülmektedir. Bizim çalışmamızda kullanılan traktör ortalama ağırlığın üzerinde bir traktördür. Bölgede silo yapımında ek ağırlık kullanımı, çift lastik kullanımı gibi uygulamalar sıkıştırma süresince tercih edilerek uygulanmamaktadır. Lastik olarak ise; gerek yapılan iş bakımından gerekse toprak cinsi bakımından çiftçiler daha çok radial lastik tercih ettikleri gözlenmiştir. Bu yüzden yüksek beygir gücüne sahip traktörler bölgede tercih edilmektedir.

Çizelge 1.4. Kullanımı yaygın olan traktör modellerine ilişkin örnek ve özellikleri

Parametre	TÜMOSAN 8105	TÜMOSAN 8095	CASE JX100
Maximum güç	105 Hp	95 Hp	98 Hp
Silindir sayısı	4	4	4
Silindir hacmi	4.1 lt	3.9 lt	3.9 lt
Maximum tork	400 Nm	370Nm	390 Nm
Hava filtresi tipi	Kuru	Kuru	Kuru
Yakıt deposu	115 lt	115 lt	110 lt
Şanzıman	Mekanik	Mekanik	Tam Senkromeçli
İleri - geri mekik kolu	Mekanik	Mekanik	Power Shuttle
Dişli Kutusu	16 ileri 16 geri	16 ileri 16 geri	12 ileri 12 geri
Ön diferansiyel kilidi	Limited Slip	Elektro Hidrolik	Elektro Hidrolik
Arka diferansiyel kilidi	Mekanik	Mekanik	Elektro-Hidrolik
Kaldırma kapasitesi	4000 kg	4000 kg	4700 kg
Ön ağırlık	12x50	10x40	6x45
Arka ağırlık	6x50	6x50	6x50
Toplam ağırlık	3500 kg	3500 kg	3900 kg
Lastik Opsiyonları			
1.Ön	340/85R24	320/85R24	11.2R28
1.Arka	380/85R38	340/85R38	14.9R38
2.Ön	380/70R24	360/70R24	13.6R24
2.Arka	420/85R34	460/85R30	16.9R34
Boyutlar			
Uzunluk	4344 mm	4301 mm	4115 mm
İz genişliği	1595 mm	1583 mm	1626 mm
Yükseklik	2927 mm	2620 mm	2631 mm

Bölgesel olarak bakıldığı zaman traktörlerin ortalama ağırlıkları 3700 kg civarında olup, traktörler kabinli, klimalı, radial lastikli, daha çok elektronik, yüksek beygir gücünde ve çift çeker olarak kendini göstermektedir. Çizelge 1.6' traktörlerin güçlerine göre 2018 yılı satış oranları verilmiştir (TÜİK 2018). Buna göre satılan traktörlerin %26.51' i 90-99 BG aralığındaki traktörlerden oluşmaktadır.

Çizelge 1.5. Güçlerine göre traktör satış oranları (TÜİK 2018)

< 50 HP	4.32%
50-59 HP	5.76%
60-69 HP	2.99%
70-79 HP	7.25%
80-89 HP	7.08%
90-99 HP	26.51%
100-109 HP	13.28%
110-119 HP	19.42%
120-129 HP	1.72%
130-139 HP	2.32%
140-149 HP	0.11%
150 < HP	1.27%

Satış verilerine göre, en yüksek paydayı 90-99 HP gücünde %26.51 traktörlerin aldığını ve % 19.42 ile 100-109 BG aralığına sahip traktörlerden oluştuğunu söyleyebiliriz. Bu aralıktaki traktörlerin ağırlıklarının 3500-4000 kg ağırlığında olduğu görülmektedir. Silolamada sıkıştırmanın etkin yürütülmesinde traktör kütlesi önemlidir. Ancak, üreticiler sıkıştırma amaçlı iyi nitelikte traktörlere sahip olmalarına rağmen her zaman iyi nitelikte silaj elde edememelerinin temelinde doğru olmayan silo yönetimi uyguladıkları söylenebilmektedir.

Çalışmanın temel amacı, yoğun olarak kullanılan toprak üstü yığın silolarda kaliteli silaj elde edilebilmesi amacıyla uygulanan sıkıştırma işleminin etkinliğini belirleyebilmektir. Çiftçi koşullarında dışarıdan müdahalede bulunmadan materyale uygulanan sıkıştırma kuvvetini belirlemek, ölçülen sıkıştırma basıncının silo genelinde gösterdiği dağılımı saptamak, traktör hareketlerini ve genel olarak sıkıştırma için ayrılan temel süreleri ölçmektir. Silo yönetimde sıkıştırma üzerine etkili temel unsurların analiz edilmesine çalışılacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Filya (2000) yaptığı çalışmasında, yüksek bir silaj kalitesi açısından silo içerisinde mutlaka asidik bir ortama dolayısıyla düşük bir pH değerine (4.0) gereksinim duyulduğunu belirtmektedir. Silo içerisinde silaj fermantasyonun gerçekleşmesi ve silolanan materyalin bozulmadan korunması için yüksek düzeyde laktik asit oluşumuna, bunun için de düşük pH değerinin gerektiğini vurgulamıştır.

Ruppel (1993) çalışmasında, traktör kütlesi ve silaj yapım tekniğinde silo içerisine yerleştirilen tabaka kalınlığının önemini belirtmiştir. İlk tabaka kalınlığının son ürün yoğunluğu üzerinde etkisinin büyük olduğunu da vurgulamıştır. Materyalin yoğunluğu ve ürünün parça boyutu arasında önemli bir ilişki belirtmemiştir.

Ruppel ve ark. (1995), yaptıkları çalışmada silaj yoğunluğunu en çok sıkıştırma için kullanılan ekipman ağırlığı ve sıkıştırma zamanının etkilediğini tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmalarında, silo yoğunluğunun üst katmandan alt katmana doğru arttığını gözlemlemiştir. Toprak üstü beton silolarda duvar kenarlarında materyal yoğunluğunun değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir.

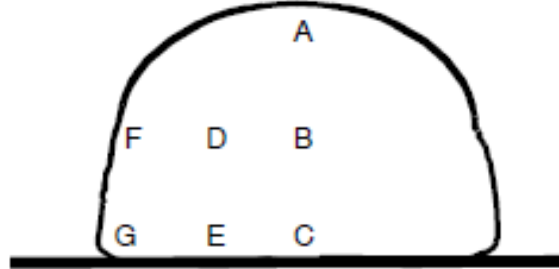
Ruppel (1997) çalışmasında, silo tekniğinde başarılı olmak için küçük işletmelerin sıkıştırma işlemine uygun bir traktör kütlesinin bilinmesinin önemini açıklamıştır.

Muck ve Holmes (1999) yaptıkları çalışmalarında, parça boyunun artması ile birlikte daha yüksek yoğunluk arasında bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Bunu daha büyük işletmelerde daha uzun parça boyutundaki materyallerin daha ağır ekipmanlar ile sıkıştırılması, küçük işletmelerde ise daha hafif yapıdaki ekipmanlar ile sıkıştırılmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca 1970 lerde genel silolarda sıkıştırma sonrası ürün yoğunluğunun 150-180 kg/m³ iken, 1990 larda ürün yoğunluğunun 200-240 kg/m³ e yükseldiğini ifade etmişlerdir. Bunun nedeni olarak sıkıştırma işleminde daha büyük ekipmanların kullanıldığını belirtmişlerdir. Benzer uygulamalarda ürün neminin değişken sonuçlara sebep olduğunu da belirtmişlerdir.

Muck ve Holmes (2000) yaptıkları araştırmalarında, Wisconsin 'de 81 silodan aldığı örneklerde mısır silajı yoğunluğunun siloda çok değişken olduğunu, yoğunluğun 125 ile 378 Kg KM/m³ arasında olduğunu ifade etmiştir. Yüksek yoğunluk seviyesinin istenen bir uygulama olduğunu, benzer hacimde daha fazla ürünün depolanabildiğini birim depolama maliyetlerinin de azalmasına sebep olduğunu söylemiştir.

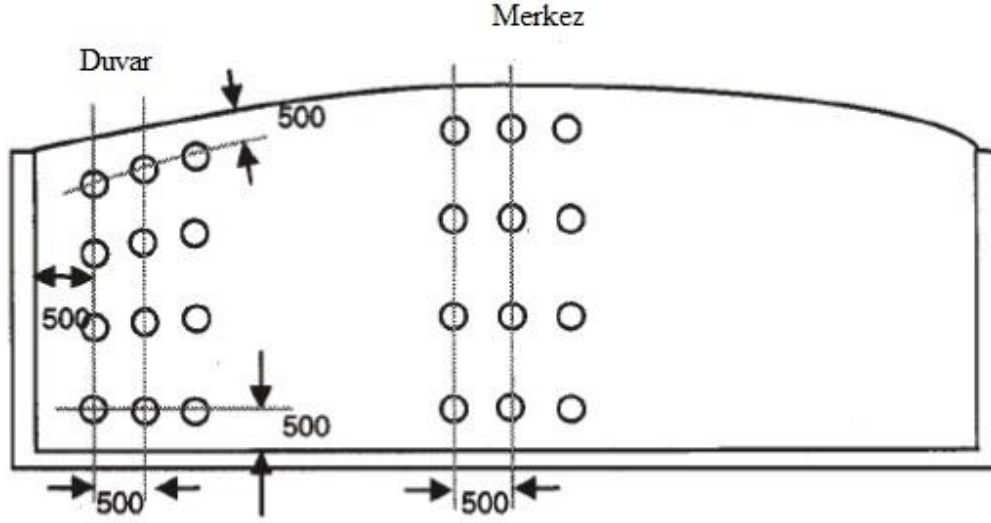
Muck ve ark. (2004) yaptıkları çalışmalarında, yonca ve ot silajlarında materyal yoğunlukların basınç, ürün nemi, ürün türü ve parça boyutundan etkilendiğini saptamışlardır fakat tabaka kalınlığı ve sıkıştırma süresinin ise materyalin yoğunluğu üzerine etkisini saptamamışlardır.

Muck ve Holmes (2006) yaptıkları çalışmalarında plastik torba silajlar için ürün yoğunluğu belirlemek amacıyla silonun genel yapısını karakterize edebilecek şekilde ölçüm noktaları belirlemişlerdir (Şekil 2.1). Toplam 47 torba silajda yaptıkları çalışmalarında yoğunluğun 160-270 kg/m³ arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Artan parça boyuna bağlı olarak yoğunluğun azaldığını belirlemiştir.



Şekil 2.1. Plastik torba silajlarda yoğunluk ölçüm noktaları

D'Amours ve Savoie (2004) yaptıkları çalışmalarında, silolarda mısır silajının yoğunluk profilini araştırmışlardır. Farklı hayvancılık işletmesinde saha koşullarında çalışmalar yürütmüşlerdir. Sıkıştırma işlemini yapan traktörlerin ağırlıkları, lastik boyutu ve lastik hava basıncını ölçmüşlerdir. Silolarda üç farklı yükseklikte (0.15-0.30 ve 0.45 m) ölçümler yapmışlardır. Silaj profilini karakterize etmek için silo içerisinde ölçüm noktaları oluşturmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Silo içerisinde ölçüm noktaları

Yoğunluğun genel olarak üst noktalarda daha düşük, alt noktalarda ise daha yüksek olduğunu ifade etmiştir. Merkez konumdaki noktalarda yoğunluğun duvar kenarlarına göre %7 daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

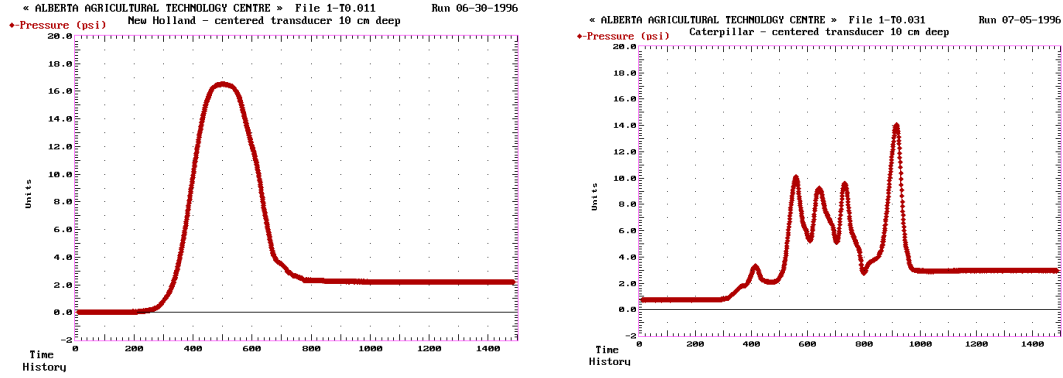
Turner ve Raper (2001) yaptıkları çalışmalarında, toprak sıkışmasında kalıcı toprak stresini ve sıkıştırmayı belirlemek için farklı yöntemler denenmişlerdir. Toprakta meydana gelen sıkışmayı ölçebilmek için Şekil 2.3' de gösterilen ölçüm setini oluşturmuştur. Çalışmamızda Turner ve Raper (2001) tarafından geliştirilen sistem temel alınarak silo içi ölçüm sistemi oluşturulmuştur.



Şekil 2.3. Toprak sıkışıklığı ölçüm seti

Oluşturdukları ölçüm sistemi ile farklı lastik tiplerinde topraktaki basıncın etkisini gözlemlemiştir. Şekil 2.4' de farklı sıkıştırma etkisine ait veri kayıtları örneği görülmektedir.

Her iki sıkıştırma işleminde kullanılan sıkıştırma ekipmanı da benzer ve 13 ton ağırlığında bir traktör kullanılmıştır.

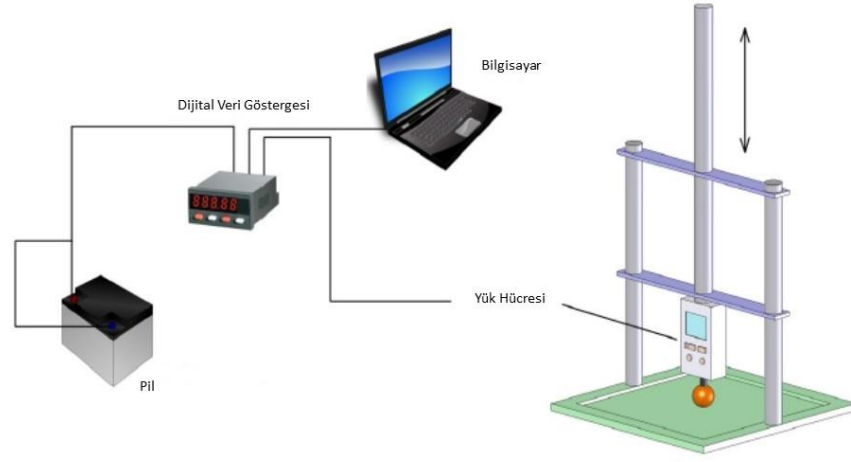


Şekil 2.4. Farklı lastik tiplerinde topraktaki sıkıştırma basıncı

Toruk ve ark. (2010). Farklı sıkıştırma koşulları altında ayçiçeği silajında yoğunluk, porozite ve geçirgenlik oranını incelemiştir. Üç farklı olgunluk döneminde hasat edilen ayçiçeklerini 150, 248 ve 498 kpa ile sıkıştırmıştır. Sıkıştırma kuvveti silaj yoğunluğu üzerinde etkisini önemli bulmuştur. En yüksek yoğunluk 498 kpa ile sıkıştırma uygulanan yöntemde ve üçüncü hasat döneminde (BL) %64 saptamıştır.

Silajın porozitesi olgunluk dönemi ile birlikte artış göstermiş, sıkıştırma kuvvetinin artmasına bağlı olarak azalma göstermiştir. En yüksek geçirgenlik (permeabilite) geç olgunluk dönemine ait silajlarda ve sıkıştırma kuvvetinin düşük olduğu yöntemlerde belirlemiştir.

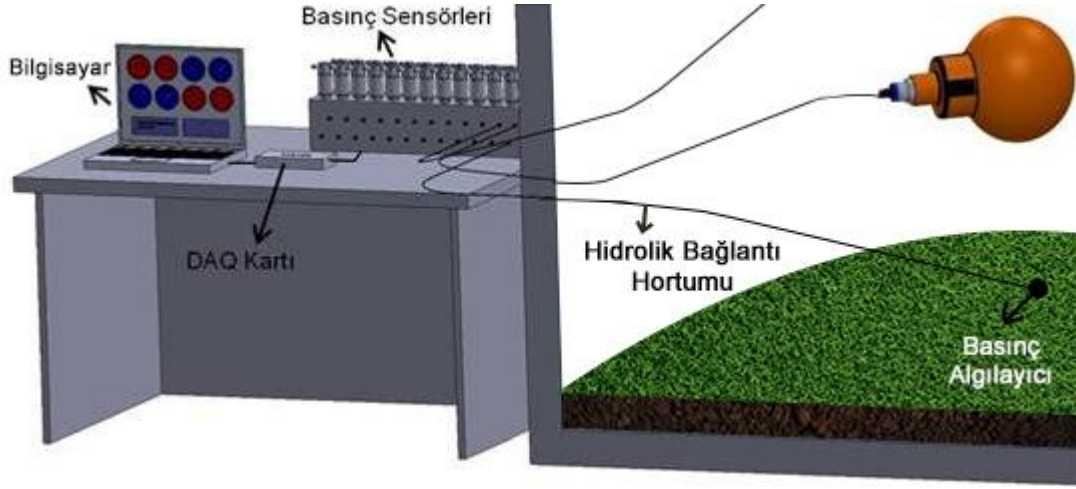
Toruk ve ark. (2009). Ayçiçeği silajında ürün kalitesi üzerine sıkıştırmanın etkisini incelemiştirlerdir. Uyguladıkları sıkıştırma kuvvetini ölçmek için laboratuvar koşullarında sıkıştırma kuvveti ölçüm düzeneği oluşturmuşlardır (Şekil 2.5). Silaj kalitesi üzerinde sıkıştırma kuvvetinin önemli etkisini saptamışlardır. Silaj kalitesinin artan sıkıştırma kuvvetine bağlı olarak pozitif olarak etkilendiğini bildirmiştir.



Şekil 2.5. Sıkıştırma kuvveti ölçüm düzeneği

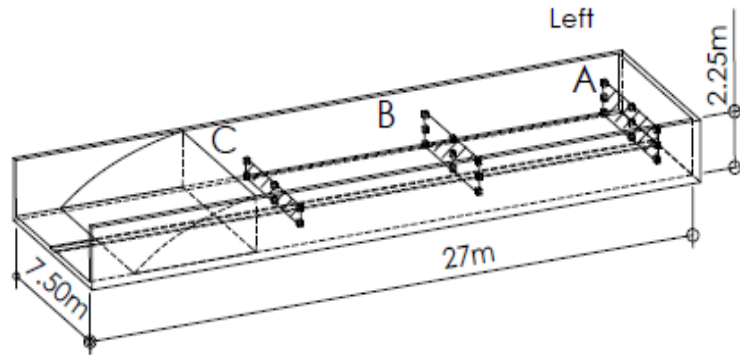
Toruk ve Koç (2009) yaptıkları çalışmalarında, silajda uygulanan sıkıştırma kuvvetinin aerobik stabilite üzerine etkilerini araştırmışlardır. Sıkıştırma kuvvetinin artması silolama özelliklerinin iyileşmesine neden olmakla birlikte aerobik stabilite üzerinde belirgin farklılık yaratmamıştır. Fakat olgunlaşma döneminin aerobik stabilite üzerinde etkisi belirlenmiştir.

Tan ve ark. (2017a) yaptıkları araştırma projelerinde, yığın materyallerde basıncın ölçümüne ilişkin basınç ölçüm sistemi geliştirerek, toprak üstü beton siloda sıkıştırma basıncını saptamışlardır. Şekil 2.6' da bizim çalışmalarımızda da kullanılan basınç ölçüm sistemi görülmektedir.



Şekil 2.6. Basınç ölçüm sistemi

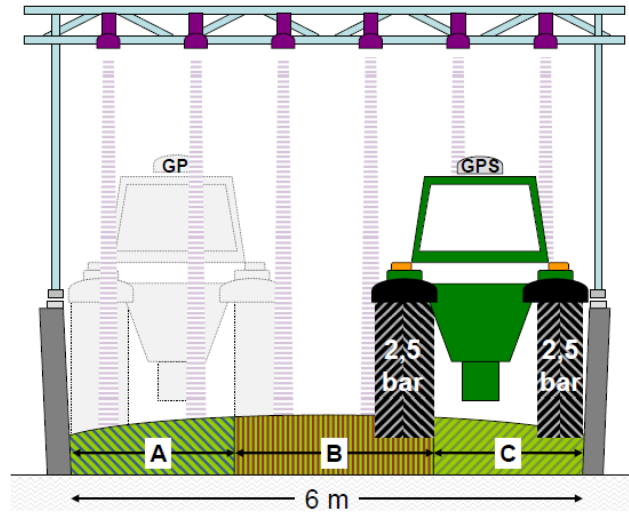
Tan ve ark. (2017b) saha koşullarında toprak üstü beton silolarda yaptıkları çalışmalarında, silo içerisinde ölçüm belirledikleri ölçüm noktalarında sıkıştırma ekipmanı ile materyale uygulanan sıkıştırma basıncını ölçmüşlerdir. Şekil 2.7' de siloda belirlenen ölçüm noktaları gösterilmiştir. Tabaka kalınlığı ile basınç arasında önemli bir ilişki saptamışlardır. Silonun ön bölgesinde sıkıştırma basıncının silonun orta ve arka bölgelerine oranla daha yüksek olduğunu, en düşük sıkıştırma basıncının silonun arka duvarına yakın bölgesinde olduğunu ölçmüşlerdir. Aynı zamanda silonun sağ duvar kenarında ölçülen basınç değerlerini merkez konum ve sol duvar konum hattına oranla yüksek değerde bulmuşlardır.



Şekil 2.7. Toprak üstü beton siloda belirlenen ölçüm noktaları

Tan ve ark. (2018) yaptıkları çalışmalarında, silolama sırasında uygulanan sıkıştırma basıncının silaj fermantasyonu arasında önemli bir ilişki belirlemişlerdir. Sıkıştırma basıncı ve pH değerleri arasında önemli bir korelasyon ($R^2=0.910$, $P<0.01$) bulunmuştur. Saptanan en düşük pH içeriği sıkıştırma basıncının yüksek olduğu bölgede saptanırken, en yüksek pH içeriği sıkıştırma basıncının düşük olduğu noktalarda bulunmuştur. Basınç ve sıcaklık değerleri arasında ($R^2=0.747$, $P<0.01$) seviyesinde korelasyon belirlemişlerdir.

Roy (2014) siloyu üç ayrı bölgeye ayırarak sıkıştırmanın etkisini incelemiştir. Sensörler ile tabaka kalınlığını ölçerek sıkıştırma sürelerini hesaplamıştır. Traktör lastiğinin sol tarafı standart tip lastik kullanırken (sol arka 650/65R38, sol ön 540/65R28), sağ tarafta ise ince (sağ arka 20.8R38, sağ ön 16.9R28) lastik kullanmıştır. A (1.89 m), B (2.11 m) ve C (1.77 m) olacak şekilde bölgeye ayırmıştır (Şekil 2.8). Sıkıştırmada 10.1 ton ağırlığında traktör kullanmıştır.



Şekil 2.8. Toprak üstü yığın tip siloda sıkıştırma

A, B ve C bölmelerinde silaj yoğunluğu arasında önemli bir fark saptayamamıştır. B bölgesindeki sıkıştırma süresi daha uzun süre olduğu halde bölgeler arasında önemli bir fark saptamamıştır. Gerek uzun sıkıştırma süresi gerek daha küçük lastik kullanımının silaj yoğunluğu üzerinde belirgin etkisi bulunmamıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemeler, Banarlı/Tekirdağ' da özel bir hayvancılık işletmesinde yürütülmüştür. Silolamak amacıyla bölgede kullanımı yoğun olan silajlık mısır hasadı yapılarak, hasıl mısır toprak üstü yığın siloda silolanmıştır. Çalışmalar, 25 Ekim 2018 tarihinde ikinci ürün mısır hasadında yürütülmüştür.

3.1. Toprak Üstü Yığın Silo

Silaj, bölgede yoğun olarak toprak üstü beton silolarda yapılmıştır. Silo yapım masrafının olmaması nedeniyle toprak üstü yığın silolama, özellikle küçük işletmelerde halen tercih edilmektedir. Bu tip silolamada; kıyılarak silajlık hasat edilen materyal, temizlenen ve sertleştirilen toprak zemine serilen saman üzerine dökülerek sıkıştırılmıştır. Sıkıştırma ekipmanı olarak traktör kullanılmıştır. Şekil 3.1' de denemelerin yürütüldüğü toprak üstü yığın silo gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Denemelerin yürütüldüğü toprak üstü yığın silo

Silolama öncesi toprak zemin temizlenerek, zemin üzerine saman yayılmıştır. Hâsıl mısır oluşturulan bu zemin üzerinde sıkıştırılarak silolanmıştır. Çalışmamızda arkadan öne dolum tekniği kullanılmıştır. Silolama kuzey bölgeden (A Bölgesi'nde) başlayarak sırası ile B ve C Bölgelerinde katmanlar halinde yapılmıştır. Çalışmalar ikinci ürün mısır silajında yürütülmüştür. Silajlık kıyılan mısır siloya döküldükten sonra ölçüm noktalarına denk gelen konumlara basınç ölçüm sensörleri ve sıcaklık sensörleri yerleşimi de aynı anda yapılarak silolamaya devam edilmiştir. Yerleştirilen ölçüm sensörleri aynı anda ölçüme başlamış ve ölçümler bilgisayar tarafından anlık olarak kaydedilmiştir.

Toprak üstü yığın silonun boyutları, işletme koşullarına göre değişkenlik göstermektedir. Denemede oluşturulan toprak üstü yığın silonun boyutları en 4.5 m, uzunluk 16 m ve 1.35 m yüksekliğe sahiptir.

Siloda materyal 4.4 ton ağırlığı sahip tek traktör kullanılarak sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılan materyalin üzeri düşük yoğunluklu polietilen plastik ile kapatılarak örtülmüştür.

3.2. Denemede Kullanılan Silajlık Mısır

Denemelerde silaj verimi yüksek, bölgede kullanım oranı yaygın bir çeşit olan Pioneer silajlık mısır çeşidi kullanılmıştır. İkinci ürün olarak silajlık mısır hasadı % 38 kuru madde içeriğinde yapılmış ve aynı gün silolama işlemi tamamlanmıştır. Mısır çeşidine ilişkin genel özellikler Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Ham materyale ilişkin özellikler (Anonim 2016)

Pioneer P2948W	
Yeşil ot verimi (Kg/da)	7124.1
Kuru ot verimi (Kg/da)	2567.1
Ham selüloz (%)	16.3-20.1
NDF (%)	50.1-62.5
ADF (%)	35.2-37
ADL (%)	5.2-9.8

3.3. Denemede Kullanılan Silaj Makinesi

Silajlık mısır, Tek sıra Çelikel marka silaj makinesi kullanılarak hasat edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan silaj makinesi Şekil 3.2' de gösterilmiştir. Çalışmalarda kullanılan silaj makinesine ilişkin teknik özellikler Çizelge 3.2' de verilmiştir.



Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan silaj makinesi

Çizelge 3.2. Denemelerde kullanılan silaj makinesine ilişkin teknik özellikler

Özellikler	
Uzunluk	240 cm
Genişlik	235 cm
Yükseklik	320 cm
Katlanmış yükseklik	195 cm
Ağırlık	550 kg
Güç gereksinimi	40 HP
Atıcı palet sayısı	6 Adet
Parçalayıcı bıçak sayısı	12 Adet
Tekerlek opsiyonları	16x6,50-8 (170/60-8)
PTO devri (d/dk.)	540 dev/dak
Parçalanma motoru	5 mm - 15 mm
İş kapasitesi	15-20 Ton/saat
İş genişliği	50 cm Tek Sıra

3.4. Sıkıştırma İşlemi İçin Kullanılan Ekipman

Siloya silajlık materyalin sıkıştırılmasında kullanılan ekipmana ilişkin resim Şekil 3.3' de, ekipmana ilişkin teknik özellikler Çizelge 3.3' de verilmiştir.



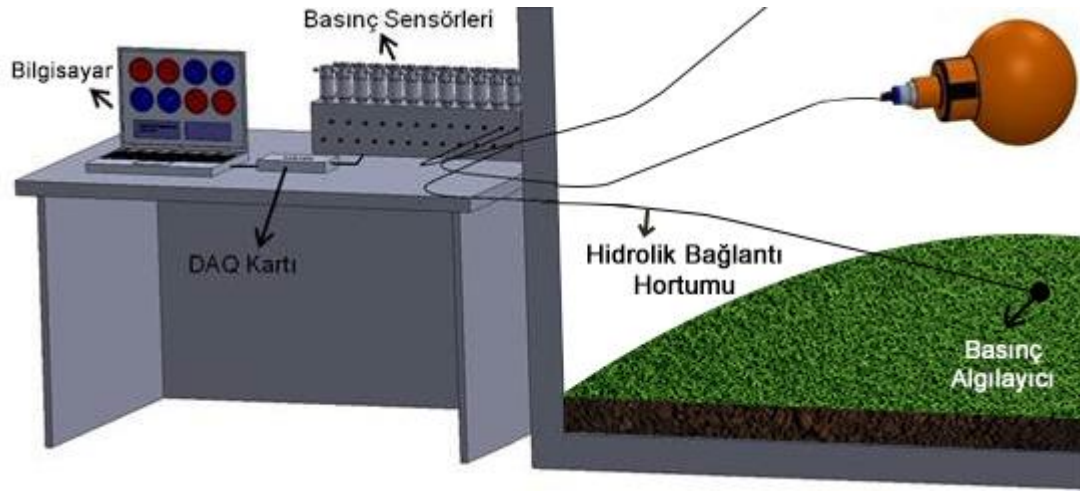
Şekil 3.3. Denemelerde kullanılan sıkıştırma ekipmanı

Çizelge 3.3. Denemelerde kullanılan sıkıştırma ekipmanına ilişkin teknik özellikler

Model	John Deere 6230
Normal güç	100 HP (74 kW)
Azami güç	107 HP (79 kW)
Motor devri	2300 rpm
Mak. tork	416 Nm
PTO	540 d/d
Yüksüz ağırlık	4390 Kg
Azami yüklü ağırlık	8000 Kg
Genişlik x yükseklik x uzunluk	2275mm x 2714mm x 4289mm
Ön lastik ölçüleri	380/85R24
Arka lastik ölçüleri	420/85R38
Ön lastik basıncı	2,0 bar
Arka lastik basıncı	2,3 bar

3.5. Basınç Ölçüm Yöntemi

Siloda sıkıştırma ekipmanı tarafından materyale uygulanan sıkıştırma basıncının saptanabilmesi amacıyla basınç ölçüm sistemi kullanılmıştır. Basınç ölçüm sistemi, yığın materyallerde basınç ölçümü yapabilmek amacıyla geliştirilmiştir (Tan ve ark. 2017a). Denemede kullanılan basınç ölçüm sistemine ilişkin resim Şekil 3.4' de verilmiştir.



Şekil 3.4. Basınç ölçüm sistemi

Basınç ölçüm sistemi;

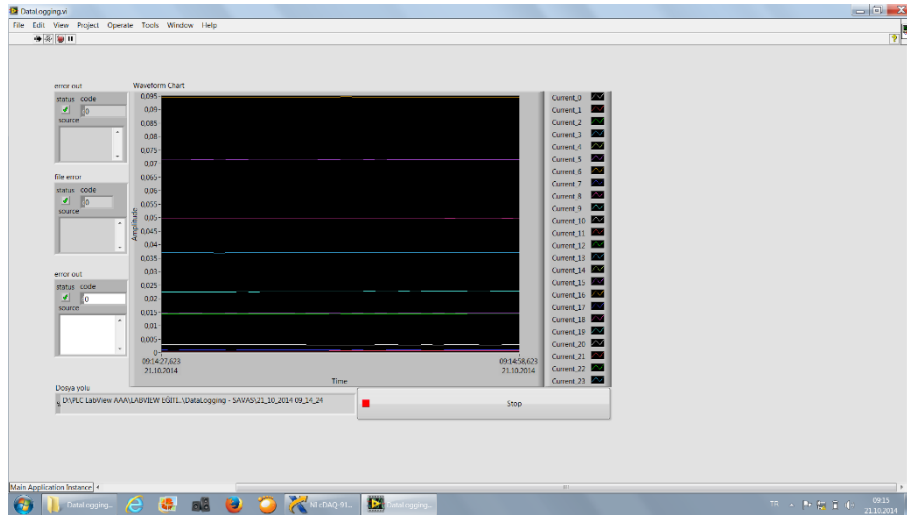
- Basınç algılayıcı kauçuk küreler,
- Hidrolik hortum bağlantısı,
- Basınç sensörleri,
- Veri toplama-kayıt depolama ve
- Bilgisayar dan oluşmaktadır.

Traktör lastik basınçları genelde 2-2.5 bar arasında kullanılmıştır. Bu nedenle sensör kapasiteleri traktör lastik basıncını ölçebilecek kapasitedir.

Basınç algılayıcı kauçuk küreler, esnek yapıdaki kürelerdir. Silaj ile çevrelendiği için üzerinde oluşan toplam basıncı yön gözetmeksizin sensörlere iletebilecek yapıdadır (Turner ve Raper 2001).

Kullanılan hidrolik hortumlar 10 bar basınca kadar uygulamalara dayanabilecek yapıdadır. Bu hortumlar kolay bağlantı kaplinleri ile sensörlere bağlanmaktadır. Hidrolik olarak çalışan sistemde basınç iletimi için su kullanılmıştır (Turner ve Raper 2001, Tan ve ark. 2017a).

Basınç sensörleri 4 bar kapasitelidir. Veri toplama ve depolama sisteminde Labview görsel programlama dili ile yazılan veri toplama programı kullanılmıştır. Veriler bir dizüstü bilgisayara yüklenerek Excel formatında depolanmıştır. Şekil 3.5’de denemelerde kullanılan veri toplama programı ara yüzü görülmektedir.



Şekil 3.5. Veri toplama programı arayüzü

Ölçüm süresince verileri kayıt etmek için notebook bilgisayar bağlantısı yapılarak kullanılmıştır.

Basınç ölçümü için, önceden belirlenen ölçüm noktalarına algılayıcılar yerleştirilmiştir. Yığın materyal arasına yerleştirilen basınç algılayıcılar hidrolik hortumlar ile basınç sensörlerine bağlanarak sıkıştırma işlemi süresince uygulanan sıkıştırma basıncı ölçülmüştür.

3.6. Basınç Ölçümlerinin Yapılması

Silo içerisinde basınç ölçümlerinin yapılabilmesi için, silolama aşaması sırasında basınç algılayıcı küreler katmanlar arasında daha önceden belirlenen ölçüm noktalara yerleştirilmiştir.

Basınç ölçüm sisteminin veri kayıt ve depolama ünitesi ölçümlerin doğru alınabilmesi için mümkün olduğu kadar siloya yakın konumlandırılmıştır. Siloda arkadan öne doğru dolum tekniği uygulanmıştır. Kullanılan dolum tekniğine bağlı olarak aşama aşama materyalin içerisine basınç algılayıcı küreler yerleştirilerek veri ölçümü ve veri kaydı başlatılmıştır. Ölçümler tüm silolama aşaması süresince kaydedilmiştir. Fermantasyon sürecinde basınç ölçümlerinin kaydı alınmamıştır. Şekil 3.6' da ölçümlerin yapımına ilişkin bir resim görülmektedir.



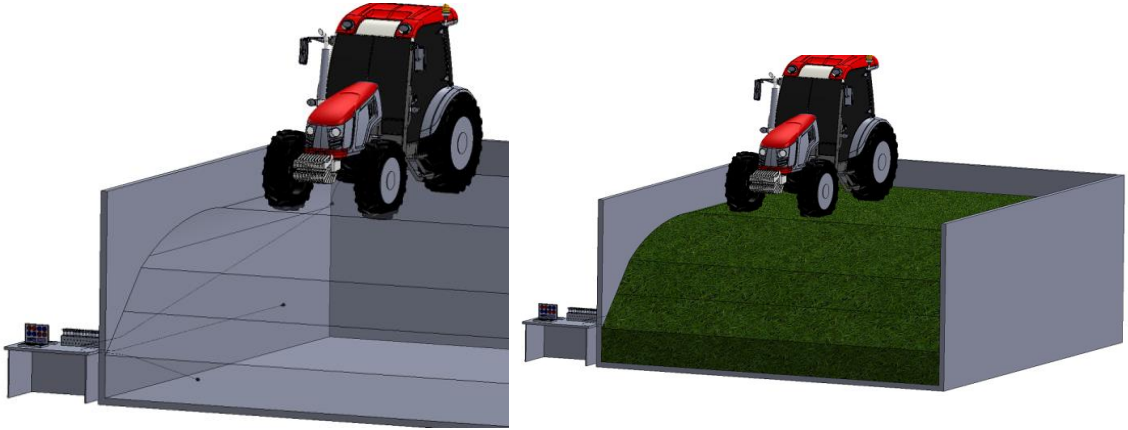
Şekil 3.6. Toprak üstü yığın siloda basınç ölçüm çalışmaları

Basınç algılayıcı küreler, silaj gibi yığın materyallerde üzerine her yönden gelen kuvveti algılayarak basınç sensörlerine toplam kuvveti iletebilmektedir. Materyale uygulanan sıkıştırma kuvveti, tekerleklerin algılayıcı küre üzerinde olduğu veya olmadığı tüm zamanları ekrana iletebilmektedir. Bu şekilde traktörün hareketi, geçiş sayıları, geçiş süresinde uyguladığı sıkıştırma basıncı ve materyal üzerinde kalan toplam sıkıştırma basınçları net olarak görülebilmektedir. Şekil 3.7' de bağlantıları yapılmış olan basınç algılayıcı kauçuk kürelerin silaj materyal içerisine yerleştirilmesine ilişkin resim görülmektedir.



Şekil 3.7. Basınç algılayıcı kauçuk kürelerin materyal içerisine yerleştirilmesi

Basınç ölçüm sisteminin kullanımına ilişkin genel şematik görünüş Şekil 3.8 ' de verilmiştir (Tan ve ark. 2017b).



Şekil 3.8. Basınç ölçümüne ilişkin şematik görünüş

3.7. Ölçüm Sisteminin Kalibrasyonu

Araştırmada kullanılan basınç ölçüm sisteminin güvenilirliğini belirlemek amacıyla kalibrasyon çalışmaları yapılmıştır.

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 yüklenme veya yüklenme azalması durumunda oluşan değişimin belirlenmesinde hysteresis

yöntemi kullanılmıştır. Tekrarlı yüklenmelerde ölçüm değerlerindeki sapmaların belirlenmesinde ise tekrarlı ölçüm deneyleri yapılmıştır.

Deneylede seçilen yük değerleri saha koşullarında karşılaştırılması olası yükler ve sensör kapasiteleri dikkate alınarak seçilmiştir. Kalibrasyon çalışmaları esnasında sistemde kullanılan ölçüm noktası uzaklıklarının ölçüm hassasiyetine etkilerinin saptanabilmesi amacı ile 1, 5 ve 10 metrelik ölçüm mesafeleri için kalibrasyon eğrileri oluşturulmuştur. Bu mesafeler ölçüm noktalarının ölçüm sistemi kontrol ünitesine olan uzaklıklarına göre belirlenmiştir (Tan ve ark. 2018).

3.7.1. Hysteresis

Basınç sensörleri üzerinde, dinamik koşullarda yüklenme, yük etkisinin azalması veya ortadan kalkması durumunda, kuvvet değerlerindeki değişimin saptanması amacı ile uygulanan yöntemdir. Bu amaçla sensörler üzerine yükleme ve geri yükleme yapılmıştır. Yükleme amacıyla her bir basınç sensörü için üzerine 2 kg ağırlığındaki yükleme sepetine 1 kg artış değeri ile 6 kg'a kadar yükleme yapılmış ve yine 1kg'lık azalış değerleri ile yük azalması yapılarak geri yükleme koşulu sağlanmıştır. Statik koşullarda yapılan bu deneme ile dinamik koşullarda oluşabilecek yük değişiminin hücreler üzerindeki etkisi saptanmıştır (Dalmış 2006, Akıncı 1994).

3.7.2. Tekrarlı Ölçüm

Basınç ölçüm sensörleri tekrarlı yüklenme koşullarında kuvvet değişim oranının saptanması için, çok tekrarlı olarak sabit yük etkisi altında bırakılmıştır. Sabit yük değeri 1 kg'dır (Dalmış 2006, Akıncı 1994).

3.8. Sıcaklık Ölçümü

Sıcaklık, silolama sonrası başlayan fermantasyon aşaması sürecinde silaj kalitesini etkileyen önemli bir parametredir. Silo içi oluşan yüksek sıcaklıklar fermantasyon gelişiminin sağlıklı olmasına dolayısı ile kalite sınıfı oldukça düşük niteliksiz yemlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu anlamda silo içi sıcaklık değişimi oldukça önemlidir.

Sağlıklı fermantasyon gelişimi ve kaliteli silaj yemler için silo içerisindeki sıcaklık değerlerinin 15-25 °C arasında olması istenmektedir. Sıcaklığın 35-40 °C' lere çıkması ise siloda

fermantasyonun yolunda gitmediğinin bir işareti olarak ifade edilmektedir. Sıcaklığın yüksek olması fermentasyon seyrinin bozulmasına, silaj yemin kalitesinin bozulması ve yüksek oranda besin madde kaybına sebep olacağından belirlenmesi gereken önemli bir parametredir. Silo içi sıcaklık değişiminin sıkıştırma uygulamaları ile ilişkili olduğu bilindiğinden silo içerisinde sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Sıcaklık ölçüm sensörleri de basınç algılayıcıların yakınına yerleştirilerek, basınç ile sıcaklık arasındaki değişimin gözlenmesi amaçlanmıştır.

Bu nedenle çalışmada, basınç ölçüm noktalarına sıcaklık sensörleri de yerleştirilerek, sıcaklık ölçümleri de yapılmıştır. Sıcaklık ölçümleri silo içerisinde farklı noktalarda fermentasyon süresince kontrol edilmiştir. Silo içi sıcaklık ölçümleri Hobo E-348-UA-002-08 model sıcaklık sensörleri kullanılarak yapılmıştır. Basınç sensörleri ile birlikte Silo içerisine yerleştirilen bu sensörler silaj açılana kadar silo içerisinde sıcaklık verilerini toplamaya devam ettirilmiştir (Tan ve ark. 2018). Şekil 3.9' da sıcaklık ölçüm sensörünün resmi gösterilmiştir. Çizelge 3. 4'de sıcaklık sensörüne ilişkin teknik özellikler verilmiştir.

Şekil 3.9. Denemelerde kullanılan su geçirmez Hobo marka sıcaklık dataloggeri



Çizelge 3.4. Sıcaklık sensörüne ilişkin teknik özellikler

Sıcaklık ölçüm aralığı	-20° ile 70°C (-4° ile 158°F)
Derinlik	30 m
Ağırlık	18 g
Boyut	58 x 33 x 23 mm
Hafıza	8K bytes

3.9. Denemelerin Yürütülmesi

Siloda, arkadan öne doğru silolama tekniği kullanılmıştır. Kıyılmış mısır, siloya getirilerek tabaka halinde yayılarak dökülmüştür. Basınç ve sıcaklık ölçüm sensörlerinin bir araya getirilmesi ile ölçüm kitleri oluşturulmuştur. Şekil 3.10' da oluşturulan ölçüm kiti görölmektedir. Hazırlanan ölçüm kitleri, silonun açıldığı zaman kitlerinin kolay erişimini sağlaması açısından pratik bir uygulama kazandırmakta ve yanlışlıkla ölçüm sensörlerinin silaj materyale karışarak hayvanlara verilmesini önleme açısından da fark edilebilirlik kazandırması açısından uygun olmaktadır. Şekil 3.11' de Ölçüm kitinin silaj içerisine yerleştirilmesine ilişkin resim görölmektedir.



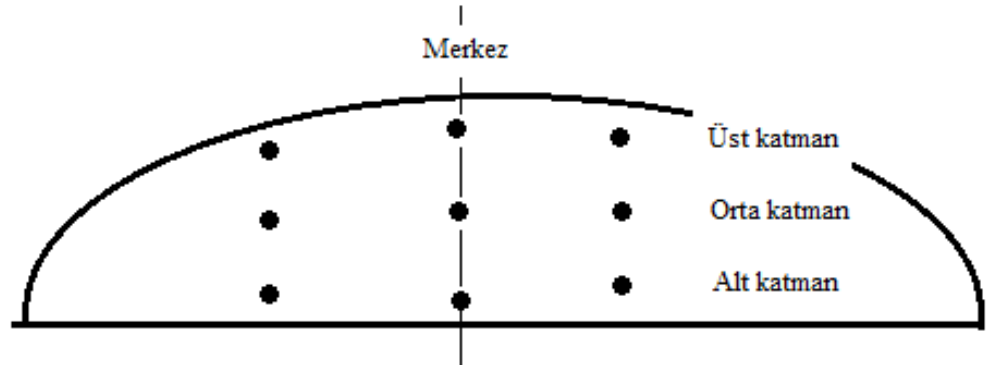
Şekil 3.10. Ölçüm kiti



Şekil 3.11. Ölçüm kitinin yerleştirilmesi

Ölçüm kitleri, silonun boyutlarına göre belirlenmiştir. Şekil 3.12' de belirlenen ölçüm noktaları görülmektedir. Ölçüm noktaları silonun boyutlarına göre (uzunluk x genişlik x yükseklik) homojenlik oluşturacak şekilde seçilmiştir. Silo 3 bölgeye ayrılmıştır. Ön bölge, orta bölge ve arka bölge. Her bölgede yan konumlar ve merkez nokta esas olmak üzere katmanda 3 nokta belirlenmiştir.

Silonun yüksekline bağlı olarak 3 farklı kısım alınmıştır. Bölge x konum x yükseklik olmak üzere toplamda en az 18 ölçüm noktasında çalışmalar yürütülecektir.



Şekil 3.12. Ölçüm noktaları

3.10. Besin Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Araştırmada silaj örneklerinde nem (%), kuru madde (KM) ve pH analizleri yapılmıştır.

3.10.1. Nem içeriğinin saptaması

Silajların nem içeriği (ASAE Standartds, 2002)' a göre yapılmıştır. Silaj materyali tepsiye boşaltılmış ve örnekler elle karıştırıldıktan sonra, her örnekten üçer adet olmak üzere, bir miktar silaj örneği alınmış ve alüminyum kurutma tabakları içine konmuştur. İçi silaj örneği dolu olan alüminyum kurutma tabakları 0,01 hassasiyetli terazide tartıldıktan sonra, kurutma fırınında 103°C, 24 saat etüvde kurutularak belirlenmiştir. Örnekler, hassas terazide tartılarak silajların nem içeriği Eşitlik (1)' e göre belirlenmiştir (Şekil 3.13).

$$\text{Nem Oranı (\%)} = \frac{\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}}{\text{Yaş Ağırlık}} \times 100$$

(1)



Şekil 3.13. Kuru madde analizi

3.10.2. Kuru madde içeriğinin saptanması

Silajların kuru madde oranları Akyıldız (1984) ve Ergül (1988)'e göre Eşitlik (2) kullanılarak yapılmıştır.

$$\text{Kuru madde oranı (\%)} = 100 - \text{Nem oranı (\%)} \quad (2)$$

3.10.3. pH içeriğinin saptanması

pH değeri, bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden bir ölçüdür. Açıkgöz ve ark. 2002' a göre "PEKİYİ" özellikte bir silajın pH değeri 3.5 ile 4.2 arasında olduğu belirtilmiştir.

Silaj yemlerin pH değerleri, Chen ve ark. (1994)'e göre yapılmıştır. Bunun için 10g silaj örneği bir behere konularak 0,01 hassasiyetteki terazide tartılmıştır. Örneğin üzerine 125 ml saf su ilave edilerek blendırda 5 dakika süre ile karıştırılıp homojenize edildikten sonra, karışımdan süzülerek 30 ml örnek alınmış ve alınan bu süzükte WTW İNOLAB marka dijital pH metre ile örneğin pH değeri ölçülmüştür. Şekil 3.14' de pH ölçümüne ilişkin resim gösterilmiştir.



Şekil 3.14. pH analizi

3.11. Zaman ölçümü

Silo içerisinde sıkıştırılma süreleri belirlenerek konum, bölge ve katmanlar arasındaki sıkıştırma için harcanan zaman dilimleri belirlenmiştir. Siloya yerleştirilen materyalin ezilmesi sıkıştırılması için harcanan zaman dilimleri BOS yardımıyla ölçülmüştür. Toplam sıkıştırma için harcanan süre hesaplanmıştır (Çizelge 3. 5).

Çizelge 3.5. Sıkıştırma sürelerinin belirlenmesine ilişkin zaman çizelgesi

	Zaman (Dakika)			
Katman	1	2	3	Toplam
Bölge	A	B	C	Toplam
Konum	A	B	C	Toplam
Genel Toplam				

3.12. İstatistiksel Analizler

Mısır silajında SPSS (18.0) istatistik paket programı kullanılarak sıkıştırma basıncı ile sıcaklık ve yemin niteliği arasındaki ilişkinin en uygun modeli saptanmıştır.

Ayrıca, silaj içinde oluşan farklı yoğunluklardaki bölgelerde sıcaklığın zamanla değişiminin önemli olup olmadığı ve bu değişimin sıkıştırma basıncıyla ilişkisi de regresyon analizi ile test edilmiştir (Soysal 2010).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Sıkıştırma basıncına ilişkin sonuçlar

Sıkıştırma basıncının ölçülmesi için toprak üstü beton silonun boyutlarına göre (uzunluk x genişlik x yükseklik) homojenlik oluşturacak şekilde ölçüm noktaları belirlenmiş ve o noktalara yerleştirilen basınç algılayıcılar ile kıyılmış hâsıl mısırın sıkıştırma süresince uygulanan basınçlar toplanarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada ölçülen veriler; bölge, konum ve yüksekliklere bağlı olarak değerlendirilmiştir.

4.1.1. Bölgelere göre sıkıştırma basıncının değişimi

Kuzey-Güney yönünde yapılan toprak üstü yığın silonun Kuzey bölgesi (A), orta bölgesi (B) bölgesi ve Güney bölgesi (C) olarak ifade edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Siloda bölgelerin konumu

Toprak üstü yığın siloda yapılan sıkıştırma basıncı ölçümlerinin bölgelere göre değişimleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bölgelere göre sıkıştırma basıncının değişimi

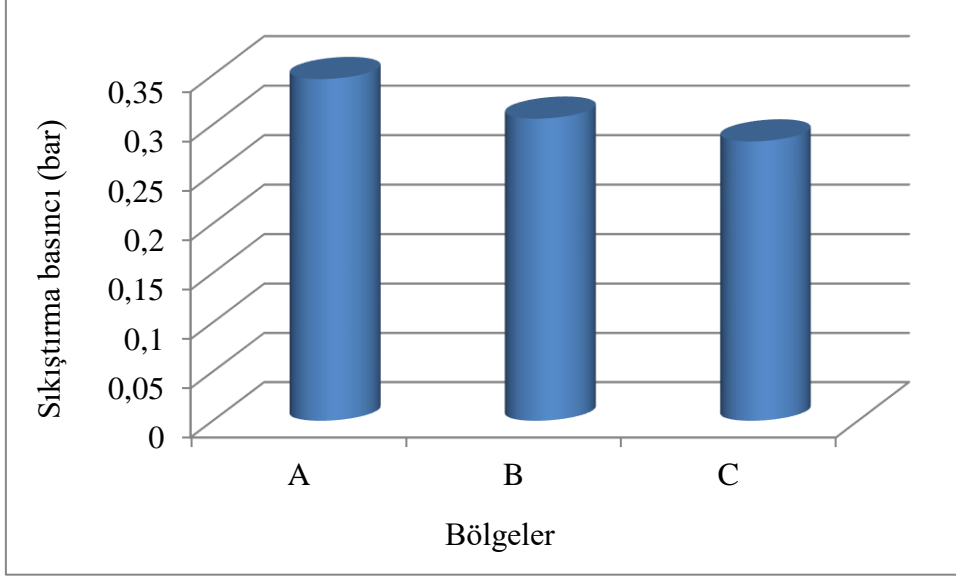
Bölge				
Katman	A	B	C	Ort.
Alt	0.42 bar	0.34 bar	0.31 bar	0.354 bar ^a
Orta	0.35 bar	0.30 bar	0.28 bar	0.307 bar ^{ab}
Üst	0.30 bar	0.26 bar	0.23 bar	0.263 bar ^b
Ortalama	0.354 bar ^a	0.296 bar ^b	0.274 bar ^b	

Çizelge 4.1' den de görüldüğü gibi silonun bölgelerine göre uygulanan sıkıştırma basıncı $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıkıştırma basıncı A bölgesinde (0.354 bar), en düşük ortalama sıkıştırma basıncı C bölgesinde (0.274 bar) ölçülmüştür. Silonun farklı bölgelerine uygulanan sıkıştırma kuvveti oldukça değişkenlik göstermektedir. Silonun B ve C bölgesi istatistiki açıdan benzer grupta olmuştur. A bölgesi silonun başlangıç bölgesi olup, traktörün en fazla zaman harcadığı bölge olduğu anlaşılmaktadır.

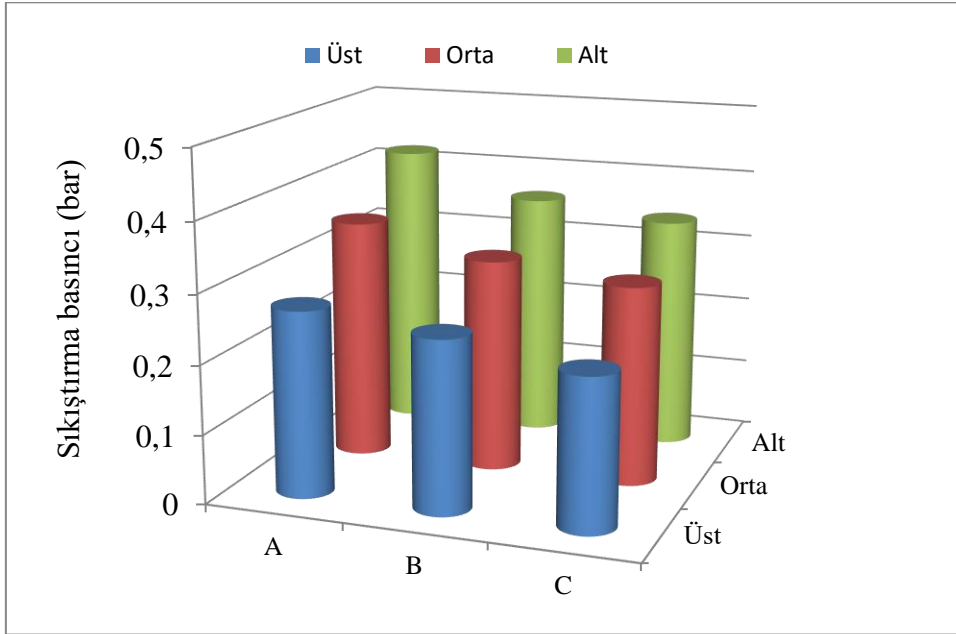
Silonun bölgelerine göre uygulanan sıkıştırma basıncı katmanlar arasında da $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En fazla sıkıştırma basıncı tüm bölgelerde alt katmanda ortalama 0.354 bar saptanırken, ortalama en düşük sıkıştırma basıncı ise 0.263 bar ile üst katmanda olmuştur. Orta katmanda saptanan ortalama sıkıştırma basıncı 0.307 bar istatistiki açıdan iki gruba da benzer aralıkta bulunmuştur.

Silonun sıkıştırılması için harcanan sıkıştırma süresi ve sıkıştırma kuvveti, silajı yoğunluğu ve silaj kalitesini de etkilemektedir. Yoğunluk sıkıştırmanın başlıca göstergesidir. Düşük yoğunluğa sahip silajlar düşük nitelikte yemlerdir. Bu nedenle sıkıştırma silaj kalitesi için büyük öneme sahiptir. Ancak, böyle ufak boyutlu silolarda bile sıkıştırma etkinliğinin oldukça değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Muck ve Holmes (2000) tarafından da silajda yoğunluğun çok değişken olduğu bildirilmiştir. Lastch (2014) silajlarda yaşanan bu heterojen yapının silaj kaliteleri ve silo yönteminin büyük problemler yarattığını ifade etmişlerdir. Aynı zamanda çalışmada Muck ve Holmes (2000) tarafından belirtildiği gibi üstten alt katmana gidildikçe sıkıştırma basıncı artmıştır.

Şekil 4.2' de bölgelere göre ortalama sıkıştırma basıncının değişimi görülmektedir. Şekil 4.3' de bölgelerde katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi verilmiştir. Bölgelerde katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi A bölgesinde % 35.72, C bölgesinde % 35.29 iken, B bölgesinde % 30.56 oranında değişiklik göstermiştir. En düşük değişim oranının B bölgesi olması, merkez olması nedeniyle açıklanabilmektedir.



Şekil 4.2. Bölgelere göre sıkıştırma basıncı



Şekil 4.3. Bölgelerde katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi

Şekil 4.3'den de görüldüğü gibi alt, orta ve üst katmanlar arasında sıkıştırma basıncı değişiklik göstermiştir. En yüksek sıkıştırma basıncı üç bölgede de alt katmanda ölçülmüştür. En düşük sıkıştırma basıncı ise üst katmanda bulunmuştur. D' Amours ve Savoie (2004) tarafından da benzer sonuçlar elde edilmiştir.

4.1.2. Konumlara göre sıkıştırma basıncının değişimi

Kuzey-Güney yönünde yapılan toprak üstü yığın silonun Doğu bölgesi (Sağ), merkez bölgesi (Orta) bölgesi ve Batı bölgesi (Sol) konum olarak ifade edilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Silo konumlarının gösterimi

Toprak üstü yığın siloda yapılan sıkıştırma basıncı ölçümlerinin konumlara göre değişimleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

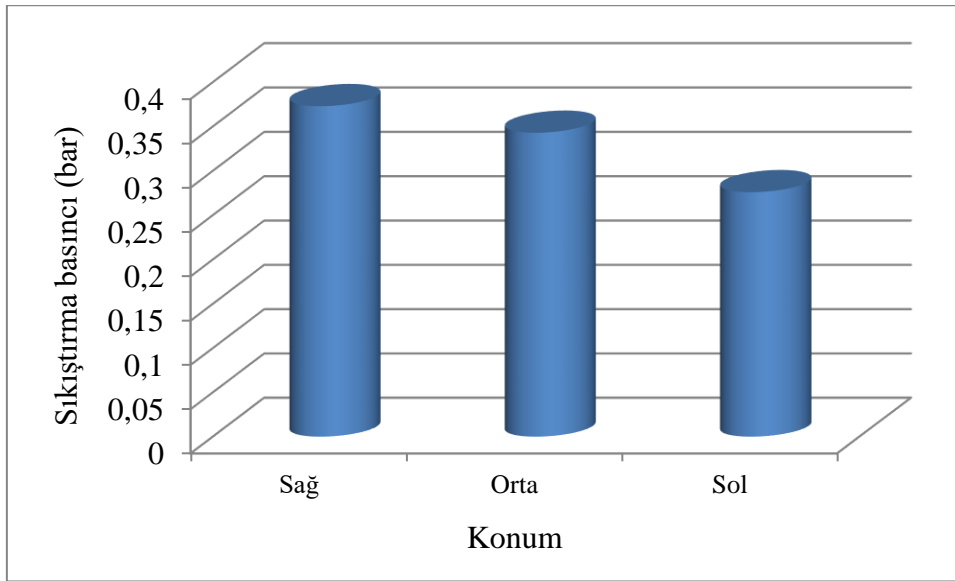
Çizelge 4.2. Konumlara göre sıkıştırma basıncının değişimi

Katman	Sağ	Orta	Sol	Ort.
Alt	0.41 bar	0.346 bar	0.31 bar	0.354 bar ^a
Orta	0.35 bar	0.30 bar	0.27 bar	0.307 bar ^b
Üst	0.29 bar	0.26 bar	0.24 bar	0.263 bar ^c
Ortalama	0.35 bar ^a	0.304 bar ^{ab}	0.271 bar ^b	

Çizelge 4.1' den de görüldüğü gibi silonun konumlarına göre uygulanan sıkıştırma basıncı $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıkıştırma basıncı silonun sağ konumunda, en düşük ortalama sıkıştırma basıncı ise silonun sol konumunda ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncı silonun farklı konumlarında da oldukça değişkenlik göstermiştir. Sol konum silonun barınağa yakın olan kesimidir. Bu nedenle traktör bu konum üzerinde rahat hareket kolaylığı sağlamaması nedeniyle bu konumun en düşük sıkıştırma basıncına sahip olduğu düşünülmektedir.

Silonun konumlarına göre uygulanan sıkıştırma basıncı katmanlar arasında da $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En fazla ortalama sıkıştırma basıncı tüm konumlarda alt katmanda 0.354 bar saptanırken, en düşük ortalama sıkıştırma basıncı üst katmanda 0.263 bar olarak ölçülmüştür.

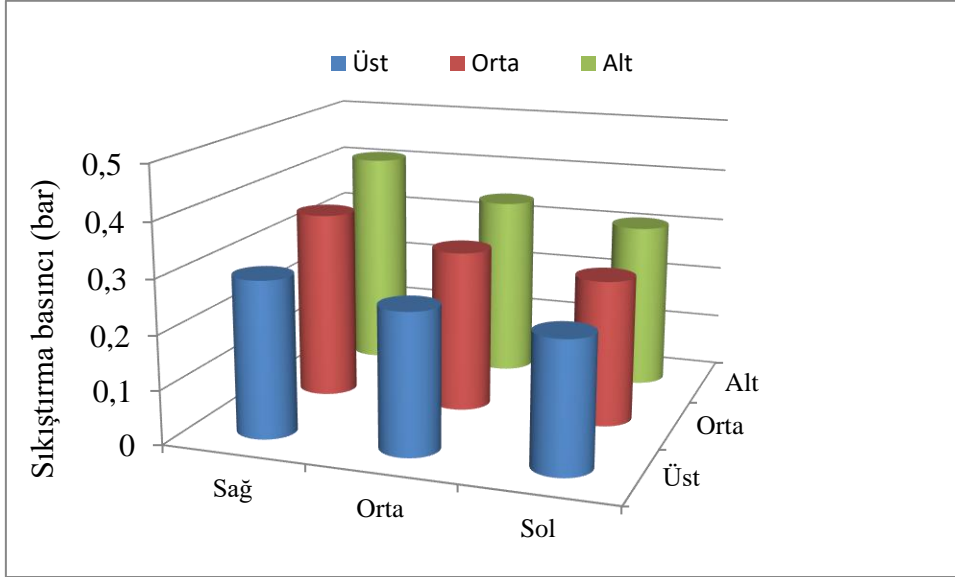
Şekil 4.5' de konumlara göre ortalama sıkıştırma basıncının değişimi görülmektedir. Şekil 4.6' da konumlarda katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi verilmiştir.



Şekil 4.5. Konumlara göre sıkıştırma basıncı

Konumlarda katmanlara göre hesaplanan sıkıştırma basıncının değişimi; sağ konumda % 19.52, merkez konumda % 23.68 iken, sol konumda % 28.13 oranında değişiklik göstermiştir. En düşük değişim oranının sağ konumda, en yüksek değişim oranı ise sol konumda hesaplanmıştır. Sol konumda yapılan sıkıştırma işleminin sağ konuma göre alt katmanda yaklaşık olarak % 22, orta katmanda %26.32 ve üst katmanda %30 farklılık olduğu düşünülürse,

üst katmanlara doğru gidildikçe sıkıştırma işleminin zorlaştığı ve materyale daha az sıkıştırma basıncının iletildiği görülmektedir.



Şekil 4.6. Konumlarda katmanlara göre sıkıştırma basıncının değişimi

Tan ve ark. (2018) toprak üstü beton siloda I. ürün mısır silajında yaptıkları çalışmalarında sıkıştırma basıncının konumlara göre değişkenlik gösterdiğini belirtmişlerdir. Sıkıştırma basıncı 0.28-0.37 bar arasında belirlemiştir. Bu çalışmada da 0.27 ve 0.35 bar arasında literatür değerlerine uygun sonuçlar elde edilmiştir. Toprak üstü yığın siloda ölçülen sıkıştırma basıncı değerleri toprak üstü beton siloda ölçülen değerlerden ortama %5.4 daha düşük olmuştur.

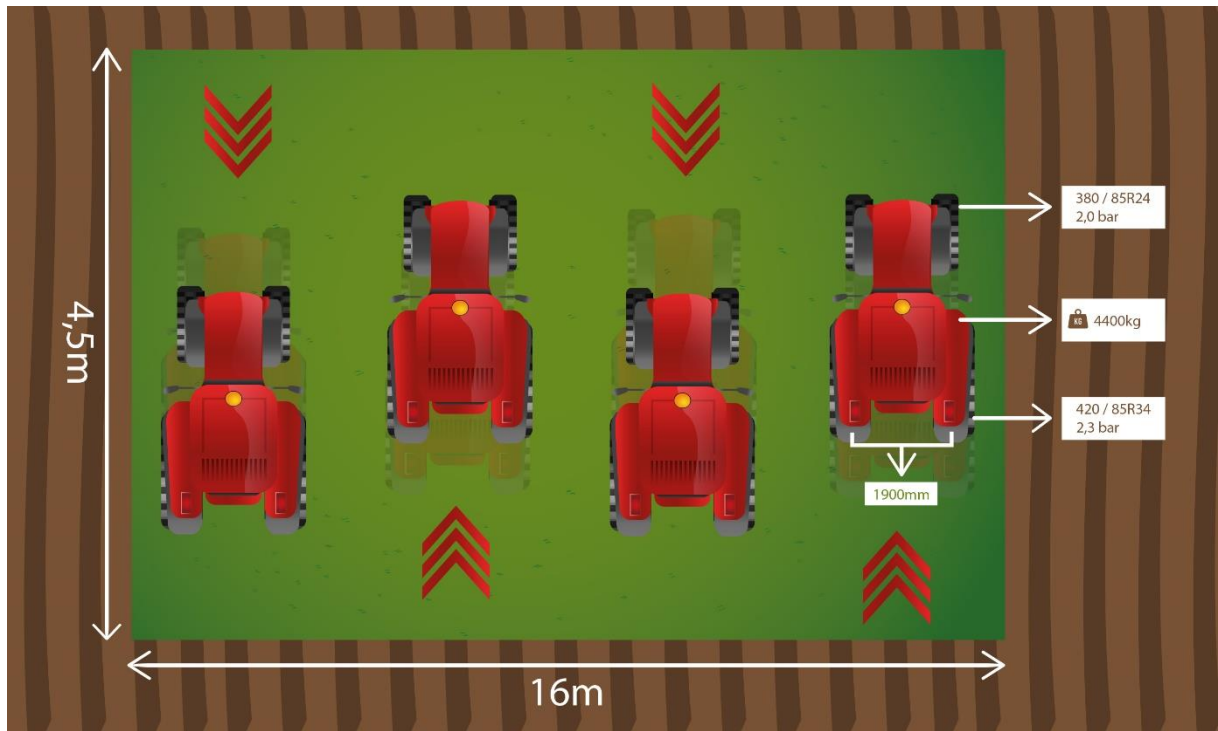
Tan ve Dalmış (2019) silonun alt katmanında en yüksek sıkıştırma basıncını 0.46 bar ölçtükleri noktada materyal yoğunluğunu 0.585 Kg/m^3 , sıkıştırma basıncını 0.38 bar ölçtükleri noktada materyal yoğunluğunu 0.384 Kg/m^3 olarak hesaplamışlardır.

Uygulanan sıkıştırma kuvveti ve sıkıştırma sürelerine bağlı olarak silo yönetiminin doğru yürütülmesi ile siloda materyale uygulanan sıkıştırma basıncı oldukça değişkenlik göstermektedir. Silo yönetimine bağlı olarak silaj kalitesi de doğal olarak iyileşmektedir.

4.2. Traktör ve sıkıştırma süresince traktörün izlediği rota

Çalışmada kullanılan traktör, bölgede üreticilerin genel anlamda sahip olduğu ve silolama çalışmalarında yoğun olarak kullandığı traktör ağırlığı ve gücüne sahiptir. Silolama çalışmalarında sıkıştırma işleminde kullanılan traktörlerin lastik basınçları dikkate alınmamakta ve genel olarak yüksek lastik basıncında kullanılmaktadır.

Traktör silonun ilk katmanından en üst katmanın da tamamlanmasına kadar olan silolama süresince sadece siloyu enlemesine olacak şekilde bir rota uygulayarak sıkıştırma işlemini uygulamıştır. Traktörün siloda sıkıştırma işlemi süresince uyguladığı rotayı gösterir şematik şekil, Şekil 4.7' de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Traktörün sıkıştırma periyodunda siloda uyguladığı rota

Traktör toprak üstü yığın silonun sıkıştırılmasında benzer rotayı takip etmesi, genel olarak silonun yapım yerinin yanlış tercih edilmesinden kaynaklanmaktadır. Silo ile barınak arasında bırakılan 1.05 metrelik mesafe traktörün hareket olanağını tamamen kısıtlayıcı olmuştur. Silonun sol konumu barınak duvarına yakın olan konum olup, sıkıştırma işleminde doğal olarak diğer konumlara göre en az sıkıştırma kuvvetinin iletildiği noktalar olmuştur. Tan ve Dalmış (2019) tarafından da benzer sonuçlar ifade edilmiştir. Silonun sağ konumu ise,

traktör tarafından üzerinde en fazla süre geçirdiği konum olup, sıkıştırma basıncının en yüksek olduğu konum olmuştur. Bu durum, silonun etkin şekilde sıkıştırılmasının sağlanabilmesi için silonun yönünün ve yapıldığı yerin seçiminin oldukça önemli olduğunu da göstermektedir.

4.3. Sıcaklık ölçümlerine ilişkin sonuçlar

Silo içerisinde tanımlanan ölçüm noktalarına yerleştirilen sıcaklık sensörleri ile sıcaklık ölçümleri 1/10 dakikada bir alınarak silo açım süresince ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklık verileri bölgelere, katmanlara ve yüksekliklere bağlı olarak değerlendirilmiştir.

4.3.1. Bölgelere göre sıcaklık (°C) değişimi

Siloda yapılan sıcaklık ölçümleri silolama aşaması, fermantasyon aşaması ve açım aşaması olarak değerlendirilmiştir.

Toprak üstü yığın siloda silolama periyodu ve fermantasyon periyodu süresince silonun bölgelerine göre ölçülen ortalama sıcaklık değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Silolama aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi Şekil 4.8' de, fermantasyon aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi ise Şekil 4.9' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.3' den de görüldüğü gibi silonun tanımlanan bölgelerinde ölçülen sıcaklık değerleri silolama aşaması için $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıcaklık silolama aşamasında A bölgesinde $12.7\text{ }^{\circ}\text{C}$, en düşük ortalama sıcaklık değeri C bölgesinde $10.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının yüksek olarak saptandığı bölgelerde sıcaklığın daha yüksek olduğu görülmektedir.

Silonun fermantasyon aşamasında ölçülen sıcaklık değerleri benzer süreci devam ettirmektedir. Silonun tanımlanan bölgelerinde ölçülen sıcaklık değerleri $P < 0.05$ seviyesinde fermantasyon süreci için de önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıcaklık fermantasyon aşamasında A bölgesinde $24.1\text{ }^{\circ}\text{C}$, en düşük ortalama sıcaklık değeri C bölgesinde $21.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Araştırmada saptanan değerler Kung (2011) ve Tan ve ark. (2017a) tarafından saptanan değerler aralığında ölçülmüştür. Ölçülen sıcaklık değerleri, Tan ve ark (2017a) tarafından belirtildiği gibi sıcaklık değerleri bölge ve konumlara göre değişkenlik

göstermiş olup, uygulanan sıkıştırma kuvvetine bağlı olarak da bizim çalışmamızda olduğu gibi artan sıkıştırma basıncı ile birlikte sıcaklık değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir.

Sıcaklık, silaj kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir. Silo içi sıcaklığının optimal 15-25 °C olması ideal bir durumdur. Sıcaklığın 35-40 °C' ye çıkması ise siloda fermantasyonun yolunda gitmediğinin bir işaretidir ve böyle bir yemde yüksek oranda enerji ve besin madde kaybı beklenilmelidir.

Ölçümlerin yapıldığı toprak üstü yığın siloda; silolama aşamasında ve fermantasyon aşaması sırasında silo içi sıcaklık değerleri silonun tüm bölgelerinde istenen sıcaklık değerleri arasında değişmiştir. Silo sıcaklığı sıkıştırma basıncının en yüksek ölçüldüğü A bölgesinde en yüksek sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının düşük olduğu C bölgesinde ise ölçülen en düşük sıcaklık değerleri görülmüştür. Sıcaklık dağılımları fermantasyon süresince de benzer eğilimi sürdürmeye devam etmiştir.

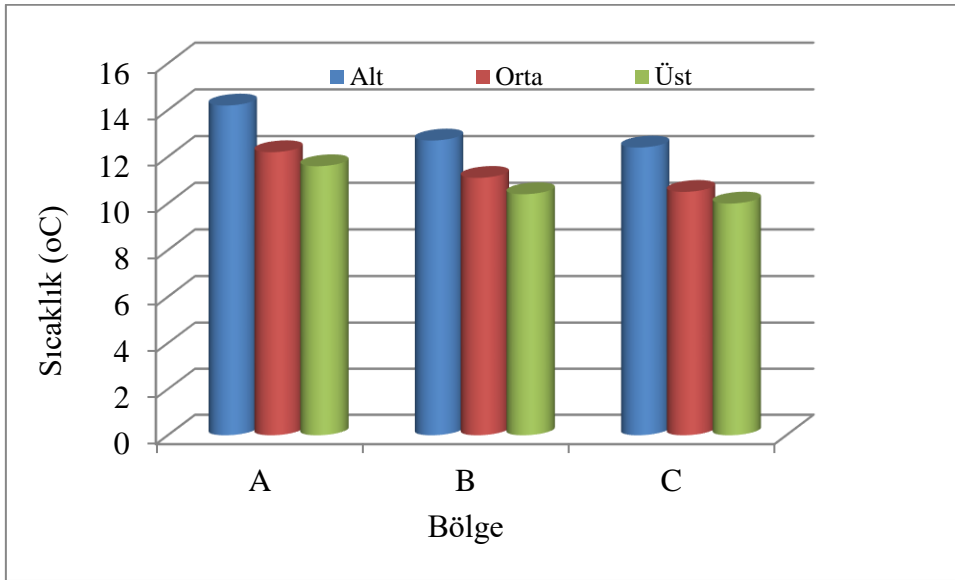
Çizelge 4.3. Bölgelere göre sıcaklık (°C) değişimi

Katman	A	B	C	Ort.
Silolama aşamasında				
Alt	14.2	12.7	12.4	13.12 ^a
Orta	12.2	11.1	10.5	11.28 ^b
Üst	11.6	10.4	10.0	10.71 ^b
Ortalama	12.7 ^a	11.4 ^{ab}	10.9 ^b	
Fermantasyon aşamasında				
Alt	25.2	24.6	23.1	24.3 ^a
Orta	24.4	22.1	21.6	22.5 ^b
Üst	22.8	21.5	21.1	21.1 ^c
Ortalama	24.1 ^a	22.7 ^b	21.6 ^c	

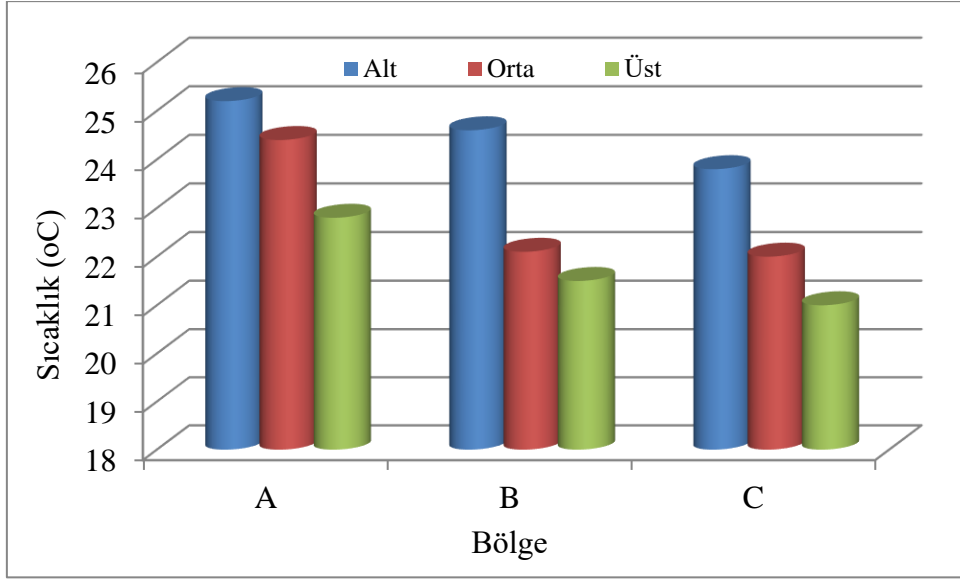
Çizelge 4.3' den de görüldüğü gibi siloda tanımlanan farklı katmanlarda ölçülen sıcaklık değerleri silolama aşaması için P<0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama

sıcaklık silolama aşamasında alt katmanda 13.12 °C, en düşük ortalama sıcaklık değeri üst katmanda 10.71 °C olarak ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının yüksek olarak saptandığı katmanlarda sıcaklığın daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık üst katmandan alt katmana doğru gittikçe artış göstermiştir.

Silonun fermantasyon aşamasında katmanlar arasında ölçülen sıcaklık değerleri silolama aşamasına benzer süreci devam ettirmektedir. Silonun farklı katmanlarında fermantasyon aşamasında ölçülen sıcaklık değerleri $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Fermantasyon aşamasında katmanlara göre en yüksek ortalama sıcaklık değeri 24.3 °C ile alt katmanda ölçülürken, en düşük ortalama sıcaklık değeri üst katmanda 21.1 °C olarak ölçülmüştür. Ölçülen en yüksek sıcaklık değeri 25.2 °C olup, Tan ve ark. (2017a) tarafından ölçülen değerlerden (29.26 °C) daha küçük ölçülmüştür.



Şekil 4.8. Silolama aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi



Şekil 4.9. Fermantasyon aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi

4.3.2. Konumlara göre sıcaklık (°C) değişimi

Toprak üstü yığın siloda silolama periyodu ve fermantasyon periyodu süresince silonun konumlara göre ölçülen sıcaklık değerleri ortalamaları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Silolama aşamasında konumlara göre sıcaklık değişimi Şekil 4.10' da, fermantasyon aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi ise Şekil 4.11' de gösterilmiştir.

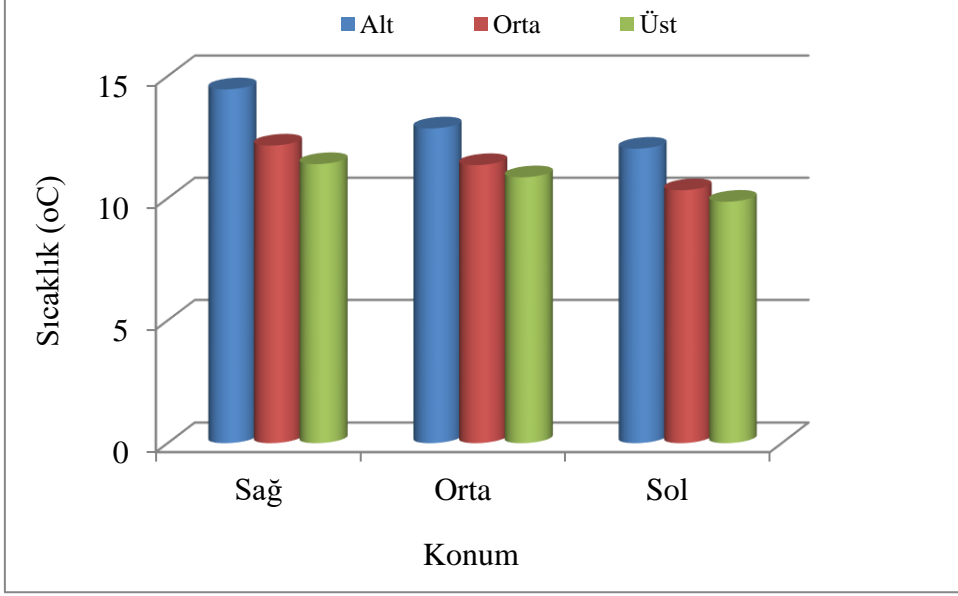
Çizelge 4.4. Konumlara göre sıcaklık (°C) değişimi

Katman	Sağ	Orta	Sol	Ort.
Silolama aşamasında				
Alt	14.46	12.86	12.03	13.12 ^a
Orta	12.16	11.36	10.33	11.28 ^b
Üst	11.4	10.86	9.86	10.71 ^b
Ortalama	12.67	11.7	10.74	11.71
Fermantasyon aşamasında				
Alt	25.26	24.33	23.46	24.35 ^a
Orta	23.56	22.6	21.26	22.47 ^b
Üst	22.33	21.0	20.0	21.11 ^c
Ortalama	23.72 ^a	22.64 ^{ab}	21.57 ^b	22.65

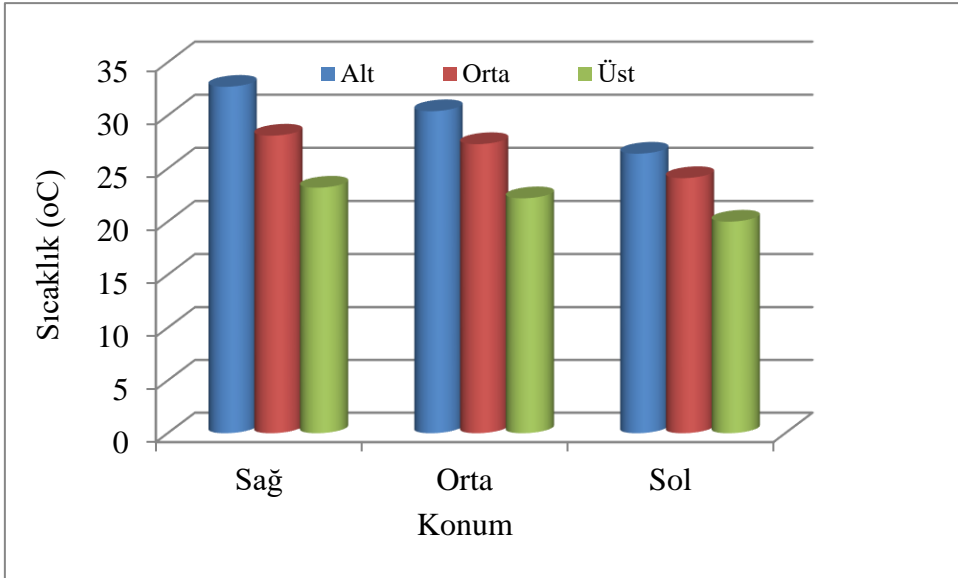
Çizelge 4.4' den de görüldüğü gibi silonun tanımlanan konumlarında ölçülen sıcaklık değerleri silolama aşaması için $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıcaklık silolama aşamasında sağ konumda 12.67 °C, en düşük ortalama sıcaklık değeri sol konumda 10.74 °C olarak ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının yüksek olarak saptandığı bölgelerde sıcaklığın daha yüksek olduğu görülmektedir.

Siloda tanımlanan farklı katmanlarda ölçülen sıcaklık değerleri silolama aşamasında katmanlara göre $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek sıcaklık silolama aşamasında alt katmanda 14.46 °C, en düşük ortalama sıcaklık değeri üst katmanda 9.86 °C

olarak ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının yüksek olarak saptandığı katmanlarda sıcaklığın daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık üst katmandan alt katmana doğru gittikçe artış göstermiştir.



Şekil 4.10. Silolama aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi



Şekil 4.11. Fermantasyon aşamasında bölgelere göre sıcaklık değişimi

Silonun fermantasyon aşamasında ölçülen sıcaklık değerleri benzer süreci devam ettirmektedir. Silonun tanımlanan konumlarında ölçülen sıcaklık değerleri $P<0.05$ seviyesinde fermantasyon süreci için de önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıcaklık fermantasyon aşamasında sağ konumda $23.72\text{ }^{\circ}\text{C}$, en düşük ortalama sıcaklık değeri sol konumda $21.57\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

Siloda konumlara göre sıcaklık dağılımları incelendiğinde; silolama aşaması ve fermantasyon aşaması sırasında silo içi sıcaklık değerlerinin silonun tüm bölgelerinde istenen sıcaklık değerleri arasında değiştiği ve fermantasyon için olumsuz sayılan sıcaklık değerlerine ($>35\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$) artış olmadığı görülmektedir. Fermantasyon aşamasında ölçülen en yüksek sıcaklık değeri $42.06\text{ }^{\circ}\text{C}$ olmuştur. Bu sıcaklık aralığı kısa süre devam ederek ortalama $24.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklıklarına inmiştir. Siloda sıcaklık ölçümlerinde sabah 06.00 ve 10.00 saatleri arası en yüksek sıcaklık değerleri görülmüştür.

Silo sıcaklığı sıkıştırma basıncının en yüksek ölçüldüğü sağ konumda en yüksek sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının düşük olduğu silonun sol konumunda ise en düşük sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Sıcaklık dağılımları fermantasyon süresince yükselmesine rağmen benzer eğilimi sürdürmeye devam etmiştir.

Siloda tanımlanan farklı katmanlarda ölçülen sıcaklık değerleri fermantasyon aşamasında katmanlara göre $P<0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek sıcaklık alt katmanda $25.26\text{ }^{\circ}\text{C}$, en düşük ortalama sıcaklık değeri üst katmanda $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının yüksek olarak saptandığı katmanlarda sıcaklığın daha yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık üst katmandan alt katmana doğru gittikçe artış göstermiştir.

4.3.3. Fermantasyon dönemi sonrası sıcaklık değişimi

Toprak üstü yığın siloda fermantasyon periyodu sonrasında silonun farklı bölgelerinde ölçülen sıcaklık değerleri ortalamaları Çizelge 4.5'de, konumlara göre ölçülen sıcaklık değerleri ortalamaları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Fermantasyon aşaması sonrasında açım periyoduna kadar olan sürede silonun farklı bölgelerinde ölçülen sıcaklık değişimleri Şekil 4.12' de, silonun farklı konumlarında ölçülen sıcaklık değişimleri ise Şekil 4.13' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Bölgelere göre sıcaklık (°C) değişimi

Katman	A	B	C	Ort.
Alt	9.2	11.5	25.4	15.36
Orta	8.3	10.7	21.5	13.5
Üst	5.4	8.6	20.0	11.33
Ortalama	7.6 ^a	10.26 ^b	22.3 ^c	

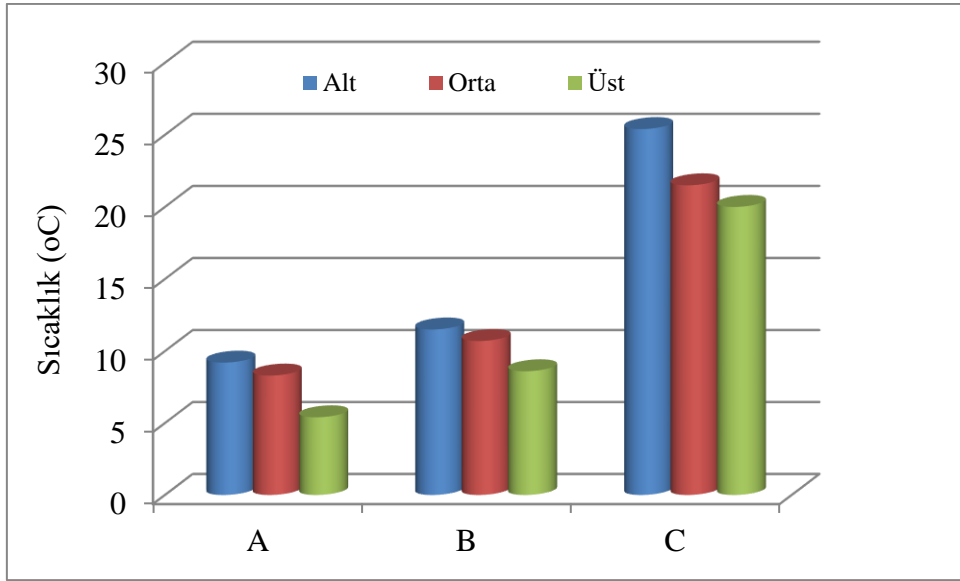
Çizelge 4.6. Konumlara göre sıcaklık (°C) değişimi

Katman	Sağ	Orta	Sol	Ort.
Alt	16.63	15.36	14.2	15.39
Orta	14.86	13.46	12.3	13.64
Üst	12.53	11.5	10.0	11.34
Ortalama	14.67	13.44	12.17	13.43

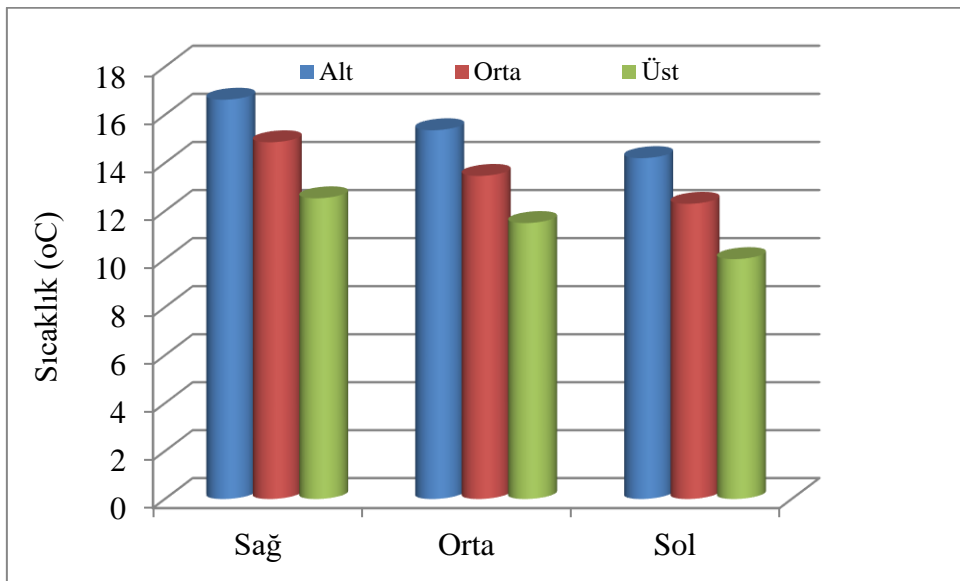
Çizelge 4.5' den de görüldüğü gibi silonun tanımlanan bölgelerinde fermantasyon sonrası açım aşamasına kadar olan periyotta ölçülen sıcaklık değerleri $P < 0.05$ seviyesinde önemli bulunmuştur. En yüksek ortalama sıcaklık 22.3 °C ile C bölgesinde, en düşük ortalama sıcaklık değeri A bölgesinde 9.43 °C olarak ölçülmüştür. Bu durum silonun açılma periyodu ile

İlgili olup, A bölgesi önce açılmış, C bölgesi ise en son açılan bölge olup mart sonlarına ulaşmıştır. A ve B bölgesi ocak-şubat aylarına kadar devam etmiştir.

Silonun tanımlanan bölgelerinde fermantasyon sonrası açım aşamasına kadar olan periyotta katmanlar arasında ölçülen sıcaklık değerleri istatistikî açıdan $P>0.05$ seviyesinde önemli bulunmamıştır. Bunun yanı sıra katmanlar arasında da sıcaklık farklılığı az olsa görülmektedir. Katmanlarda ortalama en yüksek sıcaklık $15.36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile alt katmanda, en düşük sıcaklık seyri ise üst katmanda ve ortalama $11.33\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak saptanmıştır.



Şekil 4.12. Fermantasyon sonrası bölgelerde ölçülen sıcaklık değişimleri



Şekil 4.13. Fermantasyon sonrası konumlarda ölçülen sıcaklık değişimleri

Çizelge 4.6' dan da görüldüğü gibi silonun tanımlanan konumlarında fermantasyon sonrası açım aşamasına kadar olan periyotta ölçülen sıcaklık değerleri istatistiki açıdan $P>0.05$ seviyesinde önemli bulunmamıştır. Silonun tanımlanan bölgelerinde fermantasyon sonrası açım aşamasına kadar olan periyotta katmanlar arasında ölçülen sıcaklık değerleri istatistiki açıdan $P>0.05$ seviyesinde önemli bulunmamıştır.

En yüksek ortalama sıcaklık $14.67\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile silonun sağ konumunda, en düşük ortalama sıcaklık değeri sol konumda $12.17\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.

Fermantasyon sonrası açım periyoduna kadar olan süreyi kapsayan dönemde katmanlarda ölçülen ortalama en yüksek sıcaklık $15.39\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile alt katmanda, en düşük sıcaklık seyri ise üst katmanda ve ortalama $11.34\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak saptanmıştır.

4.4. Zaman ölçümlerine ilişkin sonuçları

Siloda sıkıştırma süresince kaydedilen zaman verileri toplanarak toplam harcanan süreler bölge, konum ve katmanlara göre değerlendirilerek dakika olarak Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Bölge, konum ve katmanlara göre zaman ölçümleri (dakika)

Bölge	Süre	%	Konum	Süre	%	Katman	Süre	%
A	204	37.36	Sol	234	42.86	Alt	228	41.76
B	190	34.80	Orta	187	34.25	Orta	182	33.33
C	152	27.84	Sağ	125	22.89	Üst	136	24.91
Toplam	546	100	-	546	100	-	546	100

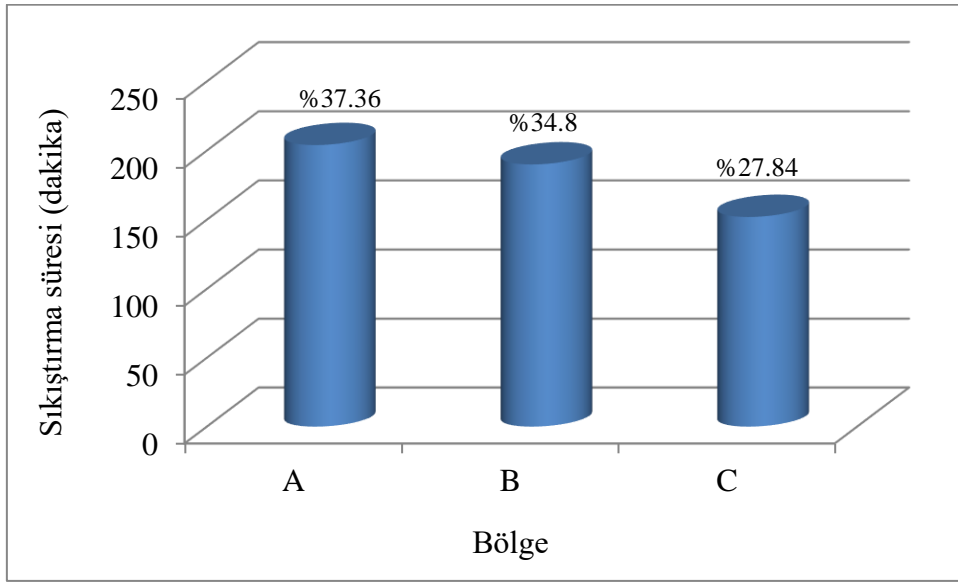
Çizelge 4.7' den de görüldüğü gibi silonun bölgelerine bakıldığında A bölgesinde toplam zamanın % 37.36'sı, B bölgesinde % 34.80'i, C bölgesinde ise toplam zamanın % 27.84'ü harcanmıştır. Silonun arka bölgesi olan C bölgesinde, A bölgesine göre yaklaşık 52 dakika daha az sıkıştırma işlemi uygulanmıştır. Bu durum silonun ölçülen sıkıştırma basıncının en düşük bulunmasının da (0.284 bar) temel nedenidir.

Silonun konumlarına göre bakıldığında harcanan toplam zamanın en yüksek bölümü % 42.86 ile silonun sol konumunda, sırasıyla % 34.25 ile merkez konumda ve en düşük % 22.89 ile sağ konumda hesaplanmıştır. Genel olarak en az sıkıştırma zamanı silonun sağ konumunda olmuştur. Sağ konum üst katmana göre daha az sıkıştırılmıştır.

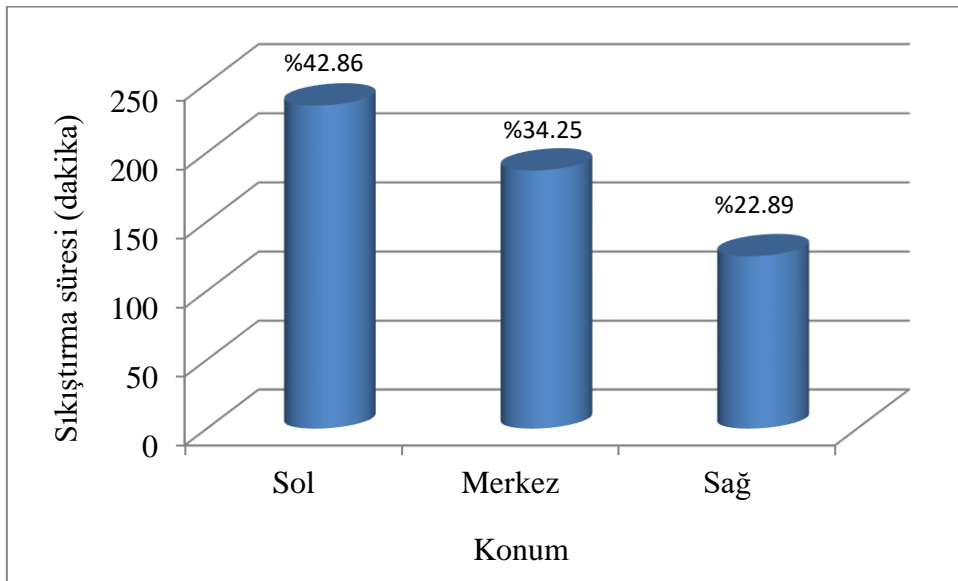
Silonun katmanlarında ise; toplam harcanan zamanın en fazla bölümü % 41.76 ile alt katmanda harcanmıştır. Orta katmanda % 33.33, üst katmanda ise en % 24.91 ile az zaman dilimi harcanmıştır. Üst katmanlarda sıkıştırma işleminin daha fazla olması istenirken, toplamda en az süre en üst katmanda olmuştur. Bu durum genellikle silonun bir an önce tamamlanması akşam saatlerine denk gelen silolama sürecinin bir sonraki güne bırakmadan bitirilmek istenmesinin büyük bir etkisi bulunmaktadır. Latsch (2014) ve Roy (2014) tarafından da siloda sıkıştırma süreleri arasında değişkenlik olduğunu ifade edilmiştir. Bu değişkenliği traktör sürücüsünün bireysel etkisinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Tan ve Dalmış

(2019) siloda hesaplanan sıkıştırma sürelerinin farklı olmasında silonun konumunun ve traktör kullanımının da etkisi olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada da traktörün izlediği rota sıkıştırma süresi üzerinde etkili olmuştur.

Şekil 4.14' de bölgelere göre ortalama sıkıştırma sürelerinin değişimi görülmektedir. Şekil 4.15' de konumlara göre sıkıştırma sürelerinin değişimi, Şekil 4.16'da katmanlara göre sıkıştırma sürelerinin değişimi verilmiştir.

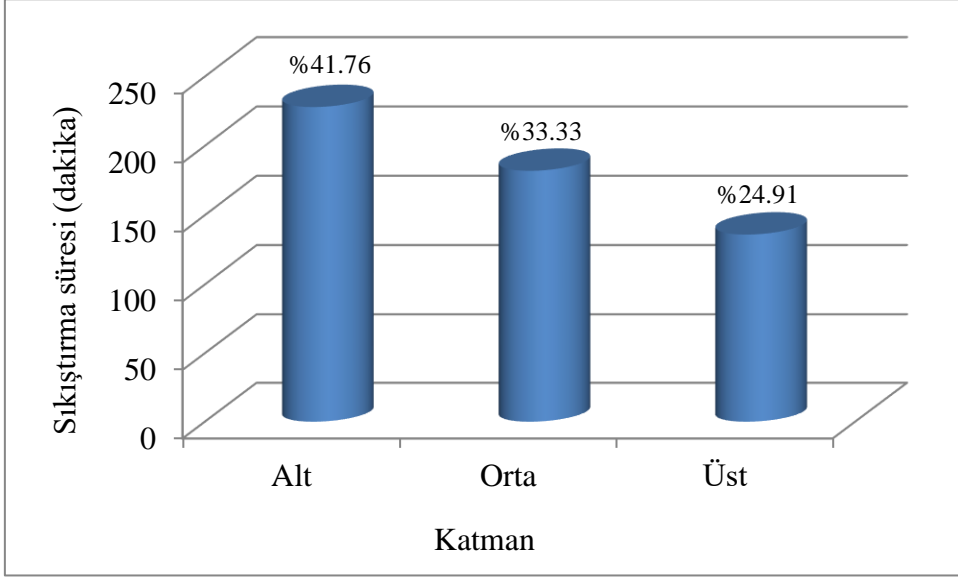


Şekil 4.14. Bölgelere göre sıkıştırma süreleri



Şekil 4.15. Konumlara göre sıkıştırma süreleri

Silonun sıkıştırılması için uygulanan sıkıştırma işleminde sıkıştırma süreleri büyük farklılıklar göstermektedir. Bu durum sıkıştırma işlemi yapan operatörün oldukça uzmanlaşmış konusunda bilgi sahibi kişiler tarafından yapılmasının büyük öneme sahip olduğunu da göstermektedir.



Şekil 4.16. Katmanlara göre sıkıştırma süreleri

4.5. Sıcaklık ve sıkıştırma basıncı arasındaki ilişki

Çizelge 4.8' de siloda uygulanan sıkıştırma basıncı ve ölçülen sıcaklık değerleri arasındaki korelasyonlar bölge, konum ve katmanlara göre verilmiştir.

Çizelge 4.8. Parametreler arasındaki korelasyonlar

	Sıcaklık SA	Sıcaklık FA	Basınç	Bölge	Konum	Katman
Sıcaklık						
SA	1	0.915**	0.956**	0.550**	0.400**	0.663**
FA	0.915**	1	0.901**	0.445**	0.422**	0.759**
Basınç	0.956**	0.901**	1	0.436*	0.504**	0.684**

** Korelasyonlar 0.01 seviyesinde önemlidir.

*Korelasyonlar 0.05 seviyesinde önemlidir.

SA: Silolama aşaması,

FA: Fermantasyon aşaması.

Siloda uygulanan sıkıştırma basıncı ile silo içerisinde ölçülen sıcaklık değerleri arasında silolama aşamasında $R^2=0.926, P<0.01$, fermantasyon aşamasında $R^2=0.915, P<0.01$ korelasyon saptanmıştır.

Silolama işlemi sırasında materyale uygulanan sıkıştırma basıncının siloda fermantasyon gelişimi açısından önemli bir parametre olan sıcaklık üzerine önemli etkisi olduğu görülmektedir.

4.6. Besin madde içeriğine ilişkin sonuçlar

Açım sonrası silonun tanımlanan bölgelerinden ve katmanlarından alınan örneklerin Flieg puanlamaları Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Flieg Puanlama cetveli

	pH	KM (%)	Puan	Değerlendirme
Bölge				
A	4.4	33.2	95.4	PEKİYİ
B	4.65	30.1	79.2	İYİ
C	4.8	29.6	72.2	İYİ
Konum				
Sağ	4.3	32.4	97.8	PEKİYİ
Orta	4.5	30.6	86.2	PEKİYİ
Sol	5.2	28.8	54.6	İYİ
Katman				
Alt	4.3	33.1	99.2	PEKİYİ
Orta	4.8	30.2	73.4	İYİ
Üst	5.1	29.6	60.2	ORTA
Genel Ortalama	4.67	30.84	79.88	İYİ

Flieg Puanlama: (Pekiyi: 81-100, iyi: 61-80, orta: 41-60, değeri az: 21-40, kötü: 0-20)

Genel olarak sıkıştırmanın yüksek olduğu noktalarda pH değerleri düşerken, kuru madde içeriklerinin yüksek olduğu görülmüştür. Araştırma sonucuna göre; en iyi silaj kaliteleri A bölgesine, silonun SAĞ konumunda ve ALT katmanda "PEKİYİ" olarak belirlenmiştir. En niteliği düşük olan bölge silonun üst yüzeyi olarak görülmektedir.

Genel olarak silonun ortalama niteliğine bakarsak silaj Flieg puanlamasına göre "79.88-İYİ" nitelikte olduğunu söyleyebiliriz. Ancak, bu küçük siloda bile orta, iyi ve pekiyi anlamında niteliklere sahip çok değişken silajdan oluştuğunu da görebiliriz. Bu durum, silo yönetiminde sıkıştırma işlemlerinin doğru yönetilmediğinin de bir göstergesidir. Yeterli ve doğru sıkıştırma

ile tüm silonun "PEKİYİ" nitelikte ürün olması mümkün olabilir iken büyük bir alanın "İYİ" nitelikte ürün olarak kaldığını anlayabiliriz.

Sıkıştırma basıncı yüksek ölçülen noktalarda Flieg puanları yüksek hesaplanmış ve "PEKİYİ" olmuştur. Sıkıştırma basıncı ile Flieg puanlaması arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Çakmak ve ark. 2013, Akdeniz 2016, Tan ve ark. 2017b).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprak üstü yığın silolamada traktörün kütlesi, traktörün izlediği rota ve traktörün yığın üzerinde harcadığı sıkıştırma süreleri materyalin sıkıştırılması üzerine etkisi önemli bulunmuştur. Silonun sıkıştırılmasında materyale uygulanan ortalama sıkıştırma basıncı silonun kuzey ve güney bölgelerine, sağ ve sol konumlarında ve silonun alt tabakası ile üste noktalarında değişkenlik göstermiştir. En yüksek ortalama sıkıştırma basıncı A bölgesinde (kuzey) (0.354 bar), en düşük ortalama sıkıştırma basıncı C bölgesinde (Güney) (0.274 bar) ölçülmüştür. Silonun A bölgesi sıkıştırma işleminin başladığı bölge olup, bu bölgede harcanan zaman B ve C bölgesine göre daha yüksek ölçülmüştür. Sıkıştırma basıncının yüksek ölçümünde sıkıştırma süresi en büyük etken olmuştur. A bölgesinde toplam sıkıştırma süresinin %37.36'sı, C bölgesinde ise %27.84'si harcanmıştır. Benzer şekilde silonun sağ konumunda toplam 234 dakika zaman harcanmış ve toplam zamanın % 42.86'sını oluşturmaktadır. Bu nedenle silonun sağ konumunda ölçülen sıkıştırma basıncı en yüksek değerlerde (0.35 bar) bulunmuştur. Silonun sağ konumunda sıkıştırma basıncı ve harcanan sürenin yüksek olmasının temel nedeni ise traktörün sıkıştırma esnasında izlediği rotadır. Traktörün izlediği rota, yığının bölgesel olarak sıkıştırılmasında farklı etkilerin oluşmasına neden olmuştur. Bu nedenle çalışma sonuçlarına göre; silolama sırasında traktör hareketleri ve rotasını kısıtlayıcı etkenlerin bulunmadığı alanlarda yığınların yapılması ve benzer rotanın takip edilmemesi önerilmektedir.

Silolama işlemi önden arkaya doğru yapıldığından ön bölgede daha çok zaman harcadığı ve ilk başlarda daha fazla uğraş harcadığı görülmüştür. Silonun arka bölgesi ise daha geç zaman dilimlerine kaymış ve çalışmayı biran önce bitirmek için daha kısa sürede işlemler yapılmaya çalışılmıştır. Bu durum silonun arka bölgesinde daha az zaman harcanmasına ve dolayısı ile daha düşük basınç uygulanmasına neden olmuştur. Bu durum silonun bölgeleri arasında sıkıştırma sürelerinin farklı olmasının, sıkıştırma basıncının farklı ölçülmesinin temel noktası olmuştur.

Sıkıştırma basıncının yüksek okunduğu noktalarda sıcaklık değerleri de yüksek kaydedilmiştir. Örneğin silonun A bölgesinde sıcaklık 24.1 °C iken C bölgesinde bu değer 21.6 °C'ye düşmüştür. Konumlar açısından sorgulandığında; sağ konumda ölçülen sıcaklık 23.72 °C olurken, sol konumda 21.57 °C olarak ölçülmüştür. Sıcaklık silaj kalitesi açısından önemli bir parametre olması nedeniyle, etkin sıkıştırma işlemi ile sıcaklık kontrolü ve nitelikli fermantasyon seyri oluşumu sağlamada önemlidir. Sağlıklı fermantasyon sürecinin gelişimi

açısından da uygun sıcaklığın oluşumunda etkin sıkıştırma işleminin önemli olduğu görülmektedir.

Genel olarak sıkıştırmanın yüksek olduğu noktalarda pH değerleri düşerken, kuru madde içeriklerinin yüksek olduğu görülmüştür. Araştırma sonucuna göre; en iyi silaj kaliteleri A bölgesine, silonun SAĞ konumunda ve ALT katmanda "PEKİYİ" olarak belirlenmiştir. En niteliği düşük olan bölge silonun üst yüzeyi olarak görülmektedir. Bunun temel nedeni olarak, sıkıştırma işleminde siloda ayrılan sıkıştırma sürelerinin değişkenlik göstermesi söylenebilir. Genel olarak sıkıştırma süresi olarak fazla zaman harcanan noktalarda en yüksek sıkıştırma basıncı ve bu noktalara ait örneklerde en yüksek Flieg puanlamaları elde edilmiştir. A Bölgesinde toplam 204 dakika, Sağ konumda 234 dakika ve Alt katmanda 228 dakika harcanırken, C Bölgesinde 152 dakika, Sol konumda 125 dakika ve Üst katmanda 136 dakika zaman harcanmıştır. Bu durum, sıkıştırma süresinin materyale uygulanan sıkıştırma basıncında etkili olduğunu ifade etmektedir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz E, Turgut İ ve Filya İ 2002. Silaj Bitkileri Yetiştirme ve Silaj Yapımı. 86 s. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti., ISBN 975-8377-19-1.
- Ak İ, Doğan R, (1997). Bursa Bölgesinde Yetiştirilen Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Özellikleri ve Silaj Kalitelerinin Belirlenmesi, Türkiye I. Silaj Kongresi, Bursa 83-93 s.
- Akyıldız R, (1984). Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No:895, 229 s, Ankara.
- Akdeniz B, (2016). İki Farklı Olgunlaşma Döneminde, Farklı Parçalama Boyutu ve Sıkıştırma Basıncının Mısır Silajının Kalitesi Üzerine Etkileri, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Aydın.
- Akıncı 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.
- Alçiçek A; Karaayvaz K. (2003). Sığır Besisinde Mısır Silajı Kullanımı. Animalia 203: 68-76.
- Allen D, Kilkeny B. (1986). Planned Beef Production. Collins Professional and Technical Boks. William Collins Sons & Co. Ltd. London.
- Anonim (2013). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Hayvan Yetiştiriciliği, Silaj Yapım Teknikleri. Ankara.
- Anonim (2016). <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Yay%C4%B1nlar/S%C4%B1cak%C4%B0klmTah%C4%B1llar%C4%B12016.pdf>
- Anonim (2017) Türkiye' deki Canlı Hayvan Sayısı. [https:// biruni.tuik.gov.tr/ medas/? kn= 101&locale=tr](https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=101&locale=tr)
- ASAE Standarts (2002). Moisture Measurement -Forages. ASAE S358.2. Standards 2002: 565. St. Joseph, MI.
- Chen J, Stokes MR, Wallace CR (1994). Effects Of Enzyme-Inoculant Systems On Preservation And Nutritive Value Of Hay Crop And Corn Silages. J.Dairy Sci,77:501-512.

- Çakmak B, Yalçın H, Bilgen H (2013). Hasıl Ve Fermente Mısır Silajlarının Ham Besin Maddesi İçeriği Ve Kalitesine Paketleme Basıncı Ve Depolama Süresinin Etkileri. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, TÜRKİYE.
- Çete N. ve C. Sarıcan, 1998. Silajlık Yem Bitkileri Üretim ve Silaj Yapımı. U.S.Grains Council.
- Çiftçi İ (1998) Mısır Silajı ve Hayvan Beslemede Kullanımı, Türk-Koop Ekin Dergisi, Yıl: 2, Sayı: 5, Ankara.
- Dalmış İS, (2006). Domatesin Hasat Sonrası İşlemlerine Yönelik Bazı Fizikomekanik Özelliklerinin Saptanması İçin Prototip Ölçüm Setinin Geliştirilmesi. Doktora Tezi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- D'Amours L. and Savoie P. (2004). Density Profile of cCorn Silage in Bunker Silos. ASAE Paper 041136.
- Dellal İ, Ege H, Tan S (2001). Türkiye'de Mısır Arz Talep ve Dış Ticareti. Türk-KOOP EKİN, 5, 16: 64-69.
- Ergül M (1988). Yemler Bilgisi ve Teknolojisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:487, 318 s, İzmir.
- Fernandez I, Martin C, Champion M, Michalet Doreau B (2004). Effect of Corn Hybrid and Chop Length of Whole-Plant Corn Silage on Digestion and Intake By Dairy Cows. J. Dairy Sci., 87: 1298-1309.
- Filya İ (2002). Silaj Yapımı. Silaj Bitkileri Yetiştirme ve Silaj Yapımı. Hasad Yayıncılık, Kayseri, 59-86.
- Filya İ, Ashbell G, Hen Y, Weinberg Z (2000). The Effect of Bacterial Inoculants on the Fermentation and Aerobic Stability of Whole Crop Wheat Silage. Animal Feed Science Technology. 88: 39-46.
- Filya İ (2008). Türkiye'de Kaba Yem Sorunu ve Çözüm Yolları. Hasat Hayvancılık Der., 23: 28-33.
- Görgülü M (2012). Süt Sığırlarının Beslenmesi ve Yemler. (Ed: S Kumlu), AB ve Türkiye'de Danışmanlık Sistemleri ve Süt Sığırını İşletmelerinin Yönetimi, TR0703.01-02/FA, Aydın, s.123-198.

- Holmes B J and Muck R E. (2007). Packing Bunkers and Piles to Maximize Forage Preservation. UW-Extension Team Forage web site. www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm.
- Keleş G, Çıbık M, (2014). Mısır Silajının Besin ve Besleme Değerini Etkileyen Faktörler. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı. Hayvansal Üretim Dergisi, 55(2): 27-37, Aydın
- Kılıç A. (1986). Silo Yemi. Bilgehan Basımevi. Bornova, İzmir
- Kung L. 2011. Silage Temperatures: How Hot is Too Hot? <https://cdn.canr.udel.edu/wp-content/uploads/2014/02/HowHotisTooHot-2011.pdf>.
- Latsch R (2014): Grass silage compaction in horizontal silos. International Conference of Agricultural Engineering. - AnEng 2014. 6-10 July. Zurich.,
- 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 RE, Holmes B J (2000): Factors Affecting Bunker Silo Densities. - Applied Engineering in Agriculture 16(6):613-619. DOI:10.13031/2013.5374
- Muck RE, Savoie P, Holmes BJ (2004): Laboratory Assessment of Bunker Silo Density, Part I: Alfalfa and Grass. - Applied Engineering in Agriculture 20(2): 157-164. DOI:10.13031/2013.15885.
- Muck R E ve Holmes B J (2006) . Spreadsheet to Calculate The Average Density in a Bunker Silo. UWExtension Team Forage web site. [ww. uwex.edu/ces/crops /uwforage/storage.htm](http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/storage.htm).
- NRC (2001). Nutrient Requirements of Dairy Cattle (7th ed.), National Academies Press, Washington, DC (2001)
- Phipps R and Wilkinson M. (1985). Maize Silage. Chalmcombe, publications, 13. High Woods Drive, Marlow Bottom. Morlown Bucks. SL 73PU. September. 48 p.
- Ruppel KA. (1992). Effect of Bunker Silo Management on Hay Crop Nutrient Preservation. M.S. Thesis. Cornell University, Ithaca, NY
- Ruppel KA (1993). Bunker Silo Management and its Effects On Hay Crop Quality. In Proceedings From The National Silage Production Conference: 67-82. NRAES Publication 67, Cooperative Extension, Ithaca, NY.

- 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.
- Ruppel K.A. (1997). Economics of Silage Management Practices: What Can I do to Improve the Bottom Line in my Ensiling Business? Silage: Field to Feedbunk (NRAES-99). Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY.
- Roy L. (2014). Grass Silage Compaction in Horizontal Silos. AgEng 2014. International Conference of Agricultural Engineering. 6-10 July.
- Soysal Mİ (2010). Biometrinin Prensipleri. Ders Notu, Yayın Yeri: NKÜ Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Tan F, Dalmıs IS and Dalmıs F (2017a). Determination of Compaction Force in Bunker Silos Using a Pressure Measurement Method. *International Journal of Current Research*, 9(01):45597-45599.
- Tan F, Dalmıs IS and Koc F (2017b). Effects of Compaction Pressure on Silage Fermentation in Bunker Silo. *Agronomy Research*. 15 (1): 298-306.
- Tan F, Kayısoglu B, Okur E (2018): Effects of Compaction Pressure On the Temperature Distribution in Bunker Type Silage Silo. *Indian Journal of Animal Sciences* 88 (1): 116–120.
- Tan F and Dalmıs İS (2019). Compaction Pressure and Density Profile in Pile -Type Silos. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(2):2745-2754.
- Toruk F, Gonulol E, Ulger P. and Kocabıyık H (2009). Density, Porosity and Permeability Rates of Sunflower Silage Under Different Compaction Conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8 (9):1873-1877, ISSN: 1680-5593.
- Toruk F and Koc F (2009). Effects on Silage Quality and Aerobic Stability of Different Compaction Levels in Sunflower Silage. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 15 (3), 269-275
- Toruk F, Gonulol E, Kayısoglu B and Koc F. 2010. Effects of Compaction and Maturity Stages on Sunflower Silage Quality. *African Journal of Agricultural Research* 5(1): 055–059.
- TUİK (2017). Türkiye İstatistik Kurumu Verileri.
- TUİK (2018). Türkiye İstatistik Kurumu Verileri.
- TUİK (2019). Bitkisel Üretim Verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>

Turner R, Raper, R.L. (2001): Soil Stress Residuals as Indicators of Soil Compaction. ASAE Paper No. 011063. DOI:10.13031/2013.7307.

Weinberg ZG, Ashbell G (2003) Engineering Aspects of Ensiling. Biochemical Engineering Journal 13: 181-188.

TEŞEKKÜR

Tüm bu çalışma süresi boyunca adeta bir annenin yavrusuna gösterdiği ilgi gibi benimle ilgilenmiş, çalışmama destek olmuş ve bu güzel eser için hiçbir fedakârlıktan kaçınmamış kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Fulya TAN' a sabrı ve hoşgörüsü için teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu süre zarfında manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen nişanlım Gözde GÜLSOY' a teşekkür ederim.

Her konuda yanımda olan ve varlıkları ile gurur duyduğum değerli aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bu güzel öğrenim döneminde sohbeti ve muhabbetiyle her zaman yanımda olan hoşgörü ve incelikleriyle asla unutmayacak olduğum Namık Kemal Üniversitesi öğretim üyelerine teker teker teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Yavuz ODABAŞ 1988 yılında Trabzon’ da doğdu. İlk ve ortaokulu Avcılar’ da bitirdikten sonra, yine Avcılar Süleyman Nazif Lisesi’ nde fen bilimleri bölümünü bitirerek 2005 yılında mezun oldu. 2007 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi’ ni kazanarak 2012 yılında Tarım Makinaları bölümünden mezun oldu.

İş hayatına 2012 yılında Celtis ilaç firmasında mümessil olarak başladı. 2,5 yıl çalıştıktan sonra askerlik görevini yerine getirdi ve sonrasında turizm acentesi açarak yeni bir iş koluna devam etti. Daha sonra okuduğu mesleği yapmak için 2016 yılında Tümosan Motor ve Traktör firmasına pazarlama görevlisi olarak başladı. 2017 yılının sonlarına doğru bölge satış müdürlüğü görevine getirildi. Halen aynı görevde çalışmaya devam etmektedir.