

TANELİ ÜRÜNLERDE ÜRÜN ŞEV KARAKTERİSTİKLERİNE BAĞLI DEPOLAMA YÜKLERİ

Turgut ÖZTÜRK

Hakan KİBAR

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, SAMSUN

Geliş Tarihi: 03.06.2005

ÖZET: Taneli ürünlerin oluşturacağı yatay ve düşey basınçların hesaplanmasında varsayımlar ürünün yarı akışkan sıvı özelliğine sahip olduğu esasına dayanır. Bu nedenle depolamada büyük oranda etkili olan ürün şev karakteristiklerinin bilinmesi gerekir. Bu çalışmada, ürün birim hacim ağırlığı, ürün içsel sürtünme açısı ve ürün ile malzeme yüzeyi arasındaki statik sürtünme katsayıları gibi şev karakteristiklerinin oluşan yatay ve düşey basınç üzerine etkisi tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Taneli ürün, şev karakteristikleri, depolama yükü

STORAGE LOADS RELEVANT TO SLOPING CHARACTERISTICS OF GRAINY PRODUCTS

ABSTRACT: Assumptions about calculating horizontal and vertical pressures of grainy products are based on the fact that the product has semi-fluid liquid property. So sloping characteristics of the product which have serious effect in storage must be known. In this study, the effects of sloping characteristics such as product bulk density, product angles of internal friction and static coefficients of friction between product and material surface on horizontal and vertical pressures was discussed.

Keywords: Grainy product, sloping characteristics, storage load

1. GİRİŞ

Tarım işletmelerinde işletmenin üretim yapısına bağlı olarak bir takım ürün (bitkisel veya hayvansal) koruma ve depolama yapılarına gereksinim duyulur. Bu yapıların kendilerinden beklenen işlevleri yerine getirebilmeleri yapıların mühendislik biliminin ilkeleri doğrultusunda projelenmesi ile olasıdır.

Taneli ürünler katı, sıvı ve gaz formunu bünyelerinde barındırdıkları için depolama koşulları büyük oranda temel fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu bağlamda bu ürünlerin yeterli düzeyde muhafazaları için mühendislik uygulamaları açısından önemli temel fiziksel özelliklerinin ve bu fiziksel özellikler arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekir (Horabik ve Molenda, 1988).

Taneli ürünlerdeki deformasyon ve parçalanmalar bu ürünlerin biyolojik orijinli olmaları nedeniyle mekanik özelliklerini büyük oranda etkileyen nem içeriğine bağlıdır. Bu konuda yapılan deneysel çalışmalar göstermiştir ki depo yüzeyi ile tane arasındaki temas yüzeyi arttıkça ürünlerdeki deformasyon oranı da artmaktadır. Bu durum üzerinde de en etkili faktör ürün nem kapsamıdır (Horabik ve Molenda, 1988).

Depolanan taneli ürünlerde nem kapsamındaki kontrolsüz artışlar ürün hacim ağırlığını artırdığından depo yan yüzeylerine gelen yanal basınçları da artırır. Bu bağlamda Anonymous (1983), taneli ürün nem kapsamında %4'lük bir artışın proje yanal basıncı üzerinde %10' luk bir artışa neden olacağını ileri sürmektedir. Bu durum Horabik ve Molenda (2000), tarafından oluşturulan çapı 61 cm, yüksekliği 75 cm olan buğday depolu model bir siloda, deneysel olarak da gözlenmiştir. Yapılan çalışmada silindirik depodaki yanal basıncın lineer olarak nem kapsamındaki yükselmeye bağlı olarak arttığı gözlenmiştir. Bu bağlamda nem içeriğindeki %0.2 lik artış yatay basınçta 250 kg/m² lik bir artışa, %1.8'lik bir artışın

ise yatay basınçta 500 kg/m² lik bir artışa yol açtığı saptanmıştır.

Ürün depolama yapılarının yük etkisiyle projelendirilmesinde tarihsel olarak önceleri sadece ürünün oluşturduğu hidrostatik basınç dikkate alınırken günümüzde malzeme teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak ürün şev karakteristikleri öncelik kazanmıştır (Moya ve ark., 2002).

Bu çalışmada taneli ürünlere ilişkin şev karakteristikleri literatür çalışması kapsamında gözden geçirilerek ürün şev karakteristiklerinin (birim hacim ağırlığı, içsel sürtünme açısı, statik sürtünme katsayısı) depolama yükleri üzerine olası etkileri üzerinde durulmuştur.

2. TANELİ ÜRÜNLERDE ÜRÜN ŞEV KARAKTERİSTİKLERİ

Taneli ürünlerin oluşturacağı yatay ve düşey basınçların hesaplanmasında varsayımlar ürünün yarı akışkan sıvı özelliğine sahip olduğu esasına dayanır. Bu açıdan oluşan basıncın saptanması için ürüne ait karakteristik özellikler olan ürün içsel sürtünme açısının, ürün ile malzeme yüzeyi arasındaki statik sürtünme katsayısının ve ürün hacim ağırlığının bilinmesi gerekir. Bu açıdan taneli ürünler için önem arz eden temel fiziksel özellikler nem kapsamı, taneler arası içsel sürtünme açısı, tane ile depo malzemesi arasındaki statik sürtünme katsayısı ve hacim ağırlığıdır (Anonymous, 1992).

2.1. Birim Hacim Ağırlığı

Biyolojik malzemelerde yanal ve düşey basıncın belirlenmesinde gerekli olan parametrelerden birisi birim hacim ağırlığıdır. Birim hacim ağırlığı genellikle nem artışı ile birlikte artmaktadır. Fakat bazı durumlarda nem artışı ile azalabilmektedir. Bunun nedeni ise nem içeriğinin artışı ile birlikte ürünün hacmi ve ağırlığının değişmesidir. Fakat

üründeki hacimsel artışın ağırlık artışından fazla olduğu durumlarda birim hacim ağırlığı azalmaktadır. Buna neden olan faktör ürünün fizyolojik yapısıdır. Bu durum Konak ve ark., (2002) tarafından bezelye tohumlarında %5.2 ve %16.5 nem içeriklerine deneysel olarak gözlenmiştir. Yapılan çalışmada %5.2 nem içeriğinde birim hacim ağırlığı 800 kg/m³ olurken %16.5 nem içeriğinde ise 741.4 kg/m³ olarak saptanmıştır. Bu bağlamda çeşitli taneli ürünlerin birim hacim ağırlıkları Çizelge 1’ de verilmiştir (Anonymous, 2004).

Çizelge 1’den de görüldüğü gibi ürünün nem içeriği arttıkça birim hacim ağırlığı artmakta veya azalmaktadır. Bu durumun yansımaları da depo duvarına olan basıncın artması veya azalması şeklinde etki etmektedir. Ürün depolama yapılarında yanal proje basıncının artması malzeme kalınlığını arttırdığından, depo inşa maliyeti de artmaktadır.

Çizelge 1. Taneli ürünlerin birim hacim ağırlıkları (Anonymous, 2004)

Ürün Cinsi	Nem İçeriği (%)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)
Buğday	10	720
	14	770
Arpa	10	660
	14	770
Mısır (tane)	14	720
Mısır (un)	13	510-640
Pirinç (işlenmiş)	13	770
Pirinç (işlenmemiş)	13	320
Çavdar	14	720
Yulaf	12	400
	14	560
Soya	13	770
Fasulye	14	580
Ayçiçeği	4	462
	20	434
Pamuk	8.3	626
	13.7	635
Yer Fıstığı	5	795
	35	696

2.2. İçsel Sürtünme Açısı

Biyolojik malzemelerin içsel sürtünme açısı ürünlerin fiziksel özelliklerine ve geometrik yapılarına bağlı olarak değişir. Biyolojik malzeme olan taneli ürünlerde de tanelerin fiziksel özelliklerini etkileyen önemli faktörler nem içeriği, tür, çeşit, olgunluk durumu ve yetiştirme koşuludur. Taneli ürünlerde depolama yoğunluğu ve tanelerin uzaysal (konumsal) yerleşimini etkileyen önemli faktörler ise nem içeriği, yanal basınç ve depolama süresidir. Kurutulmuş taneli ürünler genellikle kohezyonsuz ve serbest akışlı kabul edilirler. Ürünün kohezyonu nem içeriği ve uzun depolama süresi ile artar. Çeşitli taneli ürünler için içsel sürtünme açıları Çizelge 2’ de verilmiştir (Horabik ve Rusinek, 2002).

Çizelge 2’den de görüleceği gibi tane nem içeriği artışı ile ürün içsel sürtünme açısı da artmaktadır. Burada taneli ürünün nem içeriğinin artış nedeni depo ortam sıcaklığının azalması ve bağıl nemin artmasıdır.

Ürün nem içeriğine bağlı olarak içsel sürtünme açısının artması depo duvarlarına gelecek olası basınçları da arttırdığından malzemeye bağlı olarak depo birim maliyetlerini de arttırmaktadır.

Çizelge 2’de verilen içsel sürtünme açısı değerleri irdelendiğinde bazı ürünlerde nem içeriğinin artışı ile içsel sürtünme açısının azaldığı görülmektedir. İçsel sürtünme açısı genel olarak nem içeriğine bağlı olarak artış gösterirken bazı ürünlerde bazı nem içerikleri için azalma göstermesi büyük oranda deney koşullarındaki homojenliğin bozulmasına bağlıdır. Deney homojenliğini bozan koşullar ise deney numunelerinin (her deney için) homojen olmaması (numunelerin küresel ve köşeli olması, deformasyonlar) ile numune iç koşullarının tam olarak denetlenememesine bağlıdır.

Çizelge 2.Çeşitli taneli ürünler için farklı nem içeriklerinde içsel sürtünme açıları (Horabik ve Rusinek., 2002)

Ürün Cinsi	Nem İçeriği (%)	ϕ (derece)
Arpa	10	27.8 ± 0.4
	12.5	28.5 ± 0.5
	15	31.2 ± 0.3
	17.5	30.6 ± 1.0
	20	33.2 ± 0.5
Buğday	10	25.7 ± 0.3
	12.5	26.2 ± 0.4
	15	27.0 ± 0.5
	17.5	33.0 ± 1.0
	20	35.5 ± 0.5
Yulaf	10	22.1 ± 1.1
	12.5	22.4 ± 0.9
	15	24.0 ± 0.5
	17.5	23.9 ± 1.0
	20	26.4 ± 1.7
Mısır	10	26.7 ± 0.6
	12.5	31.7 ± 0.5
	15	32.0 ± 1.4
	17.5	33.4 ± 0.8
	20	33.6 ± 1.7
Soya	14	30.1 ± 0.9
Mercimek	12	15.5 ± 0.6
Bezelye	13	27.3 ± 0.6

2.3. Statik Sürtünme Katsayısı

Yapı malzemeleri karşısında tanelerin sürtünme katsayısı birçok faktöre bağlıdır. Bunların en önemlileri malzeme tipi, ürünün nem içeriği, normal (duvar yüzeyine dik) basınç, tanelerin kaymaya karşı yönelimi, hava sıcaklığı, bağıl nem ve ürünün türü ve çeşididir. Farklı tür tanelerin sürtünme katsayıları arasında belirgin farklar olabilir. Bu farkların sebeplerinden biri tane yüzeylerinin yapısı ve pürüzsüzlüğüdür. Ayrıca tane nem içeriği de sürtünme katsayılarının farklı olmasının ana nedenlerinden birisidir (Molenda ve ark., 1996).

Çizelge 3' te çeşitli taneli ürünler için farklı nem içeriklerinde ve farklı yüzeyler için statik sürtünme katsayıları verilmiştir (Anonymous, 1983). Çizelge 3' ten de görülebileceği gibi statik sürtünme katsayısı en fazla beton yüzeyde olmaktadır. Bunun nedeni ise beton yüzeyin diğer yüzeylerden daha fazla pürüzlü olduğundan kaynaklanmaktadır. Teflon plastik yüzeyde ise statik sürtünme katsayısının en az olduğu görülmektedir. Bunun sebebi teflon plastik yüzeyin yüzeysel pürüzlülüğünün az olmasıdır. Çizelge 3' ten de görüldüğü gibi Arpa'da %10.7-14.3-16.4 nem içeriklerinde beton malzemede ahşapla düzeltilmiş yüzeyde statik sürtünme katsayıları 0.23, 0.24 ve 0.25' dir. Ancak teflon plastik yüzeyde ise 0.17, 0.13 ve 0.11 olduğu görülmektedir. Fakat plastik yüzeylerden polietilen malzeme metal yüzeyli malzemelerden daha pürüzlü olduğundan statik sürtünme katsayı değerleri de fazladır. Örneğin Mısır'da %7.5-9.9-13.9 nem içeriklerinde polietilen yüzeyde ki statik sürtünme katsayı değerleri 0.22, 0.27 ve 0.38 fakat metal yumuşak çelik yüzeyde 0.23, 0.20 ve 0.24 olduğu görülmektedir.

Çizelge 3' te bazı statik sürtünme katsayı değerleri nem içeriği artışı ile azalabilmekte veya artabilmektedir. Bu azalış veya artışın nedeni ürünün fiziksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Nem içeriklerinin artması üründe geometrik yapıyı olumsuz olarak etkilediğinden deformasyona neden olup statik sürtünme katsayısını artırmakta veya azaltmaktadır. Özetle statik sürtünme katsayısının değişiminde

ürünün nem içeriği ile ürünün fiziksel özellikleri etkili olmaktadır.

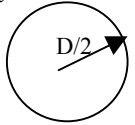
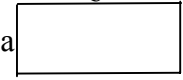
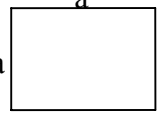
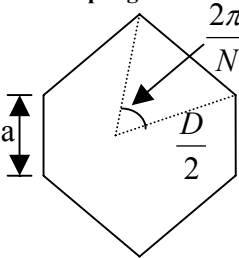
3. DEPOLAMA YÜKLERİ

Taneli ürünler muhafaza edildiği depolarda yanal ve düşey doğrultularda basınç oluştururlar. Bu nedenle taneli ürün depolarının projelendirilmesinde ürünün oluşturacağı yatay ve düşey basınçların hesaplanmasında çeşitli eşitlikler geliştirilmiştir. Bunlar Janssen, Reimbert ve Reimbert, Walker ve Rankine eşitlikleridir. Günümüzde yapılan projelemelerde daha çok Janssen ve Rankine eşitlikleri kullanılmaktadır (Schwab ve ark., 1994).

Taneli ürünlerin oluşturacağı yatay basınç depo derinliği azaldıkça artmaktadır. Depo merkezinde yanal basınç sıfır ve yanlara doğru gidildikçe artmaktadır. Deponun tabanında ise toplam düşey basınç değeri maksimumdur.

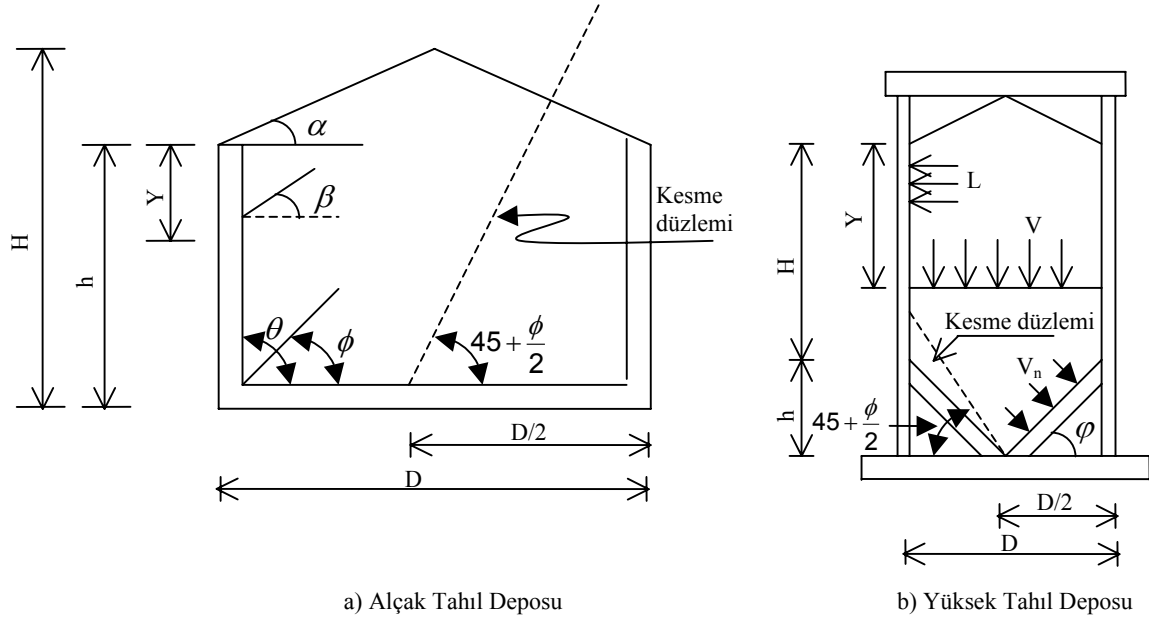
Taneli ürün depolarında yatay ve düşey basınç deponun alçak veya yüksek depo oluşuna göre hesaplanır. Deponun alçak yada yüksek oluşuna depodaki ürünün yüksekliği (h) ile depo hidrolik yarıçapı (R) karşılaştırılarak karar verilir (Anonymous, 1983, Öztürk, 2003). Taneli ürün depolarında $h < R$ ise alçak depo, $h > R$ ise yüksek depo olarak kabul edilir. Taneli ürün depoları için depo hidrolik yarıçap değerleri çizelge 4' te ve depo kesit geometrisi ise şekil 1' de verilmiştir.

Çizelge 4. Taneli ürün depoları için depo hidrolik yarıçap değerleri (Anonymous, 1983, Öztürk, 2004).

Kesit Şekli	Alan (A)	Çevre Uzunluğu (P)	Hidrolik Yarıçap (R)
Daire 	$\frac{\pi \times D^2}{4}$	$\pi \times D$	$\frac{D}{4}$
Dikdörtgen 	$a \times b$	$2 \times (a+b)$	$\frac{a \times b}{2 \times (a+b)}$
Kare 	a^2	$4a$	$\frac{a}{4}$
Düzenli poligon 	$\frac{ND^2}{4} \times \sin \frac{\pi}{N} \times \cos \frac{\pi}{N}$ $\frac{Nxa^2}{4} \times \cot \frac{\pi}{N}$	$NxD \times \sin \frac{\pi}{N}$ $N \times a$	$\frac{D}{4} \times \cos \frac{\pi}{N}$ $\frac{a}{4} \times \cot \frac{\pi}{N}$

Çizelge 3. Çeşitli taneli ürünler ile depo konstrüksiyonu arasındaki statik sürtünme katsayıları (Anonymous, 1983)

Ürün	Nem içeriği (%)	BETON			AHŞAP				PLASTİK		METAL	
		Plastikle düzeltilmiş Yüzey	Çelikte düzeltilmiş Yüzey	Ahşapla düzeltilmiş Yüzey	İşlenmemiş tane	Sert Ahşap İşlenmiş tane	Yumuşak Ahşap İşlenmemiş tane	İşlenmiş tane	Teflon	Polietilen	Yumuşak Çelik	Sert Çelik
Arpa	10.7	0.23	0.56	0.50	0.23	0.29	0.27	0.32	0.17	0.23	0.20	0.20
	14.3	0.24	0.57	0.51	0.21	0.28	0.30	0.32	0.13	0.28	0.23	0.20
	16.4	0.33	0.62	0.55	0.30	0.33	0.37	0.41	0.11	0.35	0.21	0.34
Yulaf	10.6	0.28	0.40	0.43	0.20	0.23	0.27	0.29	0.13	0.20	0.20	0.22
	14.0	0.33	0.51	0.42	0.23	0.25	0.34	0.36	0.13	0.28	0.21	0.18
	17.3	0.50	0.65	0.64	0.46	0.48	0.48	0.50	0.14	0.50	0.44	0.32
Mısır	7.5	0.27	0.41	0.46	0.24	0.25	0.27	0.29	0.17	0.22	0.23	0.20
	9.9	0.25	0.59	0.62	0.28	0.31	0.31	0.31	0.18	0.27	0.20	0.24
	13.9	0.35	0.64	0.54	0.29	0.36	0.37	0.38	0.12	0.38	0.24	0.37
Soya	7.1	0.25	0.39	0.39	0.29	0.35	0.29	0.31	0.23	0.25	0.32	0.21
	9.8	0.31	0.47	0.37	0.34	0.39	0.33	0.31	0.19	0.29	0.41	0.18
	12.2	0.36	0.55	0.52	0.42	0.45	0.35	0.44	0.17	0.43	0.45	0.20
Buğday	11.2	0.36	0.52	0.51	0.30	0.32	0.31	0.35	0.19	0.27	0.33	0.10
	13.0	0.46	0.52	0.55	0.28	0.32	0.35	0.38	0.17	0.35	0.33	0.14
	15.7	0.56	0.68	0.69	0.35	0.40	0.48	0.50	0.12	0.45	0.38	0.33



Şekil 1. Depo kesit geometrisi (Anonymous, 1983, Öztürk, 2003).

Alçak tahıl depolarında oluşan basınçların saptanmasında kullanılan eşitlikler aşağıda verilmiştir;

- Depolanan ürün üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan yanal duvar basıncı;

$$L = \gamma x Y x \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \text{ eşitliği,}$$

- Yanal proje basıncı;

$$L_p = \frac{1}{2} x \gamma x h^2 x \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \text{ eşitliği,}$$

- Depolanan ürün üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan düşey basınç;

$$V = \mu x \gamma x Y x \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \text{ eşitliği,}$$

- Toplam düşey basınç;

$$V_T = \frac{1}{2} x \mu x \gamma x h^2 x \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanabilir (Anonymous, 1983, Öztürk, 2003).

Yüksek tahıl depolarında yatay basıncın yığın yüksekliğine bağlı olan artışı alçak depolardaki yatay basıncın yığın yüksekliğine bağlı olan lineer artışına göre daha az hızlıdır. Bu amaçla yüksek tahıl depolarında yatay basıncın hesaplanmasında Janssen eşitliğinin kullanılması daha uygundur.

Bu bağlamda yüksek tahıl depolarında oluşan basınçların saptanmasında

- Depolanan ürün üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan yanal basınç;

$$L = \frac{\gamma x R}{\mu} x \left(1 - e^{-\frac{k x \mu x Y}{R}} \right) \text{ eşitliği,}$$

- Yanal proje basıncı;

$$L_p = \frac{\gamma x R}{4 x \mu} x \left(h + \frac{e^{-4 x k x \mu x h / R}}{4 x k x \mu / R} - \frac{R}{4 x k x \mu} \right) \text{ eşitliği,}$$

- Depolanan ürün üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan düşey basınç;

$$V_T = L_p x \mu$$

$$= \frac{\gamma x R}{4} x \left(h + \frac{e^{-4 x k x \mu x h / R}}{4 x k x \mu / R} - \frac{R}{4 x k x \mu} \right)$$

eşitliği yardımıyla hesaplanabilir (Anonymous, 1983, Öztürk, 2003).

Verilen eşitliklerde k basınç oranı aşağıdaki eşitlikler yardımı ile bulunabilmektedir. Burada k basınç oranı deponun geometrisi ve ürünün tipi, deponun derinliği, ürünün nem içeriği, sürtünmesi ve kohezyon koşullarına göre değişmektedir. Bu değerlerde içsel sürtünme açısını etkilediğinden basınç oranı artmakta veya azalmaktadır.

$$k = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \text{ veya } k = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \text{ eşitliği}$$

Yukarıda verilen eşitliklerde;

L = Depolanan ürün üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan yanal basınç(kg.f/m²),

L_p = Yanal proje basıncı (kg.f/m²),

V = Depolanan ürün üst düzeyinin altında Y derinliğinde oluşan düşey basınç (kg.f/m²),

V_T = Toplam düşey basınç (kg.f/m²),

γ = Ürün birim hacim ağırlığı (kg/m³),

φ = İçsel sürtünme açısı (Derece),

h = Ürün yığın yüksekliği (m),

k = Basınç oranı (Yatay basınç/Düşey basınç),

R = Depo hidrolik yarıçapı (m),

μ = Statik sürtünme katsayısını ifade etmektedir.

4. ÖRNEK UYGULAMALAR

Çalışmanın bu bölümünde bazı taneli ürünler için şev karakteristiklerindeki olası değişmelere bağlı olarak proje yanal basıncındaki değişimleri görebilmek amacıyla kuramsal örnek uygulamalara ilişkin sonuçlar çizelge 5' te verilmiştir. Çizelgeden 5' teki veriler çizelge 1, 2, 3' teki verilere dayanılarak hazırlanmıştır. Örneğin Arpa'nın %10.7 nem içeriğindeki birim hacim ağırlığı 680 kg/m³, içsel sürtünme açısı 28.0° olduğu belirtilmektedir.

Arpa' da ürün nem kapsamındaki %33' lük bir artış proje yanal basınç değerlerinde dairesel kesitli ahşap depolarda %9.7, dikdörtgen kesitli depolarda ise %10' luk bir artışa yol açmaktadır.

Buğday ürün nem kapsamındaki %16' lık bir artış dairesel kesitli depolarda yanal basıncı

%2.6 artırırken dikdörtgen kesitli beton depolarda %2.0 dolayında artırmaktadır.

Yulafta depolanan ürünün nem kapsamındaki %16' lık bir artış dairesel kesitli çelik depolarda %39.4' lük, dikdörtgen kesitli çelik depolarda ise %66' lık bir yanal basınç artışına neden olmaktadır. Bu verilerin analizden de görülebileceği gibi depolanan ürünün nem kapsamındaki artışlar en fazla çelik yüzeyli depolardaki proje yanal basıncı değişimi üzerine etkili olmaktadır. Bu duruma yol açan ana etken ise tane-malzeme yüzeyi arasındaki statik sürtünme katsayısı değeridir. Dolayısıyla statik sürtünme katsayısındaki azalmaya ve ürün nem kapsamındaki artışa bağlı olarak depolanan taneli ürünün uygulayacağı yanal basınçta artış gösterecektir.

5. SONUÇ

Biyolojik orijinli taneli ürünler katı, sıvı ve gaz formunu bünyelerinde barındırdıkları için depolama koşulları büyük oranda fiziksel ve mekanik özelliklerine bağlıdır. Bu bağlamda bu ürünler için depo konstrüksiyon projelerinin hazırlanmasında temel fiziksel ve mekanik özelliklerinin ve bu özellikler arasındaki ilişkilerin bilinmesi gerekir.

Biyolojik orijinli olmaları nedeniyle taneli ürünlerdeki deformasyon ve parçalanmalar bu ürünlerin mekanik özellikleri ile büyük oranda nem içeriğine bağlıdır. Bu konuda yapılan deneysel çalışmalar da göstermiştir ki depo yüzeyi ile tane arasındaki temas yüzeyi arttıkça ürünlerdeki deformasyon oranı da artmaktadır. Bu durum üzerinde de en etkili faktör ürün nem kapsamıdır. Dolayısıyla depolanan biyolojik orijinli taneli ürünlerde nem kapsamının denetim altına alınmasıyla ürünlerin depo duvarlarına uygulayacağı yanal basınç azalacağından, tanelerdeki mekanik deformasyon oranları da düşecektir.

Çizelge 5. Bazı taneli ürünler için ürün şev karakteristikleri ile depo proje yanal basıncı arasındaki ilişkiler

Ürün	Nem Kapsamı (%)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	İçsel Sürtünme Açısı (φ)	Basıncı Oranı (k)	Statik Sürtünme Katsayısı (μ)	Depo Kesiti		Proje Yanal Basıncı (kg/m ²)		Proje Yanal Basıncı Değişimi (%)	
						Dairesel	Dikdörtgen	Dairesel	Dikdörtgen	Dairesel	Dikdörtgen
Arpa	10.7	680	28.0	0.36	0.29	D = 3m	a = 6m	8377	2340	9.7	10.0
	14.0	770	30.5	0.33	0.28	H = 10m	b = 21m h = 5m	9194	2595		

Ürün	Nem Kapsamı (%)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	İçsel Sürtünme Açısı (φ)	Basıncı Oranı (k)	Statik Sürtünme Katsayısı (μ)	Depo Kesiti		Proje Yanal Basıncı (kg/m ²)		Proje Yanal Basıncı Değişimi (%)	
						Dairesel	Dikdörtgen	Dairesel	Dikdörtgen	Dairesel	Dikdörtgen
Buğday	11.2	735	25.9	0.39	0.52	D = 5m	a = 9m	12800	1529	2.6	2.0
	13.0	760	26.4	0.38	0.52	H = 12m	b = 18m h = 6m	13140	1560		

Ürün	Nem Kapsamı (%)	Birim Hacim Ağırlığı (kg/m ³)	İçsel Sürtünme Açısı (φ)	Basıncı Oranı (k)	Statik Sürtünme Katsayısı (μ)	Depo Kesiti		Proje Yanal Basıncı (kg/m ²)		Proje Yanal Basıncı Değişimi (%)	
						Dairesel	Dikdörtgen	Dairesel	Dikdörtgen	Dairesel	Dikdörtgen
Yulaf	12.0	400	22.3	0.45	0.19	D = 8m	a = 8m	9144	1926	39.4	66
	14.0	560	23.8	0.42	0.18	H = 14m	b = 15m h = 5m	12751	3216		

5. KAYNAKLAR

- Anonymous, 1983. Structures and Environment Handbook Chapter 101.1: Loads, 11th Edition, MWPS. USA.
- Anonymous, 1992. Design and Management of Storages For Bulk, Foll-Crop. ASAE Engineering Practice: ASAE EP 475.
- Anonymous, 2004. Grain, Forage and Feed Structures. Canada Plan Service M-7000 Canada.
- Horabik, J., Molenda, M., 1988. Force and Contact Area of Wheat Grain In Friction. Journal of Agriculture England Research 41(1), P.32-42.
- Horabik, J., Molenda, M., 2000. Grain Pressure in A Model Silo As Affected By Moisture Content Increase. Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Box 201, 20-290 Lublin 27, Poland.
- Horabik, J., Lukaszuk, J., Grochowicz, M., 2002.. Formation of Shear Band In a Granular Material During Triaxial Compression Test. International Agrophysics, 14(4) P.273-278.
- Horabik, J., Rusinek, R., 2002. Pressure Ratio of Cereal Grains Determined In a Uniaxial Compression Test Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Box 201, 20-290 Lublin 27, Poland.
- Konak, M., Çarman, K., Aydın, C., 2002. Physical Properties of Chick Pea Seeds. Biosystems Engineering, 82(1), 73-78.
- Molenda, M., Horabik, J., Ross, J., 1996. Wear-In Effects on Loads and Flow In a Smooth Wall Bin. Transactions of the ASAE, 39(1), P 225-231.
- Moya, M., Ayuga, F., Guaita, M., Aguado, P., 2002. Mecanical Properties of Granular Agricultural Materials. Transactions of the ASAE, 45(5), P 1596-1577.
- Schwab, C.V., Ross., I. J., White, G. M., Colliver, D.G., 1994. Wheat Loads And Vertical Pressure Distribution In a Full-Scale Bin Part-I Filling. Transactions of the ASAE 37(5):1613-1619.
- Öztürk, T., 2003. Tarımsal Yapılar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 49 Samsun.
- Öztürk, T., 2004. Tarımsal İnşaat Ders Notları (Yayınlanmamış). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Samsun.