

Farklı Standartlara Göre Silo Yüzeyindeki Dış Basınç Katsayılarının Belirlenmesi

Hakan KİBAR¹

ÖZET: Bu çalışmada 14 m yüksekliğinde ve 6 m çapa sahip çelik silindirik bir siloda farklı yükseklik/çap (h/d_c) ve silo yüzeyine farklı rüzgar geliş açılara (θ_w) göre rüzgar dış basınç katsayısı (C_p) değerleri araştırılmıştır. Araştırmada dış basınç katsayıları için Eurocode (EN), Avustralya standardı (AS) ve İngiliz standardı (BS) kullanılmıştır. Araştırmada EN ve AS standartlarına göre hesaplamalar yapılarak katsayı değerleri elde edilmiş olup BS standardı için verilen çizelge değerleri ile karşılaştırmalar yapılmıştır. EN ve AS standartlarına bağlı olarak farklı h/d_c oranlarında silo yüzeyine 20° lik rüzgar geliş açısına kadar pozitif C_p katsayıları elde edilmiştir. Silo yüzeyine 20° lik rüzgar geliş açısından sonraki açı değerlerinde ise negatif C_p katsayıları belirlenmiştir. İstatistik analiz sonucunda EN, AS ve BS standartları arasında istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Sonuç olarak silo tasarımında önemli bir çevresel yük grubundan olan rüzgar yükünün hesaplanmasında rüzgar hızı, ve yörenin topoğrafik koşullarına bağlı olarak değişim gösterebilen C_p katsayılarının dikkate alınarak tasarım yapılması gerekmektedir.

Anahtar kelimeler: Avustralya standardı, dış basınç katsayısı, Eurocode, İngiliz standardı, silo

The Determination of External Pressure Coefficients on The Silo Surface According to Different Standards

ABSTRACT: In this study, wind external pressure coefficient (C_p) values were investigated according to different height/diameter (h/d_c) and different wind arrival angles (θ_w) to the silo surface in a steel cylindrical silo with 14 m height and 6 m diameter. Eurocode (EN), Australian standard (AS) and British standard (BS) were used for the external pressure coefficients in the study. In the study, coefficient values were obtained calculating according to EN and AS standards and compared with the table values given for the BS standard. Depending on the EN and AS standards, positive C_p coefficients were obtained at different h/d_c ratios up to a 20° wind arrival angle to the silo surface. Negative C_p coefficients were determined at higher values of the 20° wind arrival angle to the silo surface. Statistically significant differences ($P<0.05$) were found among the EN, AS and BS standards. As a result, design must be made considering the C_p coefficients which can vary depending on the wind speed and the topographic conditions of the area in the calculation of the wind load which is one of the important environmental load groups in the silo design.

Keywords: Australian standard, external pressure coefficient, Eurocode, British standard, silo

¹ Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi, Bolu, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Hakan KİBAR, hakan.kibar@ibu.edu.tr

GİRİŞ

İnsan beslenmesinde ihtiyaç duyulan gıda ürünlerinin yıl boyunca sürekliliğinin sağlanabilmesi için bu ürünlerin kalitelerinin bozulmadan uzun bir süre muhafaza edilmesi gerekmektedir. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de artan nüfus nedeniyle depolama yapılarına olan ihtiyaçta artış göstermektedir. Hasattan sonra bu ürünlerin muhafazaları amacıyla farklı depolama sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu depolama sistemlerinden günümüzde yaygın olarak kullanılanları yatay ve düşey depolar (silolar) ile kontrollü atmosfer, modifiye atmosfer, hiperbarik ve hipobarik depolama sistemleridir. Bu depolama yapılarından bir tanesi olan silolarda günümüzde ticari faaliyetlere yönelik olarak depolama amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Düşey depolardan olan siloların cidarında; çelik, betonarme, ahşap, fiberglas, alüminyum, ferroçimento gibi çok çeşitli malzemeler kullanılabilir. Silolar genellikle büyük depolama kapasitelerine sahip ticari amaçlı ve küçük depolama kapasitesine sahip çiftçi depolama sistemleri olarak tasarlanabilmektedir. Ancak ticari ve çiftçi depolaması için silolarda en yaygın kullanılan cidar malzemesi çeliktir.

Yüksek yapılardan olan siloların tasarımında statik ve dinamik yükler dikkate alınarak tasarım yapılmaktadır. Siloda göz önüne alınması gereken önemli statik ve dinamik yükler; ürünün depoya doldurulmasında ortaya çıkan doldurma yükleri, boşaltma esnasında oluşan boşaltma yükleri, sıcaklık farkından oluşan yükler, rüzgar yükleri, kar yükleri ve deprem yükleridir. Günümüzde bu yüklerin hesaplanmasında AS 3774, (1996), ACI 313-97, (1998), EN 1990, (2002), EN 1991-4, (2006), EN 1993-4-1, (2007), BS 5502-74: 1991, (2009) ve ASAE 1995, (2010) gibi çok farklı standartlar geliştirilmiştir.

Yüksek yapı özelliğine sahip bir siloda tasarım esnasında çevresel yüklerden bir tanesi olan rüzgar yükü etkisi mutlaka göz önüne alınması gereken bir önemli koşuldur. Rüzgar yükü etkisinin siloda hesaplanabilmesi için farklı ülkeler tarafından farklı standartlar geliştirilmiştir. Bu amaçla Avrupa

ülkelerinin birçoğunda EN 1991-1-4, (2005), Avustralya'da AS 1170.2:1997, (2002) ve Birleşik Krallık ülkelerinde ise yaygın olarak BS 6399-2: 1997, (2002) standartları günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Düşey (silo) ve yatay depo gibi depolama yapılarının dış yüzeyi üzerindeki rüzgar basınçları, pek çok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Araştırmalar sonucunda hem dış basınç katsayıları hemde rüzgar tünel testleri ile basınçlar hesaplanılmaya çalışılmıştır (Purdy, 1967; Sabransky, 1987; Macdonald et al., 1988; Portela, 2005a, b).

Rüzgar özellikle boş durumdaki yüksek siloların stabilitesini etkileyebilmekte, bu durumda kolonlarda ve temellerde oluşan gerilmeler dolu durumda meydana gelen etkilerden daha büyük olabilmektedir. Özellikle silindirik silolar herhangi bir ürünle dolu olmadığı durumlarda rüzgar etkisinin oluşturacağı ovalleşme gibi etkilerin de denetlenmesi zorunlu olmaktadır (Greiner, 1998). Rüzgar yüklerinin hesaplanmasında önemli bir faktör, silo yüksekliği boyunca önemli bir değişkenlik gösteren dış basınç katsayılarıdır (C_p).

Bu çalışmanın amacı Bolu ilinde 14 m yüksekliğe ve 6 m çapa sahip düz tabanlı buğday depolanan çelik silindirik bir siloda Eurocode ve AS standardına göre C_p katsayılarını hesaplamak ve hesaplanan bu değerleri BS standardına göre verilen Çizelge değerleri karşılaştırılmasıdır. Karşılaştırma sonucunda yöntemler arasında fark olup olmadığı, ülkemizde çevirisi yapılarak kullanılan Eurocode standardının diğer standartlardan farkı ortaya konulacaktır. Ayrıca bu çalışma sonucunda silo tasarımında kullanılan rüzgar yükü eşitliklerine temel veri sağlanacaktır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanı olan Bolu ili 40° 44' kuzey enlemi ile 31° 37' doğu boylamı arasında yer almaktadır. Bolu ilinin 2004-2016 yılları arası iklim verilerinin aylık ortalaması Çizelge 1'de verilmiştir (TÜMAS, 2017).

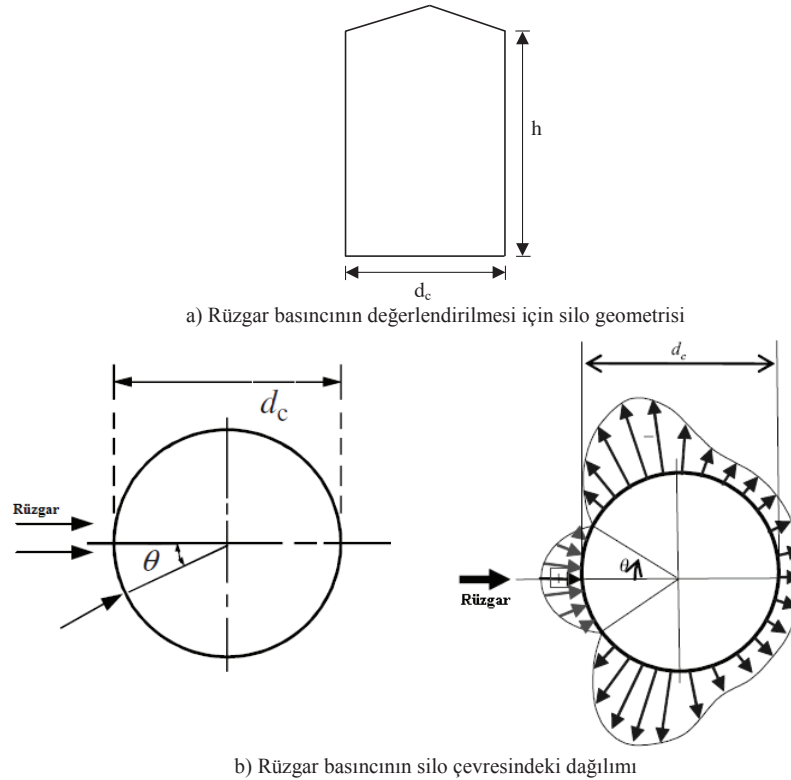
Çizelge 1. Bolu ilinin aylık ortalama iklim parametreleri

Aylar	Ortalama rüzgar hızı, $m\ sn^{-1}$	Ortalama sıcaklık, $^{\circ}C$	Ortalama bağıl nem, %
Ocak	1.3	1.6	82.1
Şubat	1.5	3.6	76.9
Mart	1.6	6.4	73.1
Nisan	1.6	10.6	69.7
Mayıs	1.5	15.1	72.5
Haziran	1.5	18.6	71.1
Temmuz	1.7	21.0	67.7
Ağustos	1.6	21.1	66.9
Eylül	1.4	16.7	71.9
Ekim	1.3	11.8	77.6
Kasım	1.2	7.1	76.4
Aralık	1.2	2.8	81.5

Çalışmada ele alınan düz yüzeyle çelik silonun yapısal özellikleri $h = 14\ m$, $d_c = 6\ m$, cidar kalınlığı $(t) = 6\ mm$, Elastisite modülü $= 2.1 \times 10^8\ kPa$ ve poisson oranı $= 0.3$ tür. Ayrıca siloda buğday ürününün depolandığı kabul edilmiştir. Araştırmada buğday birim ağırlığı ortalama $0.77\ t\ m^{-3}$ olarak alınmıştır (Kibar,

2016). Seçilen parametrelere göre silo hacmi $396\ m^3$ olup depolama kapas

itesi ise 296 ton olarak bulunmuştur. Çalışmada ele alınan düz yüzeyle silindirik silo geometrisi ve rüzgar yükü basınç dağılımı Şekil 1’ de verilmiştir.



Şekil 1. Silindirik silo üzerindeki rüzgar basınçları

EN 1993-1-1, (2005) ve EN 1991-4, (2006)' ya göre yapılan sınıflandırmada h/d_c oranı, $14/6 = 2.33$ olduğundan çalışmada kullanılan silo tipi narin silodur. Silo kapasitesi 296 ton olduğundan ilgili standarda göre silonun Etki Değer Sınıfı AAC1 ve önemlilik sınıfı CC3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca cidar yüzeyi olarak D1 malzemesinin kullanılacağı kabulü yapılmıştır (EN 1991-4, 2006).

EN 1991-1-4, (2005)'e göre silindirik silolara etki eden rüzgarın oluşturduğu dış basınç katsayıları (C_p) eşitlik 1 ile belirlenmektedir. Bu formül, altı farklı rüzgar modunun süperpozisyonunu temsil etmektedir. Ayrıca eşitlik 1' de verilen rüzgar basıncı harmonik katsayı değerleri ise Çizelge 2' de verilen eşitlikler ile belirlenmiştir. Bu eşitlik rüzgarın tüm yönleri için de kullanılabilir.

$$C_p = a_0 + a_1 \cos \theta_w + a_2 \cos 2\theta_w + a_3 \cos 3\theta_w + a_4 \cos 4\theta_w + a_5 \cos 5\theta_w \quad (1)$$

Eşitlikte;

C_p : Dış basınç katsayısı

a : Silindirik silo üzerindeki rüzgar basıncı harmonik katsayısı

θ_w : Silindirik silo cidarı üzerine etki eden rüzgar açısı, radyan

d_c : Silonun çapı, m

h : Silo yüksekliği, m

Çizelge 2. Silindirik silo üzerindeki rüzgar yükü için harmonik katsayılar (EN 1991-1-4, 2005)

Katsayı	Değer
a_0	$-0.70 + 0.20 (d_c/h)$
a_1	$+0.40$
a_2	$+1.10 - 0.25 (d_c/h)$
a_3	$+0.42 - 0.06 (d_c/h)$
a_4	$-0.14 + 0.04 (d_c/h)$
a_5	-0.08

AS 1170.2:1997, (2002) standardına göre ele alınan 14 m yüksekliğe ve 6 m çapa sahip silindirik silonun kesit şekli G1 sınıfında yer almaktadır. Standarda göre $h/d_c = 14/6 = 2.33$ olduğundan bu değer $1.0 \leq h/d_c \leq 3.0$ sınır değerleri arasında yer aldığından silo, A2 tipi orta derecede uzun silodur. Bu çalışmada dinamik yüklerden rüzgar yükü için dış basınç katsayıları (C_p)

belirlendiğinden yük grubu açısından C grubunda yer almaktadır. Ayrıca cidar yüzeyi olarak D1 malzemesinin kullanılacağı kabulü yapılmıştır. Çalışmada düz tabanlı silo kullanıldığı için ilgili standarda göre akış koşulları yönünden boru tipi akış seçilmiştir. AS 1170.2:1997, (2002)' ye göre silindirik silo üzerindeki C_p dış basınç katsayıları eşitlik 2 ile belirlenmiştir.

$$C_p = k_b C_{p1}(\theta_w) \quad (2)$$

Eşitlikte;

k_b : Silindirik silo faktörü

$C_{p1}(\theta_w)$: θ_w fonksiyonu olarak silonun cidarı üzerindeki dış basınç katsayısı

Eşitlikte verilen k_b faktörü, h/d_c değeri 0.25 - 4.0 hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada da $h/d_c = 2.33$ değerleri arasında ise aşağıdaki verilen eşitlik 3 ile olduğundan aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir.

$$k_b = \begin{cases} 1.0 & C_{p1} \geq -0.15 \text{ olduğunda} \\ 1.0 - 0.55(C_{p1}(\theta_w) + 0.15) \log_{10} \left(\frac{h}{d_c} \right) & C_{p1} < -0.15 \text{ olduğunda} \end{cases} \quad (3)$$

Yukarıda verilen eşitlikte C_{p1} katsayısı ise eşitlik 4 ile hesaplanmıştır.

$$C_{p1}(\theta_w) = -0.5 + 0.4\cos\theta_w + 0.8\cos2\theta_w + 0.3\cos3\theta_w - 0.1\cos4\theta_w - 0.05\cos5\theta_w \quad (4)$$

BS 6399-2:1997, (2002) standardına göre silo dış basınç katsayısının (C_p) hesaplanmasında eşitlik kullanılmadan Çizelge değerlerinden yararlanılmaktadır. Bu standarda göre geliştirilmiş olan C_p katsayıları Çizelge 3'te verilmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada EN ve AS standartlarına göre Bolu ili için rüzgar yükünün belirlenmesinde kullanılacak model bir silo yüzeyinde dış basınç katsayı değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen bu değerlerin BS standardı ile de karşılaştırması yapılmıştır. C_p katsayıları silonun farklı h/d_c yüksekliklerinde ve rüzgar geliş açılara göre hesaplanmıştır. Farklı h/d_c oranlarına göre belirlenmesindeki amaç, özellikle silonun boş

olduğu koşullarda rüzgarın farklı yüksekliklerde farklı etkilere neden olabilemesidir. Rüzgar yapılar üzerinde her zaman aynı açı ile gelmemekte, doğa koşullarına bağlı olduğu için daima yapı yüzeyine farklı açı değerleri ile etki etmektedir. Buna bağlı olarak rüzgar, yükseklikleri fazla olan silo yüzeyinde diğer yapılarda olduğu gibi farklı açılara göre eki ettiğinden, farklı katsayıların ortaya çıkabileceği çalışmada ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çizelge 3. Silo yapısı için dış basınç katsayıları

Silo yüzeyine etki eden rüzgar açısı, θ_w	Dalgalı yüzeyler		Düz yüzeyler	
	$h/d_c \geq 10$	$h/d_c \leq 2.5$	$h/d_c \geq 10$	$h/d_c \leq 2.5$
0°	+1.0	+1.0	+1.0	+1.0
10°	+0.9	+0.9	+0.9	+0.9
20°	+0.7	+0.7	+0.7	+0.7
30°	+0.4	+0.4	+0.35	+0.35
40°	0	0	0	0
50°	-0.5	-0.4	-0.7	-0.5
60°	-0.95	-0.8	-1.2	-1.05
70°	-1.25	-1.1	-1.4	-1.25
80°	-1.2	-1.05	-1.45	-1.3
90°	-1.0	-0.85	-1.4	-1.2
100°	-0.8	-0.65	-1.1	-0.85
120°	-0.5	-0.35	-0.6	-0.4
140°	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25
160°	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25
180°	-0.4	-0.3	-0.35	-0.25

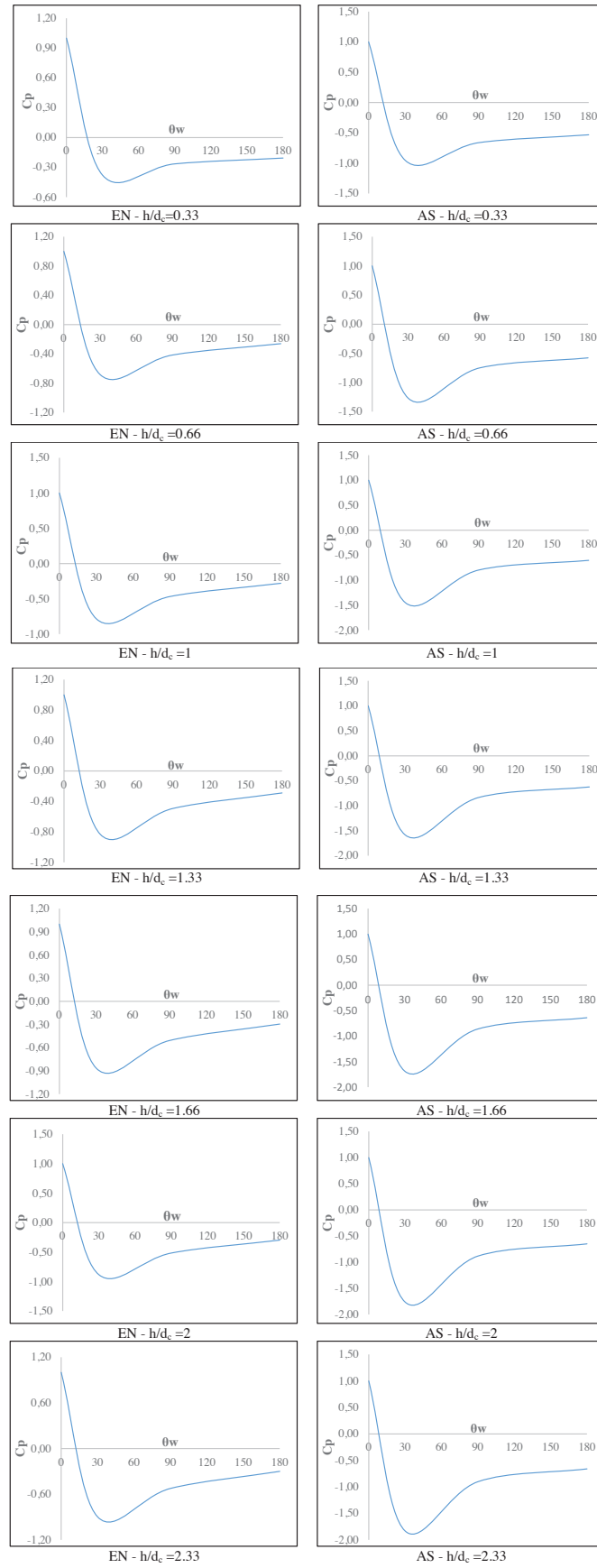
Not 1: $2.5 < h/d_c < 10$ için enterpolasyon kullanılabilir.
2: $d = 1$ m'den daha büyük çaplar için geçerlidir.

Farklı yükseklik ve rüzgar geliş açıları için EN standardına göre belirlenen C_p dış basınç katsayı değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’den görüldüğü gibi silo yüzeyine etki eden rüzgar geliş açısı yaklaşık 20° ’ye kadar tüm yüksekliklerde pozitif katsayı, 20° ’den sonraki tüm açı değerleri ve yüksekliklerde ise negatif katsayılar ortaya çıkarmaktadır. EN standardına göre C_p katsayısının maksimum, ortalama ve minimum değerleri sırasıyla 1.00, -0.11 ve -0.91 olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Rüzgarın silo yüzeyine farklı açı değerlerinde etki etmesinde silonun kurulduğu yerin topoğrafik özellikleri de etkili olmaktadır. Dolayısıyla dış basınç katsayı değerleri değişkenlik gösterdiğinden rüzgar yükü hesaplamalarında mutlaka rüzgar geliş açısı dikkate alınarak farklı yükseklikler için hesaplama yapılması gerekmektedir. Silolar için farklı yüksekliklerdeki dış basınç katsayı değerleri bulunduktan sonra tüm yükseklikler için ortalama değer alınarak sabit bir dış basınç katsayısının kullanılacağı araştırmacılar ve ilgili standartlarca bildirilmiştir (ACI 334, 1991; Greiner, 1995; Portela, 2005a, b; EN 1993-4-1, 2007). İstatistik analizi sonuçlarına göre farklı yükseklikler ve θ_w açıları için C_p katsayıları arasındaki farklılık $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Macdonald et al., (1988), h/d_c oranları ve silo yüzeyine farklı rüzgar geliş açılarının 30° ’ye kadar olduğu koşulda pozitif bu değerden sonra ise negatif C_p katsayılarının meydana geldiğini bildirmiştir. Chen and Rotter (2012), EN standardına göre C_p katsayılarını üç farklı silo tipinde farklı h/d_c oranları için araştırmışlardır. Araştırma sonucunda yaklaşık 20° ’lik θ_w açısına kadar pozitif bu değerden sonraki θ_w açıları için negatif C_p katsayıları elde etmişlerdir. Zhao et al., (2013) çelik silindirik düz tabanlı siloda farklı θ_w açıları ve h/d_c oranları için C_p katsayılarını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, elde etmiş oldukları C_p katsayı değerleri bu çalışma ile benzerlik göstermektedir. Zhao and Lin (2014a) çalışmalarında 6 farklı silo tipinde (yüksekliği ve çapı sırasıyla, 21.8-80 m; 19.35-60 m; 15.85-40.5 m; 15.85-28.5 m; 14.27-22 m; ve 12.69-14.5 m) C_p katsayılarını EN standardına göre araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda silo yüzeyinde farklı rüzgar geliş açılarına bağlı olarak C_p değişimi yaklaşık olarak 22.5° ’lik rüzgar geliş açısına kadar pozitif basınç katsayılarını, bu açı değerinden sonra ise negatif basınç katsayılarını elde etmişlerdir.

AS standardına göre C_p dış basınç katsayılarının değişimi Şekil 2’de gösterilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde tüm yükseklikler ve yaklaşık 20° ’lik rüzgar geliş açısına kadar pozitif ve 20° ’den sonraki açı değerlerinde negatif basınç katsayıları belirlenmiştir. Pozitif veya negatif basınç katsayılarının ortaya çıkmasında rüzgarın hız dağılımı, silonun kurulduğu yörenin topoğrafik özellikleri ve çevresel koşullar gibi faktörler etkili olmaktadır. Şekil 2’den de görüldüğü gibi AS standardına göre C_p katsayısının maksimum ortalama ve minimum değerleri sırasıyla 1.00, -0.48 ve -1.83 olarak saptanmıştır. h/d_c oranları için belirlenen C_p katsayı değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($P>0.05$). Yine θ_w açıları yönünden yapılan istatistik analizi sonucunda C_p katsayıları arasındaki istatistiksel farklılık $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur.

Flores and Godoy (1998), $h/d_c=0.4$ olan çelik siloda yaptığı çalışmada farklı θ_w açılarında bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar tespit etmiştir. Zhao et al., (2014b) $h/d_c=1.5, 2.0$ ve 2.5 oranlarına sahip çelik siloda C_p katsayılarını incelemişler ve θ_w açısının değişimi ile C_p katsayılarının değiştiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca en büyük C_p değerlerini $h/d_c=1.5$ oranında saptamışlardır.

BS standardı için C_p katsayısının belirlenmesine yönelik standartta Çizelge değerleri verildiğinden herhangi bir hesaplama yapılmadan direkt alınabilmektedir. Bu standart için Çizelge 3 incelendiğinde silo yüzeyine rüzgar geliş açısının 30° ’ye kadar olduğu durumda pozitif C_p katsayıları, 40° ’de ise C_p katsayısının 0 ve 40° ’den daha büyük açı değerlerinde ise negatif C_p katsayılarının olduğu görülmektedir. Yapılan bu çalışmada ise hem EN hemde AS standardına göre yaklaşık $0 - 20^\circ$ ’ye kadar pozitif 20° ’den sonra negatif C_p katsayıları elde edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada 2 farklı standarda göre belirlenen C_p katsayıları ile BS standardında verilen Çizelge değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda her üç standarda göre C_p katsayıları arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli bir farklılık saptanmıştır.



Şekil 2. Farklı h/d_c oranları için Eurocode (EN) ve Avustralya standardına (AS) bağlı dış basınç katsayı (C_p) değişimleri

SONUÇ

Kompleks bir yapıya sahip olan çelik silolar büyük hacimli depolama kapasitelerine sahip olduklarından tasarımları diğer mühendislik yapılarına göre daha karmaşık bir sisteme sahiptir. Bu karmaşık sisteme sahip silonun tasarımında çevresel yüklerden olan rüzgar yükü dikkate alınmadan yapılan tasarımda özellikle silonun boş olduğu durumda devrilmesi diğer bir ifadeyle yıkılması ile karşılaşılabılır. Böyle bir durumla karşılaşmamak için büyük bir maliyetle inşa edilen silolarda rüzgar yüküne etki eden faktörlerden bir tanesi olan C_p katsayıları dikkate alınmalıdır. Bu

çalışma sonucunda elde edilen farklı h/d_c oranlarından en yüksek C_p katsayıları 30 - 45°'lik rüzgar geliş açılarında belirlenmiştir. Ele alınan bu değer silonun inşa edileceği yörenin topoğrafik özellikleri ve rüzgar hızı gibi faktörlere göre değişkenlik gösterebilmektedir.

Çalışma sonucunda üç farklı yöntemle göre C_p katsayılarına yönelik olarak elde edilen değerler, Bolu ilinde tasarımı yapılacak olan buğday silolarında rüzgar yükünün hesaplanmasında tasarımcılara önemli bir veri sağlamaktadır. Bu üç yöntem içerisinde Avrupa Birliğine aday ülke olmamız nedeniyle Eurocode değerlerinin kullanılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ACI 313-97, 1998. Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials. American Concrete Institute.
- ACI 334, 1991. Reinforced Concrete Cooling Tower Shells-Practice and Commentary. American Concrete Institute, 334-2R.
- AS 3774, 1996. Loads on Bulk Containers. Sydney: Australian Standard.
- AS 1170.2: 1997, 2002. Structural Design Actions Part 2: Wind Actions. Sydney: Australian Standard.
- ASAE 1995, 2010. ANSI/ASAE EP545, Loads Exerted by Free-Flowing Grain on Shallow Storage Structures. American Society of Agricultural and Biological Engineers, ASABE, St. Joseph, MI 49085-9659, USA.
- BS 6399-2: 1997, 2002. Loading for Buildings - Part 2: Code of Practice for Wind Loads. British Standard.
- BS 5502-74: 1991, 2009. Buildings and Structures for Agriculture - Part 74: Code of Practice for Design and Construction of Bins and Silos for Combinable Crops. British Standard.
- Chen L, Rotter JM, 2012. Buckling of anchored cylindrical shells of uniform thickness under wind load. *Engineering Structures*, 41: 199-208.
- EN 1990, 2002. Basis of Structural Design. European Standard.
- EN 1991-1-4, 2005. Actions on Structures - Part 1-4: general Actions - Part 1-4, Wind Actions. European Standard.
- EN 1993-1-1, 2005. Design of Steel Structures - Part 1-1: General Rules and Rules for Buildings. European Standard.
- EN 1991-4, 2006. Actions on Structures - Part 4: Silos and Tanks. European Standard.
- EN 1993-4-1, 2007. Design of Steel Structures - Part 4-1: Silos. European Standard.
- Flores FG, Godoy LA, 1998. Buckling of short tanks due to hurricanes. *Engineering Structures*, 20(8): 752-760.
- Greiner R, Derler P, 1995. Effect of imperfections on wind-loaded cylindrical shells. *Thin-Walled Structures*, 23: 271-81.
- Greiner R, 1998. *Cylindrical Shells: Wind Loading. Silos: Fundamentals of Theory, Behaviour, and Design.* Taylor & Francis.
- Kibar H, 2016. Determining the functional characteristics of wheat and corn grains depending on storage time and temperature. *Journal of Food Processing and Preservation*, 40(4): 749-759.
- Macdonald PA, Kwok KCS, Holmes JD, 1988. Wind loads on circular storage bins, silos and tanks: I. Point pressure measurements on isolated structures. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 31: 165-88.
- Portela G, Godoy LA, 2005a. Wind pressure sand buckling of cylindrical steel tanks with a conical roof. *Journal of Construction Steel Research*, 61(6): 786-807.
- Portela G, Godoy LA, 2005b. Wind pressure sand buckling of cylindrical steel tanks with a dome roof. *Journal of Construction Steel Research*, 61(6): 808-24.
- Purdy DM, Maher PE, Frederick D, 1967. Model studies of wind loads on flat-top cylinders. *Journal of the Structural Division, ASCE*, 93: 379-95.
- Sabransky IJ, Melbourne WH, 1987. Design pressure distribution on circular silos with conical roofs. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 26: 65-84.
- TÜMAS, 2017. Meteorolojik veri arşiv sistemi. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://tumas.dmi.gov.tr/wps/portal/>. Erişim tarihi: 10 Nisan, 2017.
- Zhao Y, Cao OS, Su L, 2013. Buckling design of large circular steel silos subject to wind pressure. *Thin-Walled Structures*, 73: 337-349.
- Zhao Y, Lin Y, 2014a. Buckling of cylindrical open-topped steel tanks under wind load. *Thin-Walled Structures*, 79: 83-94.
- Zhao Y, Lin Y, Shen YB, 2014b. Wind loads on large cylindrical open-topped tanks in group. *Thin-Walled Structures*, 78: 108-120.