



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



DAYANMA YAPILARININ SEZGİSEL
YÖNTEMLER KULLANILARAK
OPTİMUM TASARIMI

Esra URAY

DOKTORA TEZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Esra URAY tarafından hazırlanan “Dayanma Yapılarının Sezgisel Yöntemler Kullanılarak Optimum Tasarımı” adlı tez çalışması 16/06/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr.Mustafa YILDIZ

.....

Danışman

Prof.Dr.Murat OLGUN

.....

Üye

Prof.Dr.Atilla ÖZÜTOK

.....

Üye

Doç.Dr.Erdal UNCÜOĞLU

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi İ.Hakkı ERKAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü V.

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 17401107 no lu proje ile desteklenmiştir.

Doç.Dr.Serdar ÇARBAŞ bu tez çalışmasının ikinci danışmanıdır.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Esra URAY

Tarih:

ÖZET

DOKTORA TEZİ

DAYANMA YAPILARININ SEZGİSEL YÖNTEMLER KULLANILARAK OPTİMUM TASARIMI

Esra URAY

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Murat OLGUN
Yardımcı Danışman: Doç. Dr. Serdar ÇARBAŞ
2020, 415 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Murat OLGUN
Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK
Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
Doç. Dr. Erdal UNCÜOĞLU
Dr. Öğr. Üyesi İ.Hakkı ERKAN

Bu tez çalışmasında dayanma yapıları ile yatay yüklü tekil kazık ve kazık grubunun optimum tasarımları harmoni arama ve yapay arı kolonisi sezgisel optimizasyon algoritmaları kullanılarak araştırılmıştır. Ayrıca, bu zemin yapı sistemlerinin parametrik çalışmaları istatistiksel tabanlı Taguchi yöntemi kullanılarak da yapılmıştır. Dayanma yapısı olarak üç farklı konsol dayanma duvarı ve tek sıra ankrajlı iksa sistemi dikkate alınmıştır. Optimum tasarımların stabilite tahkikleri için istatistiksel yöntemler kullanılarak matematik modeller geliştirilmiş ve geliştirilen matematik modellerin doğrulama analizleri yapılmıştır. Konsol dayanma duvar tasarımlarında minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını veren optimum tasarımlar farklı duvar yükseklikleri ve zemin içsel sürtünme açısı değerleri için elde edilmiştir. Tek sıra ankrajlı iksa sisteminde farklı zemin içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlık değerlerine göre ankraj derinliği, ankraj kuvveti ve iksa sistemi gömme derinliğinin optimum değerleri bulunmuştur. Yatay yüklü kazıkların optimum tasarımlarında belirli kazık üst ucu deplasmanı ve zemin standart penetrasyon sayısına göre minimum kazık ağırlığına sahip tasarımlar araştırılmıştır. Yapılan tüm analizler sonucunda dayanma yapılarının ve yatay yüklü kazıkların tasarımlarında kullanılmak üzere farklı zemin ve şev özellikleri için tasarım grafikleri geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Derin kazı destekleme sistemi, Konsol dayanma duvarı, Harmoni arama algoritması, Taguchi metodu, Yapay arı kolonisi algoritması, Yatay yüklü kazıklar

ABSTRACT

PhD THESIS

OPTIMUM DESIGN OF RETAINING STRUCTURES BY USING HEURISTIC METHODS

Esra URAY

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Civil Engineering**

**Advisor: Prof. Dr. Murat OLGUN
Co-Advisor: Assoc. Prof. Dr. Serdar ÇARBAŞ**

2020, 415 Pages

Jury

**Prof. Dr. Murat OLGUN
Prof. Dr. Atilla ÖZÜTOK
Prof. Dr. Mustafa YILDIZ
Assoc. Prof. Dr. UNCÜOĞLU
Asst. Prof. Dr. İ.Hakkı ERKAN**

In this thesis study, the optimum designs of retaining structures and laterally loaded single pile and pile group have been investigated by using harmony search and artificial bee colony optimization algorithms. In addition, parametric studies of these soil-structure systems were carried out using the statistical-based Taguchi method. Three different types of cantilever retaining walls and single-row anchored shoring system were taken into consideration as the retaining structures. For the stability controls of optimum designs, mathematical models were developed by using statistical methods and verification analyzes of the developed mathematical models were performed. In designs of cantilever retaining walls, optimum designs giving minimum safety factors of sliding, overturning and slope stability were obtained for different values of wall height and angle of internal friction. In the single row anchorage retaining system, the optimum values of anchorage depth, anchorage force and embedding depth of retaining system were achieved according to different values of angle of internal friction and unit volume weight of soil. In optimum designs of laterally loaded piles, designs with a minimum weighted pile were investigated according to the specific displacement of the top tip of pile and number of soil standard penetration. As a result of all the analyzes, design graphics have been developed for different properties of soil and slope for the design of the retaining structures and horizontally loaded piles.

Keywords: Artificial bee colony algorithm, Cantilever retaining wall, Deep excavation support system, Harmony search algorithm, Laterally loaded piles, Taguchi method



*Prof.Dr.Özcan Tan' ın anısına...
Sonsuz şükran ve saygılarımla*

ÖNSÖZ

Uzun yıllar boyunca öğrencisi olmaktan ve birlikte çalışmaktan onur ve gurur duyduğum değerli doktora tez danışmanım Prof. Dr. Özcan Tan 6 Ocak 2020' de aramızdan ayrılmıştır. Doktora tezimin çalışma konusunun oluşturulmasında ve geliştirilmesinde desteğini esirgemeyen, her daim bilgisini ve tecrübesini benimle paylaşan, yolumu aydınlatan, çalışmalarımı teşvik eden, kendisini akademisyenliğe ve eğitime adanmış yeri hiçbir zaman dolmayacak olan ve eğitim hayatımda tanıdığım için kendimi şanslı hissettiren çok kıymetli hocam Prof. Dr. Özcan Tan' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bir baba davranışı ve gülümsemesiyle her daim gösterdiği nezaket, anlayış, sabır ve bana kattığı paha biçilmez değerler için kendisine minnettarım. Ruhu şad olsun.

Doktora tez çalışmasının tamamlanmasında her daim değerli bilgi ve tecrübesiyle beni yönlendiren, çok yoğun olduğunda bile vakit ayırıp ilgilenen ve yardımını esirgemeyen ikinci doktora tez danışmanım Prof. Dr. Murat Olgun' a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Optimizasyon ile tanışmama vesile olan ve bu alanda sahip olduğu muazzam bilgi ve tecrübeyle beni yönlendirip gelişmeye katkı sağlayan yardımcı doktora tez danışmanım Doç. Dr. Serdar Çarbaş'a özverili ve içten desteği için teşekkürü bir borç bilirim.

Tez süresince karşılaşılan sorunların çözümünde değerli yardım ve katkısından dolayı Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Hakkı Erkan' a ve akademik çalışma hayatımda her daim desteğini esirgemeyen KTO Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı değerli hocam Prof.Dr. Atilla Özütok' a, KTO Karatay Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Öğretim Üyelerine ve dostlarıma teşekkür ederim.

Doktora çalışmalarım süresince her zaman desteğini yanımda hissettiğim babam Durali Yıldız'a ve annem Perihan Yıldız'a ve sevgili aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Doktora yeterlilik ile başlayan süreçte hayatıma dahil olan oğlum Tarık Mirza'ya bana minik elleri ve güzel gülüşü ile verdiği destek için ve çalışmalarım boyunca sevgisi, sabrı, anlayışı ve motivasyonu ile her daim yanımda olan sevgili eşim, yol arkadaşım Yüksek İnşaat Mühendisi Kemal Uray'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Esra URAY
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Önemi, Amacı ve Kapsamı.....	1
1.2. Kaynak Araştırması	7
1.2.1. Konsol dayanma duvarı ve diğer sezgisel optimizasyon algoritma uygulamaları	7
1.2.2. Harmoni arama algoritması ve mühendislik uygulamaları.....	9
1.2.3. Yapay arı kolonisi algoritması ve mühendislik uygulamaları	12
1.2.4. Taguchi metodu ve mühendislik uygulamaları.....	13
1.2.5. Derin kazı destekleme sistemleri	16
1.2.6. Yatay yüklü kazıklar	17
2. DAYANMA YAPILARI VE YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR.....	20
2.1. Dayanma Yapıları	20
2.1.1. Yanal zemin basınçları.....	22
2.1.2. Konsol dayanma duvarları	28
2.1.3. Konsol dayanma duvar tahkikleri	31
2.1.4. Derin kazı destekleme sistemleri	37
2.2. Yatay Yüklü Kazıklar	43
2.2.1. Giriş	43
2.2.2. Kazıkların yatay yük altında davranışı	44
3. TAGUCHİ METODU VE SEZGİSEL OPTİMİZASYON ALGORİTMALARI	48
3.1. Taguchi Metodu	48
3.1.1. Giriş	48
3.1.2. Taguchi ortogonal diziler.....	49
3.1.3. Sinyal/Gürültü oranları	51
3.2. Rölatif Hatanın Normal Dağılım Kriterleri ile İncelenmesi	52
3.3. Optimizasyon	54
3.4. Harmoni Arama Algoritması	56
3.4.1. Tanım ve genel kavramlar	57

3.4.2. Harmoni arama algoritma adımları.....	59
3.4.3. Müzikte harmoni ile harmoni arama algoritmasının ilişkisi.....	61
3.5. Yapay Arı Kolonisi Algoritması.....	65
3.5.1. Tanım ve genel kavramlar	65
3.5.2. Yapay arı kolonisi algoritma adımları	67
3.5.3. Arıların besin arama süreci ile yapay arı kolonisi algoritması ilişkisi.....	70

4. DAYANMA DUVARLARININ NUMERİK VE İSTATİSTİK ANALİZ SONUÇLARI VE MATEMATİK MODELLERİ..... 72

4.1. Dayanma Duvarlarının Numerik Analizleri	72
4.1.1. Dayanma duvarları tahkiklerinde uygun analiz yönteminin belirlenmesi	76
4.1.2. Dayanma duvarı şev stabilitesi analiz yönteminin belirlenmesi.....	81
4.1.3. Dayanma duvarlarının stabilitesine farklı duvar yüksekliklerinin etkisi.....	83
4.1.4. Dayanma duvarlarının numerik analiz sonuçları	88
4.2. İstatistiki analizler.....	88
4.2.1. Konsol dayanma duvarı	89
4.2.2. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı	103
4.2.3. Dişli konsol dayanma duvarı	107
4.3. Konsol dayanma duvarı matematiksel model.....	112
4.3.1. Matematiksel modelde rölatif hata incelemesi	117
4.3.2. Matematiksel model ile örnek tasarım.....	128
4.4. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı	131
4.4.1. Matematiksel modelde rölatif hata incelemesi	131
4.4.2. Matematiksel model ile örnek tasarım.....	137
4.5. Dişli konsol dayanma duvarı	140
4.5.1. Matematiksel modelde rölatif hata incelemesi	140
4.4.2. Matematiksel model ile örnek tasarım.....	146

5. DAYANMA DUVARLARININ OPTİMUM TASARIMI..... 149

5.1. Dayanma Duvarlarının Optimum Tasarımı ve Algoritma Parametreleri	149
5.1.1. Tasarım değişkenleri.....	149
5.1.2. Sınırlayıcılar.....	151
5.1.3. Amaç fonksiyonu.....	153
5.1.4. Algoritma parametreleri.....	154
5.2. Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Analiz Sonuçları	155
5.2.1. Konsol dayanma duvarı için HAA tasarımları	156
5.2.2. Konsol dayanma duvarı için YAKA tasarımları.....	169
5.2.3. Konsol dayanma duvarı için HAA ve YAKA ile elde edilen optimum tasarımların karşılaştırılması.....	170
5.3. Eğik Taban Yüzlü Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Analiz Sonuçları..	176
5.3.1. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı için HAA tasarımları	176
5.3.2. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı için YAKA tasarımları	188
5.3.3. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı için HAA ve YAKA ile elde edilen optimum tasarımların karşılaştırılması	189
5.4. Dişli Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Analiz Sonuçları	195
5.4.1. Dişli konsol dayanma duvarı için HAA tasarımları.....	195
5.4.2. Dişli konsol dayanma duvarı için YAKA tasarımları.....	207
5.4.3. Dişli konsol dayanma duvarı için HAA ve YAKA ile elde edilen optimum tasarımların karşılaştırılması.....	208

5.5. Dayanma Duvar Tiplerinin Optimum Tasarımlarının Karşılaştırılması.....	214
6.TEK SIRA ANKRAJLI ANKASTRE İKSA SİSTEMİNİN OPTİMAL TASARIMI	221
6.1. Taguchi Tasarımı	221
6.2. Matematik Model ve Matematik Model Güvenirliğinin Araştırılması.....	228
6.3. Tasarım Grafikleri.....	231
6.4. Tasarım Grafikleri Uygulama Örneği.....	239
6.5. Optimizasyon Analizleri	242
6.5.1. Tasarım Değişkenleri.....	243
6.5.2. Sınırlayıcılar.....	245
6.5.3. Amaç fonksiyonu.....	247
6.5.4. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi optimizasyon analiz sonuçları	248
7.YATAY YÜKLÜ TEKİL KAZIK VE KAZIK GRUBU OPTİMİZASYONU..	254
7.1. Plaxis 3D Bilgisayar Analizleri	254
7.2. Yatay Yüklü Tekil Kazık Tasarımı.....	255
7.2.1. Yatay yük için geliştirilen matematik modeller.....	258
7.2.2. Matematik modellerin doğrulanması	268
7.2.3. Yatay yüklü tekil kazıkların optimum tasarımı	269
7.3. Yatay Yüklü Kazık Grubu Tasarımı	273
7.3.1. Yatay yük için geliştirilen matematik modeller.....	273
7.3.2. Matematik modellerin doğrulama analizleri.....	275
7.3.3. Yatay yüklü tekil kazıkların optimum tasarımı	277
8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	282
8.1. Sonuçlar	282
8.1.1. Konsol, eğik taban yüzölçüm konsol ve dişli konsol dayanma duvarları için sonuçlar.....	282
8.1.2. Tek sıra ankrajlı iksa sistemi için sonuçlar	287
8.1.3. Yatay yüklü kazıklar için sonuçlar	288
8.1.4. Genel sonuçlar	289
8.2.Öneriler	289
KAYNAKLAR	291
EKLER	295
ÖZGEÇMİŞ	411

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

a	: Ankaj derinliği
α	: Duvar arka yüzünün yatayla yaptığı açı
b	: Dayanma duvarı gövde üst kalınlığı
β	: Duvar arkası dolgu eğim açısı
B	: Temel genişliği
BM	: Besin matrisi
BS	: Besin kaynağı sayısı
c	: Kohezyon
δ	: Yapı ile zemin arasındaki etkileşim sürtünme açısı
Δ	: Ortalama S/N değeri
D	: İksa gömme derinliği
DOF	: Serbestlik derecesi
DS	: Deney sayısı
e	: Kazık zemin üstü uzunluk, Eksantrisite
ε_b	: Bağlı hata
$\emptyset$	: İçsel sürtünme açısı
$\emptyset_{ij}$	: (-1, 1) arasında rastgele sayı
$fitness_i$	: Uygunluk değeri
$f(x)$	: Amaç fonksiyonu
F_s	: Güvenlik sayısı
$F_{s(k)}$	: Kayma güvenlik sayısı
$F_{s(d)}$	: Devrilme güvenlik sayısı
$F_{s(tg)}$	: Toptan göçme güvenlik sayısı
F_{sk}	: Kayma güvenlik sayısı amaç fonksiyonu
F_{sd}	: Devrilme güvenlik sayısı amaç fonksiyonu
F_{st}	: Toptan göçme güvenlik sayısı amaç fonksiyonu
$F_{m(k)}$	: Matematik modeller belirlenen kayma güvenlik sayısı
$F_{m(d)}$	: Matematik modeller belirlenen devrilme güvenlik sayısı
$F_{m(tg)}$	: Matematik modeller belirlenen toptan göçme güvenlik sayısı
f_{min}	: Amaç fonksiyonu
$F_{s(analiz)}$	: Numerik analizle hesaplanan güvenlik sayısı
$F_{s(beklenen)}$	: Matematik modeller tahmin edilen güvenlik sayısı
γ_{zemin}	: Zemin birim hacim ağırlık
γ_{beton}	: Beton birim hacim ağırlık
$g(x)$	: Sınırlayıcılar
$g_x(1)$	: Kayma güvenlik sayısı üst limit sınırlayıcı
$g_x(2)$	: Kayma güvenlik sayısı alt limit sınırlayıcı
$g_x(3)$	: Devrilme güvenlik sayısı üst limit sınırlayıcı

$g_x(4)$	: Devrilme güvenlik sayısı alt limit sınırlayıcı
$g_x(5)$	: Toptan göçme güvenlik sayısı üst limit sınırlayıcı
$g_x(6)$	: Toptan göçme sayısı alt limit sınırlayıcı
$g_x(7)$	: Geometrik sınırlayıcı
H	: Dayanma duvar yüksekliği
HM	: Harmoni matrisi
HMS	: Harmoni matrisi kapasitesi
HMCR	: Harmoni matrisini dikkate alma oranı
i	: Harmoni matrisinin ve besin matrisinin satır sayısı
j	: Harmoni matrisinin ve besin matrisinin sütun sayısı
k_1, k_2	: Boyutsuz temel şekil katsayıları
k	: Diş yükseliği
K_o	: Sükûnet zemin basınç katsayısı
K_a	: Aktif zemin basınç katsayısı
K_p	: Pasif zemin basınç katsayısı
ψ_B	: Temel taban genişliği etki katsayısı
$\psi_{Bön}$	: Ön çıkma mesafesi etki katsayısı
ψ_d	: Temel kalınlığı etki katsayısı
ψ_θ	: İçsel sürtünme açısı etki katsayısı
ψ_k	: Diş yüksekliği etki katsayısı
ψ_m	: Duvar ön yüz eğimi etki katsayısı
ψ_{mt}	: Taban eğimi etki katsayısı
λ	: Toplam etki katsayısı
$L_d(a)^k$	: Ortogonal dizi genel gösterimi
m, mt	: Taban eğimi (%)
MR	: Modifikasyon oranı
maks_iter	: Maksimum iterasyon sayısı
μ	: Veri serisinin ortalaması
n	: Veri serisindeki eleman sayısı
N	: Tasarım değişken sayısı
N_c, N_q, N_γ	: Taşıma gücü katsayıları
ν	: Poisson oranı
ν_{ij}	: yeni kaynak
P	: Parametre sayısı
PAR	: Ton ayarlama oranı
P_a	: Aktif zemin basınç kuvveti
p_i	: Besin seçilme olasılığı
P_p	: Pasif zemin basınç kuvveti
PS	: Populasyon sayısı
$q_{sınır}$	: Sınır taşıma gücü
r^2	: Determinasyon katsayısı
R_a	: Ankraj kuvveti
rand(0,1)	: 0 ile 1 arasında olan rastgele sayı
run	: Deneme sayısı
ΣF	: Toplam kuvvet
ΣM_o	: Temel tabanı orta noktasına göre belirlenen toplam moment
ΣM_T	: Toplam moment
ΣN	: Toplam düşey kuvvet

ΣW	: Toplam düşey ağırlık
s, σ	: Standart sapma
$\sigma_{\max}$	: Maksimum zemin gerilmesi
$\sigma_{\min}$	: Minimum zemin gerilmesi
σ_y	: Elastik denge durumundaki yanal zemin basıncı
S	: Parametre seviyesi
S/N	: Sinyal/Gürültü oranı
S_s	: Kareler toplamı
W_{duvar}	: Duvar ağırlığı
x	: Moment sıfır noktası
x^l, x^u	: Tasarım değişkenlerinin alt ve üst sınırları
x_i	: i inci eleman
$x_{i,j}$	: Olası çözümler
$(x_i - \bar{x})^2$	: i inci elemanın ortalama ile farkının karesi
$x_j^{\max}$	: j'inci parametrenin üst sınırı
$x_j^{\min}$	: j'inci parametrenin alt sınırı
X_1, B	: Temel taban genişliği
$X_2, B_{\text{ön}}$	: Ön çıkma mesafesi
X_3, d	: Temel kalınlığı
X_4, m	: Duvar ön yüz eğimi (%)
X_5, k	: Dış yüksekliği
Y	: Hedef değer
$\bar{Y}$	: Ortalama hedef değer
y_g	: Hedef değerlerinin gerçek değerleri
y_t	: Tahmin edilen değerleri

Kısaltmalar

AASHTO	Devlet karayolu ve ulaşım yetkilileri Amerikan birliği LRFD köprü tasarım şartnamesi
ACI 318	Amerikan beton enstitüsü yapısal beton için yapım şartları
TS 7994	Zemin dayanma yapıları; sınıflandırma, özellikleri ve projelendirme yönetmeliği
HAA	Harmoni arama algoritması
YAKA	Yapay arı kolonisi algoritması
KDD	Konsol dayanma duvarı
EKDD	Eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvarı
DKDD	Dişli konsol dayanma duvarı

1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında, geoteknik mühendisliğinin yaygın tasarım problemleri olarak kabul edilen konsol dayanma duvarı, eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı ve dişli konsol dayanma duvarı, tek sıra ankrajlı iksa sistemi, yatay yüklü tekil kazık ve 6'lı kazık grubu tasarım kriterlerini ve stabilite koşullarını sağlayan optimum tasarımlar araştırılmıştır. Çalışması yapılan geoteknik problemlerinin tasarım kriterlerinin araştırılması ve stabilite tahkikleri için istatistik tabanlı matematik model geliştirilmesinde Taguchi Metodu ve optimum tasarımların elde edilmesinde meta-sezgisel optimizasyon algoritmalarından olan Harmoni Arama Algoritması ve Yapay Arı Kolonisi Algoritması kullanılmıştır.

1.1. Tezin Önemi, Amacı ve Kapsamı

Geoteknik mühendisliğinde farklı iki zemin seviyesi arasında oluşan yatay zemin direncine düşey ya da düşeye yakın bir yapı elemanı ile karşı koyan ve stabiliteyi sağlayan yapılar dayanma yapıları olarak tanımlanmaktadır. Özellikle farklı iki zemin kotunun şevli olarak bağlanmasının mümkün olmadığı büyük kazı alanı, rıhtım inşası, inşa alanında karayolu veya demiryolu olması ve mevcut bina varlığı gibi durumlarda dayanma yapıları alternatif bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte artan nüfusun dikey yapılaşmayı yaygınlaştırmasına paralel olarak otopark, depo, sığınak vb. fiziksel alan ihtiyaçları ve büyükşehirlerde trafiği aksatmadan bina ve metro tarzı inşaatların tamamlanması durumları ortaya çıkmıştır. Bu yapıların inşa aşamasında derin kazı destekleme sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Derin kazı destekleme sisteminde kullanılan ankrajlı veya ankrajsız iksa sistemleri yatay yük etkisinde olan yapısal elemanlardır. Ayrıca, rüzgâr, deprem, su gibi yatay yükler etkisinde olan kazıkların stabilite koşullarının sağlanması da bir diğer tasarım problemidir.

Zemini iki farklı düzeyde tutan ve birinci derecede yanal zemin basınçlarının etkisi altında olan dayanma duvarı, ankrajlı veya ankrajsız palplanş perde, betonarme duvar, fore kazık, yatay-düşey kaplama iksa sistemleri gibi dayanma yapıları ve yatay yüke maruz düşey kazıkların stabilite koşullarını sağlaması için yapılan analiz ve tasarımlar geoteknik mühendisliğinin karmaşık problemlerindendir. Genel olarak karmaşıklık bu tür yapılardaki zemin-temel-yapı etkileşiminden ve davranışı etkileyen

değişken zemin özellikleri, tabakalanma durumu, inşa alanının özel durumları, yeraltı suyu durumu, maliyet gibi parametrelerin fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bu parametreler problemi çok bilinmeyenli, sınırlayıcı ve karmaşık duruma getirmektedir.

Geoteknik mühendisliği yapılarının geleneksel yöntemler kullanılarak güvenli tasarımlarının elde edilmesi sistematik olarak çok sayıda ön boyutlandırma yapılarak analizlerin ve kontrollerin tekrarlanmasını gerektirmektedir. Yaygın olarak karşılaşılan geoteknik mühendisliği yapılarının projelendirilmesi ve inşası için gerçekleştirilen tasarımların stabilite koşullarını sağlaması kadar ekonomik olması da önemlidir. Ayrıca tasarım sürecinin mümkün olan en kısa zamanda tamamlanması ve elde edilen güvenli çözümün olası tüm çözümler arasında en ekonomik tasarım olması dikkat edilmesi gereken bir diğer tasarım kriteridir. Sonucu etkileyen tüm parametre ve boyutların dikkate alınacağı kapsamlı tasarım çalışmalarının yapılması zaman ve maliyet açısından neredeyse imkânsızdır.

Günümüzde, ele alınan problemin karmaşık çok bilinmeyenli yapısı da dikkate alınarak gerçekleştirilen tüm denemeler sonucu bulunan güvenli tasarımlar arasından en ekonomik olan tasarımın kısa zamanda elde edilmesinde optimizasyon teknikleri gibi yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Genellikle geoteknik mühendisliği uygulamalarına yönelik kullanılan yazılımlar, son zamanlarda farklı disiplinler için geliştirilmiş optimizasyon tekniklerini içermemektedirler. Bu tür tekniklerin uygulanabilmesi için daha fazla bilimsel araştırmaların yapılmasına ve geoteknik yapılarının optimum boyutlandırılması için tasarım kriterlerinin oluşturulmasına gereksinim vardır.

Mühendislikte optimizasyon; en faydalı sistemi minimum maliyetle imal etmek ya da işletmek veya maksimum kazanç ya da verim elde etmek için gerekli tasarımların yapılması olarak tanımlanmaktadır. Optimizasyon yöntemleri genel olarak deterministik ve sezgisel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Matematik tabanlı deterministik yöntemler, problemin çok bilinmeyenli karmaşık yapısı, sonsuz çözüm uzayı ya da iterasyon sayısının fazla olması gibi durumlarda yetersiz kalabilmektedir. Sistemin birlikte davranışını etkileyen bütün parametreleri dikkate alan optimum tasarımları matematik tabanlı deterministik yöntemlerle elde etmek oldukça zordur. Çünkü bu tür yapıların tasarımı ve boyutlandırılmasında genellikle bir sistem seçilerek ön boyutlandırma yapılmakta ve sonra seçilen boyutlar için gerekli kontroller (tahkikler) ve analizler yapılmaktadır. Ancak seçilen sistemin ve boyutların optimum sistem veya boyutlar olup olmadığı ve seçilenden daha ekonomik bir sistemin veya boyutun varlığı vb.

hususlarında belirsizlikler bulunmaktadır. Bu durumlar son zamanlarda etkili bir şekilde kullanılan ve bilimsel çalışmaları yapılan sezgisel optimizasyon yöntemlerini ön plana çıkarmıştır.

Sezgisel optimizasyon yöntemleri, doğanın zor problemler karşısında ürettiği çözümlerden faydalanarak doğadan esinlenme, sürülerin sosyal davranışlarını simüle etme veya bilimdeki yasaları temel alarak büyük boyutlu optimizasyon problemlerine çözüm üreten algoritmalarlardır. Sezgisel yöntemler, biyoloji tabanlı, fizik tabanlı, sürü tabanlı, sosyal tabanlı, müzik tabanlı ve kimya tabanlı olmak üzere altı farklı grupta düşünülebilir ve bu yöntemlerin birlikte kullanılmasıyla elde edilen melez yöntemler de bulunmaktadır. Bu yöntemlerin kesin çözümü garanti etmemekle birlikte global çözüme oldukça yakınsama özelliği bulunmaktadır.

Genetik algoritmalar, diferansiyel gelişim algoritması, yapay sinir ağları, karınca koloni algoritması, arı kolonisi algoritmaları, yapay bağışıklık sistemleri gibi algoritmalar biyolojik tabanlı; ısıtma işlem ve elektromanyetizma algoritması gibi algoritmalar fizik tabanlı; tabu arama, emperyalist yarışmacı algoritması gibi algoritmalar sosyal tabanlı; yapay kimyasal reaksiyon optimizasyon algoritması kimya tabanlı ve harmoni arama algoritması ise müzik tabanlı algoritmalarla örnek olarak verilebilir (Alataş, 2007). Bu tez çalışmasında geoteknik mühendisliği yapılarının optimum tasarımlarının araştırılmasında bir orkestradaki müzisyenlerin müzik yapma sürecinde en iyi uyumu bulmalarını temel alan harmoni arama algoritması ve doğadaki arıların besin bulma sürecini temel alan yapay arı kolonisi algoritması kullanılmış ve optimizasyon algoritmaları ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 3’ te verilmiştir.

Dr. Genichi Taguchi tarafından deney tasarım yöntemi olarak önerilen ve kendi adıyla anılan Taguchi metodu kalite yönetimi ve geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bilimsel araştırmanın en vazgeçilmez unsurları olan deneyler ya da denemeler bir sistemin sonuç parametresini araştırmada ve/veya sonuca etki eden faktörlerin araştırılmasında kullanılmaktadır. Bu araştırma süreci devam ederken yapılan deneyin hatasının minimuma düşürülmesi önemli bir konudur. Deney tasarımında kalite yönetimi olarak çalışılan bu konu İngiliz istatistikçi Sir Ronald Fisher tarafından 1920’ lerde tarım alanında kullanılan gübre çeşidi ve miktarı, iklim koşulları ve sulama gibi parametrelerin elde edilen ürün kalitesine ve miktarına etkisi belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. Klasik deney tasarımı olarak kabul edilen yöntem, tasarımı etkileyen tüm parametrelerin veya faktörlerin oluşturduğu tüm kombinasyonları dikkate alan tam faktöriyel deney tasarımı olarak uygulanmaktadır.

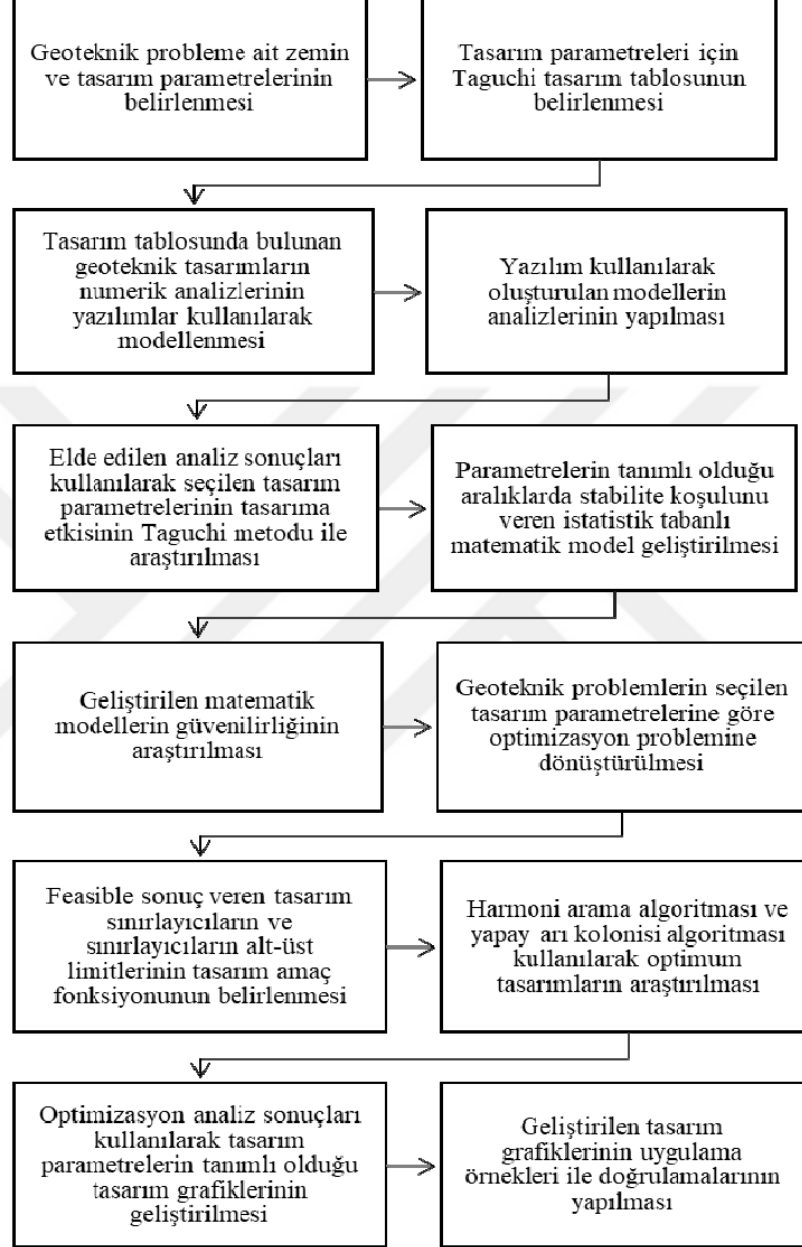
Tasarımdaki tüm kombinasyonları kapsayan tüm deney veya denemeleri gerçekleştirmenin zaman ve maliyet açısından mümkün olmadığı durumlarda Taguchi motıdu kullanılmaktadır. Bu yöntem, önerdiği ortogonal dizilerle deney tasarımında yapılan deney veya denemelerin sayısını indirgeyerek tasarım parametrelerinin sonuca etkisinin araştırılmasına imkân vermektedir. Aynı zamanda bir optimizasyon yöntemi olan Taguchi metodu, bu tez çalışmasında belirlenen geoteknik mühendisliği yapılarının seçilen tasarım parametrelerinin belirlenen tasarım kriterine etkilerinin araştırılmasında kullanılmış ve metot ile ilgili detaylı bilgi Bölüm 3’ te verilmiştir.

Tez çalışması kapsamında çalışması yapılan geoteknik mühendisliği yapıları, seçilen tasarım parametreleri ve tasarım kriterleri Çizelge 1.1’ de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Analizi yapılan geoteknik mühendisliği yapıları, tasarım parametreleri ve tasarım kriterleri

Geoteknik mühendisliği yapısı	Seçilen tasarım parametresi	Tasarım kriteri
Konsol dayanma duvar	• Duvar yüksekliği • Temel taban genişliği • Ön çıkma mesafesi • Temel kalınlığı • Duvar ön yüz eğimi • İçsel sürtünme açısı	• Kayma güvenlik sayısı • Devrilme güvenlik sayısı • Toptan göçme güvenlik sayısı
Eğik taban yüzölümlü konsol dayanma duvarı	• Duvar yüksekliği • Temel taban genişliği • Ön çıkma mesafesi • Temel kalınlığı • Taban eğimi • İçsel sürtünme açısı	
Dışli konsol dayanma duvarı	• Duvar yüksekliği • Temel taban genişliği • Ön çıkma mesafesi • Temel kalınlığı • Dış yüksekliği • İçsel sürtünme açısı	
Tek sıra ankrajlı iksa sistemi	• Kazı derinliği • Ankraj derinliği • Zemin içsel sürtünme açısı • Zemin birim hacim ağırlık	• Ankraj kuvveti • Gömme derinliği • Ankraj demeti kopma ve sıyrılma tahkiki
Yatay yüklü tekil kazık	• Kazık çapı • Kazık uzunluğu • Kazık ucu yatay ötelenme • Standart penetrasyon sayısı	• Kazık üst ucu yatay kuvvet
Yatay yüklü 6’lı kazık grubu	• Kazık çapı • Kazık uzunluğu • Kazık ucu yatay ötelenme • Standart penetrasyon sayısı • Kazıklar arası yatay ve düşey mesafe	

Bu tez çalışmasında Çizelge 1.1’ de verilen geoteknik yapıları için birbirlerine bağlı ve sıralı olarak gerçekleştirilen analizlerin özet akış diyagramı Şekil 1.1’ de verilmiştir.



Şekil 1.1. Analiz ve uygulamaların akış diyagramı

Verilen akış diyagramına göre ilk olarak geoteknik yapının (konsol dayanma duvarları, tek sıra ankrajlı iksa sistemi ve yatay yüklü kazık) inşa edileceği zemin ortamına ait zemin parametreleri ve yapıya ait tasarım parametreleri belirlenmiştir.

Seçilen tasarım parametreleri için parametre seviyeleri tanımlanmıştır. Tasarım parametre sayısı ve parametre seviye sayısına göre Taguchi tasarımında kullanılacak

olan tasarım tablosu (ortogonal dizi) seçilerek tasarım parametrelerinin hangi seviyesine göre tasarım yapılacağı belirlenmiştir. Oluşturulan tasarımların stabilite tahkikleri GEO5 ve/veya Plaxis 3D yazılımları kullanılarak numerik analizler vasıtasıyla yapılmıştır. Yapılan numerik analizler sonucunda konsol dayanma duvarları için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları, iksa sistemi için ankraj kuvveti ve yatay yüklü kazık için ise kazık üst ucu yatay yük değerleri elde edilmiş ve bu tasarımlar için seçilen tasarım parametrelerinin sonuca etkisi Taguchi metodu ile belirlenmiştir. Seçilen tasarım parametrelerine göre bu tasarım kriteri değeri konsol dayanma duvarları tasarımlarında kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları, tek sıra ankrajlı iksa sisteminde ankraj kuvveti ve yatay yüklü kazıklarda kazık üst ucu yatay yük olarak belirlenerek parametrelerin tasarım kriterleri istatistik olarak araştırılmıştır.

Konsol dayanma duvarlarında kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını, iksa sisteminde ankraj kuvvetini ve yatay yüklü kazıklarda yatay yükü veren matematik modeller tasarım parametreleri için belirlenen parametre seviyelerinin alt ve üst limitleri arasında tanımlı olacak şekilde istatistiksel olarak geliştirilmiştir. Parametrelerin tüm seviyelerinden oluşan ve tüm kombinasyonları kapsayan tasarımların gerçek tasarım kriteri değeri ile tahmin edilen tasarım kriteri değeri (matematik model) kullanılarak hata değerleri hesaplanmış ve hata değerlerinin dağılımları detaylı olarak irdelenmiştir. Matematik modellerin güvenilirliğinin araştırılmasında, matematik modelin tanımlı olduğu tasarım parametrelerinin rastgele seçilmiş değerleri kullanılarak doğrulama analizleri yapılmıştır. Geliştirilen matematik modeller kullanılarak konsol dayanma duvarlarında minimum güvenlik sayısını, iksa sisteminde metre cinsinden minimum imalat maliyetini ve yatay yüklü kazıklarda minimum kazık ağırlığını veren tasarımlar optimizasyon analizleri ile elde edilmiştir. Optimizasyon analizlerinde harmoni arama algoritması ve yapay arı kolonisi algoritması kullanılarak her iki algoritma elde edilen optimum çözümler açısından karşılaştırılmıştır. Elde edilen stabilite koşullarını sağlayan tüm tasarımlar kullanılarak farklı zemin koşulları için tasarım grafikleri geliştirilmiş ve tasarım grafiklerinin doğrulama analizleri yapılmıştır.

Bu tez çalışmasının başlıca amacı, konsol dayanma duvarı, eğik taban yüzölçümü konsol dayanma duvarı, dişli konsol dayanma duvarı, tek sıra ankrajlı iksa sistemi, yatay yüklü tekil kazık ve 6'lı kazık grubunun optimum tasarımlarını araştırmaktır. Ayrıca bu tez çalışmasında, optimum tasarımları araştırılan geoteknik mühendisliği yapılarının tasarımında kullanılmak üzere tasarım grafikleri geliştirilerek literatüre ve

optimizasyon tabanlı geoteknik yazılımlarının geliştirilmesinde katkı sağlanması amaçlanmıştır. Harmoni arama algoritması, yapay arı kolonisi algoritması ve Taguchi metodunun geoteknik mühendisliği tasarım problemlerinin çözüme ulaştırılmasında alternatif olarak uygulanabilirliği gösterilmeye çalışılmıştır.

1.2. Kaynak Araştırması

Bu tez çalışmasında, konsol dayanma duvarları, derin kazı destekleme sistemleri, yatay yüklü kazıklar geoteknik problemlerinin optimum tasarımları istatistik tabanlı Taguchi metodu, harmoni arama ve/veya yapay arı kolonisi sezgisel optimizasyon algoritmaları kullanılarak araştırılmış ve analizleri yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan Taguchi metodu ile Harmoni arama ve Yapay arı kolonisi sezgisel optimizasyon algoritmalarının detayları Bölüm 3' te verilmiş olup bu bölümde bu yöntemlerin mühendislik uygulamalarına ait literatür özetleri verilmiştir. Ayrıca diğer sezgisel algoritmaların geoteknik mühendisliği uygulamaları da bu bölümde özetlenmiştir.

1.2.1. Konsol dayanma duvarı ve diğer sezgisel optimizasyon algoritma uygulamaları

İki farklı zemin seviyesini gelen yatay yüklere karşı dengede tutan konsol dayanma duvarlarının geleneksel yöntemlerle tasarımında başlangıç olarak seçilen duvar boyutlarına göre duvarın stabilite tahkikleri yapılır. Stabilite tahkiklerinin sağlanmaması durumunda seçilen yeni boyutlara göre kontroller tekrarlanır. Deneme-yanılma yöntemi olarak tanımlanan bu yöntem duvar tahkiklerinin sağlandığı duvar taban genişliği, ön çıkma mesafesi, temel kalınlığı ve duvar ön yüz eğimi gibi duvar boyutlarının uygun değerleri elde edilinceye kadar devam etmektedir (Coduto ve ark., 2001). Yapısal Beton için Tasarım Gereklilikleri Yönetmeliği (ACI-318, 2008) dikkate alınarak McCormac ve Brown (2015) tarafından hazırlanan kitapta konsol dayanma duvar tasarımında stabilite tahkiklerini sağlayan duvar boyutlarının seçilmesi aşamasında kullanılmak üzere ön tasarım kılavuzu önerilmiştir.

Konsol dayanma duvar tasarımında tasarımın yapılacağı zemin parametreleri, yeraltı suyu durumu, zeminin tabakalanma durumu, desteklenecek zemin dolgusunun eğimi, zemin dolgu sürşarj yükü gibi durumların varlığı dayanma duvar tasarımını

karmaşık bir problem haline getirmesi sebebiyle sezgisel optimizasyon teknikleri bu tip problemlerin çözümünde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Literatürde dayanma duvarlarının optimum ağırlık ve optimum maliyetlerini araştıran birçok çalışma yapılmış olup Sarıbaş ve Erbatur (1996) tarafından yapılan çalışma ilk geleneksel optimizasyon yöntemi ile yapılan çalışmalardan biridir. Betonarme istinat duvarının optimum ağırlığının ve optimum maliyetinin belirlenmesinde sınırlayıcı doğrusal olmayan (nonlinear) problem olarak dikkate alındığı bu çalışmada duvarın dış stabilitesi ve yapısal stabilitesine etki eden duvar boyutları ve donatı tasarım değişkenleri dikkate alınmıştır. Yapılan analizlerle elde edilen sonuçlar kullanılarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiş ve bu analizlerde duvar yüksekliği, gövde üst kalınlığı, sürşarj yükü, dolgu eğimi, dolgu zemini içsel sürtünme açısı ve donatı çeliğinin akma dayanımının farklı değerlerinin minimum duvar ağırlığı ve minimum duvar maliyetine etkisi araştırılmıştır.

Karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde, geleneksel optimizasyon yöntemlerinin türev bilgisine ihtiyaç duyması ve başlangıç noktasının gerekliliği gibi özelliklerinden dolayı kabul edilebilir zaman diliminde sonuca ulaşan, basit, etkili ve uygulanabilirliği kolay olan sezgisel optimizasyon algoritmaları daha popüler olmuştur. Literatürde dayanma duvarlarının optimum tasarımı için benzetimli tavlama algoritması (Ceranic ve ark., 2001), parçacık sürü optimizasyonu algoritması (Ahmadi-Nedushan ve Varace, 2009), büyük patlama-büyük çökme algoritması (Camp ve Akin, 2012), ateşböceği algoritması (Sheikholeslami ve ark., 2014), yerçekimi arama algoritması (Khajehzadeh ve Eslami, 2012) ve öğretme-öğrenme tabanlı algoritma (Temur ve Bekdaş, 2016) gibi sezgisel optimizasyon teknikleri kullanılarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Gandomi ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmada sürü zekâsı algoritmaları olarak bilinen parçacık sürü optimizasyonu, ateşböceği ve guguk kuşu algoritmaları kullanılarak elde edilen optimizasyon sonuçları birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen düşük standart sapma ve ortalamadan dolayı en iyi algoritma guguk kuşu algoritması olarak bildirilirken ateşböceği algoritmasının çalışmada en kötü değerlere sahip algoritma olduğu sonucuna varılmıştır. Stabilitate koşullarını sağlaması ve ekonomik olması gereken dayanma duvarı tasarımını duvar boyutları, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlık gibi zemin ve geometrik parametreleri etkilemektedir. Optimum dayanma duvar tasarımına bu tür parametrelerin etkisini araştıran parametrik çalışma Yepes ve ark. (2008) ve Molina-Moreno ve

ark.(2017) tarafından yapılmış ve optimum tasarımlara parametrelerin değişiminin etkisi araştırılmıştır.

1.2.2. Harmoni arama algoritması ve mühendislik uygulamaları

Bu tez çalışmasında optimizasyon analizlerinde kullanılan harmoni arama algoritması ilk olarak Geem ve ark.(2001) tarafından yapılan çalışmada önerilmiştir. Bu çalışmada bir orkestradaki müzisyenlerin müzik geliştirme sırasında en iyi harmoniyi bulma prensibini temel alan algoritmanın teorisi ve bazı örnek optimizasyon uygulamaları verilmiştir. Uygulamalar bir satıcının 20 şehri dolaşması için en kısa güzergahın belirlendiği gezgin satıcı problemi, kesin çözümü bilinen Himmelblau fonksiyonun optimum fonksiyon çözümünün bulunması ve su temini için kullanılan 32 düğüm noktası, 34 bağlantı ve 3 döngüye sahip su dağıtım şebekesinde minimum boru çapının bulunması için harmoni arama algoritmasının kullanılmasını kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar ile, harmoni arama algoritmasının çeşitli alanlardaki optimizasyon problemlerine uygulanabilir olduğu gösterilmiştir.

Lee ve Geem (2004) tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise harmoni arama algoritmasının yapısal optimizasyona uygulanması araştırılmıştır. Harmoni arama algoritmasında başlangıç değerine ihtiyaç duyulmaması ve optimizasyon probleminin çözümünde gradyan arama yerine rastgele aramanın kullanılması bu metodu avantajlı hale getirmektedir. Bu yeni metodun yapısal optimizasyonda güçlü ve etkili olduğunu göstermek için çeşitli kafes sistemlerin optimizasyonu yapılmıştır. Sonuçlarda, harmoni arama algoritmasının geleneksel matematik ve genetik tabanlı yaklaşımlarla karşılaştırıldığında bu yeni metodun güçlü bir optimizasyon tekniği olduğu belirtilmiştir.

Lee ve Geem (2005) tarafından yapılan bir çalışmada sürekli tasarım değişkenine sahip mühendislik optimizasyon problemlerinde de kullanılabilen harmoni arama algoritması tanımlanmıştır. Çoğu mühendislik optimizasyon algoritması türev bilgisinin gerekli olduğu ve başlangıç noktası çevresinde arama yapan doğrusal (lineer) olmayan programlama metotlarına dayanmaktadır. Bu algoritmalar gerçek hayatta karşılaşılan kompleks optimizasyon problemlerine sınırlı yaklaşım sağlamaktadır ve bulduğu optimum değer, verilen başlangıç noktasına göre değişmekte olup çoğu zamanda lokal çözüme takılmaktadır. Karşılaşılan bu tip problemlerden dolayı sezgisel yöntemlerden biri olan harmoni arama algoritmasının kullanılması problemi daha kısa

ve doğru bir şekilde optimum sonuca ulaştırdığı görülmüştür. Bu çalışmada altı adet sınırlayıcısız ve altı adet sınırlayıcı fonksiyonunun minimizasyon problemi ile birlikte beş adet yapısal optimizasyon problemi çözülerek harmoni arama algoritmasının mühendislik optimizasyon problemlerine kolaylıkla uygulanabilen güçlü ve etkili bir optimizasyon tekniği olduğu ispatlanmıştır.

Mahdavi ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada optimizasyon problemlerinin çözümünde harmoni arama algoritmasının yakınsama oranı ve doğruluğunu artıran yeni çözüm vektörlerinin oluşturulması için yeni bir metot kullanılarak geliştirilmiş harmoni arama algoritması önerilmiştir. Geliştirilmiş harmoni arama algoritmasında optimum değerlerin bulunması sürecinde sabit olarak alınan ton ayarlama oranı (PAR) ve bant genişliği (bw) parametrelerinin sonuç üzerine etkisi tartışılmış ve bu parametrelerin ayarlanması için bir çözüm önerilmiştir. Geliştirilmiş harmoni arama algoritması değerlendirme (benchmark) problemlerine ve standart mühendislik problemlerine uygulanmış ve öncesinde elde edilmiş optimum çözümler ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sayısal sonuçlar, önerilen geliştirilmiş harmoni arama algoritmasının standart harmoni arama algoritması ve diğer sezgisel ve deterministik yöntemlerle karşılaştırıldığında daha iyi sonuçlar verdiğini ve çeşitli mühendislik problemleri için güçlü bir optimizasyon tekniği olduğunu göstermiştir.

Çarbaş ve Saka (2009) tarafından yapılan çalışmada harmoni arama algoritması kullanılarak tek katmanlı çelik kubbenin optimum tasarımı araştırılmıştır. Kolonsuz büyük açıklıkları kapatarak büyük alanlar elde edilmesine olanak sağlayan çelik kubbelerin dış yükler altındaki davranışları geometri değişikliğinden dolayı doğrusal olmaması imalat sürecinde ve/veya yapının inşasında eksikliklere sebep olmaktadır. Bu çalışmada, geometrik olarak lineer olmayan tek katmanlı kubbe ağının optimum topoloji tasarım probleminin çözümü halkaların toplam sayısı, mahyanın yüksekliği ve çelik boru kesitinin tasarım değişkeni olarak alınmasıyla elde edilmiştir. İşletilebilirlik ve dayanım sınırlayıcılarından oluşan tasarım kısıtlamalarının belirlenmesinde LRFD-AISC yönetmeliğinde belirtilen tasarım kriterleri dikkate alınmış ve ayrı değişkenlere sahip problem harmoni arama algoritması kullanılarak çözülmüştür. Sonuç olarak, LRFD-AISC' den alınan çelik boru kesitlerle oluşturulan tasarım uzayını kullanan ve sınırlayıcıları sağlayan optimum halka sayısı, optimum mahya yüksekliği ve optimum çelik boru kesiti bulunmuştur. Nihai tasarımlar, harmoni arama algoritmasının tek katmanlı çelik kubbe yapılarda başarılı bir şekilde uygulanabilen güçlü bir optimizasyon yöntemi olduğunu göstermiştir.

Çarbaş ve Saka (2010) tarafından yapılan çalışmada soğuk haddelenmiş ince cidarlı çelik kesitlerin optimum boyutları harmoni arama algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Çeşitli tiplerdeki mühendislik yapılarda soğuk şekillendirilmiş ince cidarlı çelik kesitlerin kullanılması, yüksek dayanım, düşük yapı ağırlığı ve düşük bütçe gibi sağladığı faydalardan dolayı ince cidarlı çelik kesitler, yapılarda büyük kuvvetlendirilmiş beton kirişlerin yerini almaktadır. Bu çalışmada gerilme kısıtlamasının yanı sıra tasarım değişkeni olarak belirlenen ince cidarlı kesitin genişlik, derinlik ve cidar kalınlığı ile deplasman ve deformasyon kriterleri sınırlayıcı olarak dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, harmoni arama algoritmasının burulma ve buruşma etkisi hesaba katılarak soğuk şekillendirilmiş açık ince cidarlı çelik kesitlerin optimum şekil tasarımında başarılı bir şekilde kullanılabilen etkili ve güçlü bir teknik olduğunu göstermiştir.

Akın ve Saka (2015) tarafından yapılan çalışmada detaylı betonarme çerçevenin optimizasyonu harmoni arama algoritması kullanılarak yapılmıştır. Amaç fonksiyonu çerçevenin her bir elemanı için beton, kalıp ve demir maliyetinin matematiksel olarak ifadesidir. Çerçeve elemanlarının boyutları, standart donatı çapı, standart donatılar arası mesafe, mimari gereksinimler ve diğer malzeme özellikleri göz önünde bulundurularak inşa edilebilir betonarme çerçeve tasarımı elde edilmiştir. Betonarme kolonlar için, önceden belirlenmiş kesit veri tabanı oluşturulmuş ve kesit dayanımına göre ayarlanmıştır. Elde edilen optimum tasarım, konu ile ilgili şartnameye bağlı olarak dayanım, süneklik, uygulanabilirlik ve diğer sınırlayıcıları sağlamaktadır. Tasarım örneklerinin sayısı önerilen tasarım algoritmasının etkinliğini gösterecek şekilde ayarlanmıştır. Geliştirilen optimum tasarım modelinin pratik tasarımlar için tasarım ofislerinde kullanılabileceği sonuçlarda verilmiştir. Ayrıca, bu çalışma betonarme çerçevelerin harmoni arama algoritması ile optimizasyonunun ilk uygulamasıdır.

Akın ve Saka (2010) tarafından yapılan çalışmada harmoni arama algoritması ile betonarme konsol dayanma duvarının optimum tasarımı araştırılarak maliyet tasarımı yapılmıştır. Betonarme dayanma yapıları arasında en yaygın olarak kullanılan betonarme konsol dayanma duvarında tasarım parametreleri olarak duvar yüksekliği, ön çıkma mesafesi, gövde alt ve üst kalınlıkları, temel taban genişliği, temel kalınlığı, dış yüksekliği, dış kalınlığı, burun-dış mesafesi kullanılmıştır. Bu tasarım değişkenlerinin değerleri her parametre için belirlenmiş alt ve üst sınırlar arasında kalan değer kümesinin oluşturduğu tasarım uzayından seçilmiştir. Tasarım sınırlayıcıları ACI 318-05 yönetmeliğine göre belirlenmiştir. Optimum tasarım, göçme durumlarının güvenlik

sayısını, dayanımını, servis kabiliyetini ve kabul edilebilen formları elde eden diğer gerekli sınırlamaları sağlamaktadır. Problemin ana amacı dolguyu güvenli bir şekilde desteklemek, hem yapı ve zemini güvenli bir şekilde ayakta tutan hem de zemini kabul edilebilen deformasyon sınırlarının sağlanmasını araştırmaktır. Problemin amaç fonksiyonu dayanma duvarının tüm maliyeti olarak alınmıştır ve yapılan optimizasyon analizleri sonucu optimum betonarme konsol dayanma duvarı tasarım örnekleri verilmiştir.

1.2.3. Yapay arı kolonisi algoritması ve mühendislik uygulamaları

Karaboğa (2005) tarafından sunulan teknik raporda sürü zekâsı tabanlı çalışan yapay arı kolonisi algoritması önerilmiştir. Sürü zekâsı davranışının oluşmasında kendiliğinden örgütlenme ve iş bölümü yapma olmak üzere iki temel kavram gerekli ve yeterli olmaktadır. Doğadaki arıların besin bulma sürecinden esinlenen yapay arı kolonisi algoritmasının detaylarının verildiği bu çalışmada besin kaynakları, yiyeceğin bulunması ve taşınması sürecini yöneten işçi arılar, diğer arılar ve arıların kendi kendine iş bölümü yapabilme özellikleri verilmiştir. Önerilen algoritma Sphere, Rosenbrock ve Rastrigin v.b. test fonksiyonlarına uygulanarak güvenilirliği araştırılmış ve yapay arı kolonisi algoritmasının diğer sürü zekâsı tabanlı çalışan algoritmalarla karşılaştırıldığında daha kolay ve uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Akay (2012) tarafından yapılan tez çalışmasında ise nümerik optimizasyon problemlerinde yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak algoritmanın performans analizi yapılarak yeni güncel bir versiyonu önerilmiştir. Önerilen yeni algoritmanın sınırlayıcısız optimizasyon problemlerinde kullanılabilirliği algoritma kontrol parametrelerinin değişen değerleri açısından araştırılmıştır. Farklı sınırlayıcısız test fonksiyonu (Sphere, Rosenbrock, Rastrigin, Griewank, Schwefel, Ackley, Step, Penelized, Dixon-Price vb.) için standart YAKA algoritmasının üç kontrol parametresi olan maksimum çevrim sayısı, koloni büyüklüğü ve limit parametrelerinin farklı ve değişen değerlerine göre algoritmanın performansı araştırılmış ve elde edilen sonuçlar popülasyon tabanlı parçacık sürü optimizasyonu (PSO) ve diferansiyel gelişim (DE) algoritmaları ile karşılaştırılmıştır. YAKA'nda artan popülasyon büyüklüğünün belli bir değerinden sonra olumlu bir etki yapmadığı görülürken popülasyon sayısının artmasının sadece hesaplama maliyetini arttırdığı sonucu elde edilmiştir. YAKA'nın diğer algoritmalarla göre daha az parametreye sahip olması sebebiyle çok modlu ve çok

parametrelili optimizasyon problemlerinin çözümünde daha uygun sonuçlar verdiği söylenmiştir. Ayrıca, bu tez çalışması kapsamında eşitlik ve eşitsizlik sınırlayıcılarına sahip optimizasyon problemleri için YAKA' nın yeni bir versiyonu önerilerek Deb's Rule ile sınırlayıcı kontrolü yapılan algoritmanın elde edilmiş sonuçları ile aynı problemler için literatürdeki diğer algoritma sonuçları karşılaştırılmıştır. Sınırlayıcı optimizasyon problemlerinin YAKA ile çözümünde kullanılmak üzere algoritma kontrol parametre değerleri tavsiye edilmiştir. Ayrıca, YAKA gerçek endüstriyel sürecin üretilmesinde kullanılan PID denetleyicilerinin optimum tasarımında kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Dağdeviren ve Kaymak (2018) tarafından betonarme istinat duvarlarının optimum maliyet tasarımını etkileyen parametrelerin incelenmesi konulu çalışma yapılmıştır. Farklı duvar yüksekliği, sürşarj yükü, dolgu zemin içsel sürtünme açısı ve pasif direnç etki katsayısı değerleri dikkate alınarak iç stabilite ve yapısal stabilite kriterlerini sağlayan beş yüz farklı istinat duvarının optimum maliyet tasarımı YAKA kullanılarak araştırılmıştır. Optimum maliyet tasarımının araştırılmasında gövdenin üstteki genişliği, burun genişliği, gövdenin alttaki genişliği, topuk genişliği, temel kalınlığı, burun için ana donatı oranı, topuk için ana donatı oranı ve gövde için ana donatı oranı olmak üzere sekiz tasarım değişkeni ve devrilme yenilmesi, kayma devrilmesi, taşıma gücü yenilmesi, eksantrisite yenilmesi, gövde moment yenilmesi, gövde kesme yenilmesi, burun moment yenilmesi, burun kesme yenilmesi, topuk moment yenilmesi ve topuk kesme yenilmesi ile birlikte duvarın geometrisinden kaynaklanan geometrik sınırlayıcılar olmak üzere on iki normalize edilmiş sınırlayıcı dikkate alınmıştır. En düşük maliyetli istinat duvarının tasarımının belirlenebilmesi için donatı çeliği ve betonun birim fiyatları ile ağırlıklandırılmış toplam donatı çeliği ve beton ağırlığının matematiksel ifadesi amaç fonksiyonu olarak alınmıştır. Ayrıca bu çalışmada duvar yüksekliği, dolgu içsel sürtünme açısı, sürşarj yükü ve pasif direncin sağlam temel zeminine oturan betonarme istinat duvarının minimum maliyetli tasarımına etkisi araştırılmış ve duvar maliyetinde en etkili parametrenin duvar yüksekliği olduğu sonucuna varılmıştır.

1.2.4. Taguchi metodu ve mühendislik uygulamaları

Geoteknik mühendisliği yapılarının tasarımında geleneksel yöntem zaman almakta ve bu yöntem ile elde edilen stabilite koşullarının sağlandığı tasarımların

ekonomik olduğu garanti edilememektedir. Daha detaylı açıklamak gerekirse; bir konsol dayanma duvar boyutlarının farklı değerlerinin bulunduğu bir değerler kümesi dikkate alındığında stabilite koşullarının (kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının) sağlandığı ve aynı zamanda ekonomik olan duvar tasarımı için birçok olası kombinasyon söz konusudur. Birçok kombinasyon arasından en minimum ve/veya en maksimum güvenlik sayısı değerlerine sahip tasarımların elde edilmesi uğraştırıcı ve çok zaman alan bir işlemdir.

Sanayi, gıda ve tarım gibi birçok alanda üretimde kaliteyi geliştirme ve iyileştirme amacıyla Taguchi tarafından (1986; 1989) önerilen metot deney tasarımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu metot kullanılarak üretim aşamasında ve deney tasarımında, süreci etkileyen ya da etkilediği düşünülen tasarım parametrelerinin sonuç (çıkış) değerine etkisi ve tüm olası kombinasyonlar arasından minimum ya da maksimum sonuç değerini veren tasarım parametrelerinin elde edilmesi mümkündür. Taguchi metodu, tasarım kriterlerinin ve sonuca etki eden parametrelerinin araştırılmasında etkili ve güvenilir şekilde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem kullanılarak yapılmış olan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Dilaver (2007) tarafından yapılan tez çalışmasında yanal yüklü kazıkların tasarım kriterleri ve tek sıra ankrajlı palplanş perdenin tasarım kriterleri Taguchi L_{16} ortogonal dizin tabloları kullanılarak araştırılmıştır. Yanal yüklü kısa kazıkların tasarım kriterlerinin araştırılmasında kazık çapı, kazık uzunluğu, kazık zemin üstü uzunluğu, zeminin içsel sürtünme açısı ve kohezyon parametrelerinin kazık dönme noktası ve kazık üst ucu nihai yatay yük üzerine etkisi dikkate alınmıştır. Tasarım parametreleri kullanılarak yapılan varyans analizinde kazık üst ucu nihai yatay yükü ve kazık dönme noktasını en fazla etkileyen parametre kazık uzunluğu olarak tespit edilmiş ve yatay yük ile dönme noktası mesafesinin minimum ve maksimum olduğu yatay yük, dönme noktası mesafesi ve tasarım parametrelerinin değerleri tahmin edilmiştir. Taguchi metodu kullanılarak tahmin edilen yatay yük ve dönme noktası ile Brinch-Hansen metodu vasıtasıyla belirlenmiş yatay yük ve dönme noktası mesafesi karşılaştırıldığında %3 hataya sahip birbirine oldukça yakın değerler elde edilmesi Taguchi yönteminin doğruluğunu göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada benzer olarak zemine ankastre tek sıra ankrajlı palplanş bir perdede ankraj kuvveti ve zemin gömülü derinliği Taguchi metodu ile araştırılmıştır. Zemine ankastre ankrajlı palplanş perdelerin gömülü derinlik ve ankraj kuvvetleri üzerinde en etkili parametrenin içsel sürtünme açısı olduğu belirlenmiştir. Yatay yüklü kazıklarda yatay yük ve palplanş perde durumu için ankraj

kuvveti ve gömme derinliğin belirlenmesinde %10' dan daha küçük ortalama rölatif hata değerine sahip istatistik tabanlı matematik modeller geliştirilmiştir.

Çelebi (2010) tarafından yapılan tez çalışmasında temel derinliği, duvar yüksekliği, temel genişliği, içsel sürtünme açısı, doğal birim hacim ağırlık ve duvar üst genişliği parametrelerinin kayma ve güvenlik sayılarına etkisi ve tasarım kriterleri Taguchi metodu kullanılarak araştırılmıştır. L₈ Taguchi tasarım tablosu kullanılarak yapılan analizler sonucu kayma güvenlik sayısı üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olarak elde edilirken, devrilme güvenlik sayısı üzerinde en etkili parametre ise temel genişliği olarak elde edilmiştir. Konsol dayanma duvarı tasarımında kayma ve devrilme güvenlik sayılarının belirlenmesinde kullanılmak üzere istatistik tabanlı matematik modeller geliştirilmiştir. Tanımlı olduğu aralıkta geliştirilen tasarım parametrelerinin tüm kombinasyonları kapsayan maksimum rölatif hata değeri, kayma güvenlik sayısı matematik modeli için %18 olarak elde edilirken, devrilme güvenlik sayısı matematik modeli için %9 olarak elde edilmiştir.

Erkan (2013) tarafından yapılan tez çalışmasında jet grout kolon çapı ve serbest basınç mukavemetine enjeksiyon basıncı, su/çimento oranı, tij çekme hızı ve tij dönme hızı parametrelerinin etkisi Taguchi metodu ile araştırılmıştır. Maksimum kolon çapı ve kolon serbest basınç mukavemeti için enjeksiyon basıncı, su/çimento oranı, tij çekme hızı ve tij dönme hızı parametrelerinin değerleri tahmin edilmiştir. Taguchi L₉ ortogonal dizin tablosunun kullanıldığı bu çalışmada jet grout kolonlar laboratuvar ortamında üretilmiş ve üretilen taş kolonlarının çapı ölçüldükten sonra karot numuneleri alınarak serbest basınç mukavemeti değerleri belirlenmiştir. Belirtilen tasarım parametrelerinin L₉ tasarım tablosu kullanılarak yapılan varyans analizlerinde kolon çapı ve serbest basınç mukavemeti üzerinde en etkili parametrenin enjeksiyon basıncı olduğu sonucuna varılmıştır.

Uray (2014) tarafından yapılan tez çalışmasında gabion dayanma duvarlarının tasarım kriterleri Taguchi metodu kullanılarak araştırılmıştır. Gabion dayanma duvarının tasarımında duvar yüksekliği, duvar taban genişliği, duvar açısı, duvar arka dolgusunun içsel sürtünme açısı ve duvar arka dolgusunun eğimi tasarım parametrelerinin kayma, devrilme, taşıma gücü ve toptan göçme güvenlik sayıları ile gabion sepetleri arası çekme dayanımına etkisi araştırılmıştır. L₁₆ tasarım tablosuna göre yapılan analizlerin sonucunda elde edilen stabilite kriterleri kullanılarak varyans analizleri yapılmış, kayma ve toptan göçme güvenlik sayıları için en etkili parametrenin içsel sürtünme açısı, devrilme ve taşıma gücü güvenlik sayıları için en etkili

parametrenin ise duvar taban genişliği olduğu görülmüştür. Gabion sepetleri arası çekme dayanımı temelden itibaren ilk üç sıra dikkate alınmış olup gabion sepetleri arası çekme gerilmeleri üzerinde en etkili parametre 1. sıra için temel genişliği, 2. sıra için duvar arka dolgusu eğimi ve 3.sıra için duvar yüksekliği olarak elde edilmiştir. Ayrıca aynı çalışmada kayma, devrilme, taşıma gücü ve toptan göçme güvenlik sayıları ile gabion sepetleri arası çekme dayanımının minimum ve maksimum olduğu tasarım durumları için tasarım parametrelerinin değerleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen tasarım parametreleri kullanılarak doğrulama analizleri yapılmış ve kayma, devrilme, taşıma gücü ve toptan göçme güvenlik sayıları ile gabion sepetleri arası çekme dayanımı stabilite kriterleri için tahmin edilen değer ve doğrulama analizi ile elde edilen değerler karşılaştırılmıştır.

1.2.5. Derin kazı destekleme sistemleri

Kazı derinliğinin büyük olduğu ve Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler Hakkında Yönetmelikte (31.08.2018) belirtilen şevli kazı açma kriterlerinin sağlanmadığı durumlarda yatay zemin yüklerine karşı koyacak zeminel yapı elemanlarının mevcut zemin özelliklerine göre tasarlanması ve uygulanması ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda farklı zemin basıncı kabulleri (Yılmaz, 2001) kullanılarak elde edilen tasarım sonuçları karşılaştırılmıştır. Tek ve/veya çok sıra öngermeli ankrajlı iksa sistemlerinin tasarımında ankraj derinliği, ankrajların yatay ve düşey mesafeleri, ankraj eğimi, ankraj kök boyu, iksa elemanı gömme derinliği gibi parametrelerin belirlenmesi karmaşık bir tasarım problemidir. Literatürde bu tasarım probleminin çözümü için bazı kabulleri temel alan geleneksel yöntemlere göre yazılımlar geliştirilmiş veya sonlu elemanlar yöntemine dayalı profesyonel yazılımlar kullanılmış ve her iki yöntem ile ulaşılan sonuçların karşılaştırıldığı çalışmalar yapılmıştır. Bu bölümde yapılan bu çalışmalardan bazıları özetlenmiştir.

Altun (2013) tarafından hazırlanan tez çalışmasında derin kazılarda ankrajlı ve ankrajsız iksa yöntemleri incelenmiş ve klasik analiz yöntemleri ile projelendirilen zemin ankrajlı ve ankrajsız destekleme sistemleri için az bir hata payı ile çalışan bir yazılım geliştirilmiştir. Fore kazıklı istinat duvarı analizinde duvara gelen maksimum kesme kuvveti ve maksimum moment değerleri hesaplanarak her bir ankraja gelen kuvvet tayin edilmiş ve ankrajların toplam taşıma gücü hesaplanmıştır. Taşıma gücüne göre ankraj çubuğu hesabı yapılarak ankraj sayısı ve öngermeli halat türü belirlenmiştir.

Ankrajlı tasarımın güvenlik sayısı 1.3 olacak şekilde zemin modeli için blok göçme analizi yapılmıştır. Geliştirilen yazılım ve Retain Pro yazılımında aynı zemin modeli kullanılarak elde edilen maksimum kesme kuvveti ve maksimum moment değerleri karşılaştırılmış ve birbirine yakın değerler bulunmuştur.

Yalçın (2019) tarafından yapılan derin kazılarda ankraj parametrelerinin sayısal analizi konulu tez çalışmasında tek sıra ankrajlı perde duvar tasarımına ankraj derinliği, ankraj eğimi ve duvar çakma derinliğinin etkisi araştırılmıştır. Duvar çakma derinliği, ankraj kuvveti ve duvara etkiyen maksimum eğilme momenti değerleri geleneksel yöntem kullanılarak belirlenmiş ve ankraj derinliği, ankraj eğimi ve duvar çakma derinliğinin eğilme momentine etkisi araştırılmıştır. Tek sıra ankrajlı perde tasarımının parametrik olarak incelenmesinde sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan Plaxis 2D yazılımı kullanılmıştır. Ankraj uygulama derinliğinin artmasıyla eğilme momentlerinin duvar boyunca arttığı ve ankraj bölgesinde azalma gösterdiği, derinliğin artmasıyla ankraj çekme kuvveti ve kök kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. Ankraj kök bölgesi üzerinde ki zemin ağırlığının artmasına sebep olan ankraj açısının artışı ankraj kök taşıma kapasitesini arttırmıştır. Duvar çakma derinliğinin artmasıyla gömülü derinlik boyunca ankastrelik durumu artarken, derinliğin artmasının ankraj kuvvetini ve ankraj kök taşıma kapasitesini etkilemediği sonucu elde edilmiştir.

1.2.6. Yatay yüklü kazıklar

Yapıdan gelen yüklerin güvenli bir şekilde aktarılması için tasarlanan temel yapı elemanının zeminde taşıma gücü, oturma ve/veya sıvılaşma gibi kriterleri sağlamaması durumunda yüzeysel temel yerine derin temel olarak tasarlanması gerekmektedir. Bir derin temel çeşidi olan kazıklı temeller yapıdan aldığı yükleri daha derin zemin tabakasına aktaran bir çalışma mekanizmasına sahiptir. Genellikle kazıklı temellerin tasarımı yatay yük etkisinin küçük olduğu durumlarda düşey yük etkisine göre tasarlanmaktadır.

Günümüzde gelişen teknoloji ve nüfus artışı sebebiyle geleneksel yapılardan farklı yapılara duyulan ihtiyaç ön plana çıkmıştır. Sürdürülebilir bir enerji kaynağı olan rüzgâr gülü temelleri, açık denizlerde kurulan petrol arama platform temelleri, ulaşımında alternatif güzergâh oluşturan yüksek kuleli asma köprüler, büyükşehirlerde bina ya da açık metro derin kazılarında kullanılan destekleme sistemindeki kazıklı perdeler, karayolu ve/veya demiryolu inşaatlarında şev desteklemesi amacıyla kullanılan kazıklar

ve yüksek reklam panoları, radyo ve televizyon kule temelleri gibi zemin yapıları yatay yüklü kazık uygulamalarına örnek olarak verilebilir. Bu durumda rüzgâr, zemin ve dalga gibi yatay yüklere maruz kalan kazıkların yatay yüke maruz şekilde tasarlanmaları gerekmektedir. Yatay yüklü kazık tasarımı, kazığa etki eden yükü ve bu yük etkisinde meydana gelen eğilme momentini taşıyan kazık tasarımı yapılmalıdır. Ayrıca yük etkisiyle kazık üst ucunda meydana gelen yatay deplasman izin verilen ötelenme miktarını aşmamalıdır. Kazık tasarımı göz önünde bulundurulması gereken bir diğer durum ise zemin-kazık arasında meydana gelen etkileşimdir. Bu durumlar zemin özellikleri ile birlikte dikkate alındığında yatay yüklü kazıkların yapısal tasarımı karmaşık bir geoteknik mühendisliği problemine dönüşmektedir. Bu sebeple, literatürde kabuller yaparak yatay yüklü kazık tasarımı kazığın nihai yatay yükünü belirleyen (Hansen, 1961; Broms, 1964) veya etki eden yatay yük altında kazık üst ucunun deplasmanına göre nihai yatay yükü belirleyen (Matlock ve Reese, 1962; Poulos, 1971a; 1971b) analitik yöntemler önerilmiştir. Bu yöntemlere ait açıklamalar Bölüm 2’ de verilmiştir.

Yatay yüklü kazıkların tasarımı bazı kabuller yapılarak geliştirilen analitik yöntemler yerine kazık ve zemin ortamının özellikleri dikkate alınarak yapılan sonlu elemanlar metodunun kullanılması daha gerçekçi sonuçlar vermektedir. Bu bölümde sonlu elemanlar yöntemi kullanarak yatay yüklü kazık tasarımının araştırıldığı literatür özetleri verilmiştir.

Savaşeri (2006) tarafından yapılan yatay yüklü düşey kazıkların hesap esasları ve sonlu elemanlar yöntemiyle modellenmesi konulu tez çalışmasında kohezyonsuz zeminlerde zemin-kazık etkileşimi ve kazık çalışma prensibi incelenerek bilgisayar yazılımı ve kazık yükleme deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında tasarımı yapılan yatay yüke maruz tekil kazığın kazık yükleme deney sonuçları ile zemin etüt raporundan elde edilen zemin parametreleri dikkate alınarak SAP2000, Allpile ve Plaxis 2D yazılımlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. SAP2000 yazılımıyla elde edilen sonuçlar ile yatay yüklü tekil kazığın deney sonuçları deplasmanlar açısından karşılaştırılmış ve farklı deplasmanların olduğu saptanmıştır. Bu farklılığın, deneyde kazık üzerine etki eden yükün yüklenip boşaltılması durumunun yazılımda dikkate alınmaması, gerçekte yük ile birlikte kazık-zemin etkileşiminin zeminde örselenmeler meydana getirirken yazılımda bu etkileşimin yaylarla modellenmesi ve gerçekte kazık imalat aşamasında kesit özelliklerinde derinliğe bağlı değişebilirken yazılımda kazık uzunluğu boyunca tek bir kesit özelliğinin dikkate

alınması gibi durumlardan dolayı olduğu belirtilmiş ve farklılığın tasarımı önemli ölçüde etkilemeyeceği söylenmiştir. Deney sonuçları ve Allpile yazılımı kullanılarak yapılan karşılaştırmada ise deplasmanlar arasındaki farkın daha küçük olduğu sonucuna varılmıştır. Allpile yazılımında, zemin ortamının homojen ve izotrop olarak kabul edilmesi, yükleme-boşaltma döngüsünün dikkate alınmaması ve kazık imalatı sırasında zeminin örselenme durumunun modellenmemesi gibi durumlardan dolayı farklılıkların olduğu belirtilmiştir. Deney sonuçları ile kazık-zemin arasındaki ilişkiyi gerçeğe yakın olarak tanımlayan ve sonlu elemanlar yöntemi ile analiz yapan Plaxis 2D yazılımı analiz sonuçlarıyla karşılaştırıldığında gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Temür ve Öser (2016) tarafından yapılan düşey yük etkisi altındaki kazık gruplarının bozkurt optimizasyon algoritması kullanılarak optimum tasarımlarının elde edilmesi konulu çalışmada sezgisel optimizasyon algoritmalarının kazık gruplarının optimal tasarımları üzerindeki geçerliliği araştırılmıştır. Bozkurt optimizasyon (BO) algoritmasından elde edilen optimal tasarımların karşılaştırılmasında parçacık sürüsü optimizasyonu algoritması (PSO) ve geliştirilmiş harmoni arama algoritması (GHA) kullanılmıştır. Bu bağlamda, yumuşak ve gevşek zeminler içinde imal edilecek fore kazıkların taşıma kapasiteleri belirlenmiş ve amaç fonksiyonu olarak yatay ve düşey sıradaki toplam kazık sayısının kazık imalat birim fiyatı ile ağırlıklandırılmış durumu dikkate alınarak güvenli ve ekonomik tasarımlar araştırılmıştır. Çalışmada temel boyutları 20m x 30m, toplam sürşarj yükü 100000 kN, kazık aralıkları için alt ve üst değerler ise sırasıyla 2.5D ve 4D (D: kazık çapı) olarak alındığı üç farklı sayısal örnek algoritma popülasyon sayısı, minimum iterasyon ve en düşük maliyet ile en yüksek maliyet arasındaki fark olarak tanımlanan standart sapma değerlerinin BO, PSO ve GHA' ya göre değişimleri incelenmiş ve her bir örnek için toplam maliyet ve amaç fonksiyonu değerlendirme sayısı ilişkisi irdelenmiştir. Farklı popülasyon sayısı, minimum iterasyon sayısı ve standart sapma parametre değerleri kullanılarak yapılan optimizasyon analizlerinde BO algoritmasının tutarlı sonuçlar ürettiği ve düşük işlem hacmine sahip olması sebebiyle düşey yüke maruz kazıkların optimizasyonu için uygun bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Literatür araştırmasının son bölümünde, yatay yüklü kazıkların tasarımlarında sezgisel yöntemler kullanılarak yapılan bilimsel çalışmalar araştırılmış fakat zemin parametre değişimlerinin etkisini dikkate alan ve elde edilen optimizasyon çalışmalarının geoteknik açıdan yorumlandığı akademik çalışmalara literatürde rastlanmamıştır.

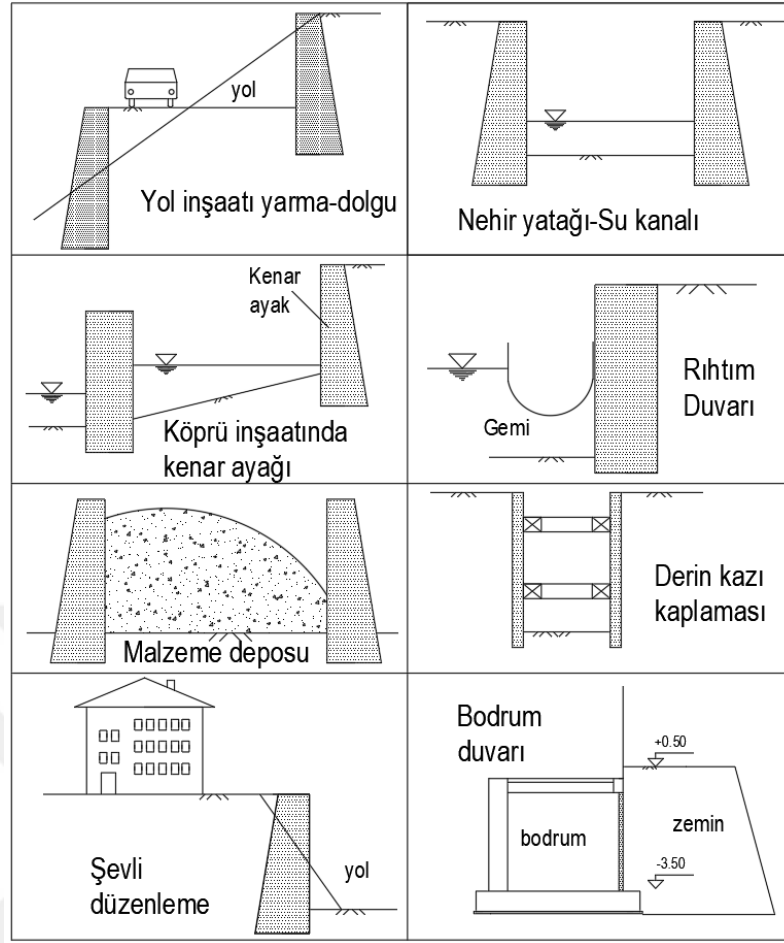
2. DAYANMA YAPILARI VE YATAY YÜKLÜ KAZIKLAR

Bu tez çalışması kapsamında tasarım kriterleri ve optimum tasarımları araştırılan geoteknik konuları ile ilgili teorik bilgiler aşağıda başlıklar altında detaylı bir şekilde verilmiştir.

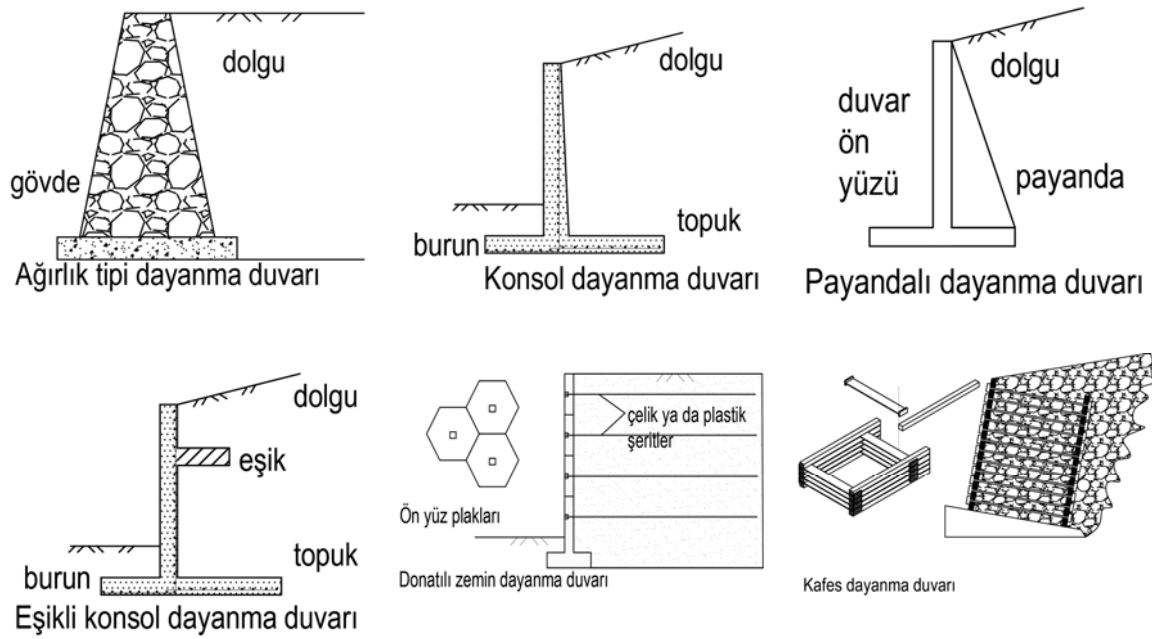
2.1. Dayanma Yapıları

Geoteknik mühendisliğinde farklı iki zemin seviyesi arasında oluşan yatay zemin direncine düşey ya da düşeye yakın bir yapı elemanı ile karşı koyan ve stabilizeyi sağlayan yapılar dayanma yapıları olarak tanımlanmaktadır. Özellikle farklı iki zemin kotunun şevli olarak bağlanmasının mümkün olmadığı büyük kazı alanı, rıhtım inşası, inşa alanında karayolu veya demiryolu olması gibi durumlarda dayanma yapıları alternatif bir çözüm olarak ön plana çıkmaktadır. Dayanma yapılarının yaygın olarak kullanıldığı bazı uygulama örnekleri Şekil 2.1’ de gösterilmiştir.

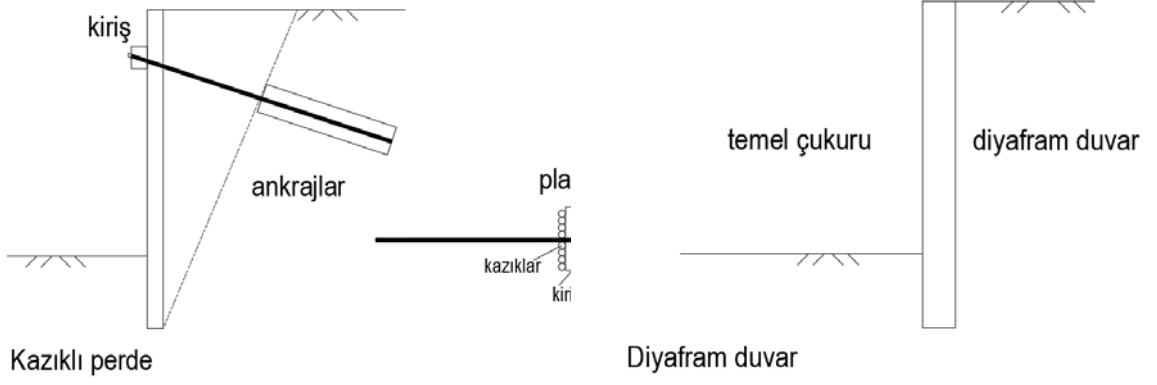
İnşa edilecek zeminde yapılması planlanan düşey yapı elemanının yüksekliği, zemin profili, yeraltı suyunun varlığı, inşa alanın fiziksel özellikleri, yatay olarak desteklenecek zemin direnci ve maliyet gibi kriterler göz önünde bulundurularak tasarımda kullanılacak olan dayanma yapısı tipi belirlenir. Dayanma yapılarını eğilmeye karşı rijitlik durumuna göre rijit veya esnek dayanma yapısı olarak sınıflandırmak mümkündür. Maruz kaldığı kuvvet etkisinde şekil değiştirmesi az olan yapılar rijit dayanma yapısı olarak tanımlanır (Uzuner, 2000). Taş, beton vb. malzemeden imal edilen ağırlık dayanma duvarı veya ön yüz eğimli düz, eşikli, dişli ya da payandalı olarak çeşitlendirilebilen donatılı konsol dayanma duvarı, kafes (sandık) dayanma duvarı ve donatılı zemin dayanma duvarı gibi dayanma yapıları zeminde meydana gelen yatay yüklerle birlikte dolgu şürşaj yükü gibi yüklemelere kendi duvar ağırlığı ile karşı koyan rijit dayanma yapılarına örnek olarak verilebilir. Yük etkisinde göstermiş olduğu deformasyonların fazla olduğu ve eğilmeye karşı dirençleri az olan dayanma yapıları ise esnek dayanma yapıları olarak tanımlanmaktadır. İnşa edildiği alana ve zemin durumuna göre tasarım ve imalat farklılığı gösteren esnek dayanma yapılarına palplanş perde, yatay ya da düşey kaplama tahtaları ile oluşturulan düşey düzlemin desteksiz, eğik destekli ya da yatay destekli olarak imal edildiği kazı kaplamaları, kazıklı perde, diyafram duvar vb. imalatlar birer örnektir. Rijit dayanma yapıları ve esnek dayanma yapıları için görseller sırasıyla Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’ te sunulmuştur.



Şekil 2.1. Dayanma yapıları uygulama örnekleri (Uray, 2014)



Şekil 2.2. Rijit dayanma yapıları uygulama örnekleri (Uray, 2014)



Şekil 2.3. Esnek dayanma yapıları uygulama örnekleri (Uray, 2014)

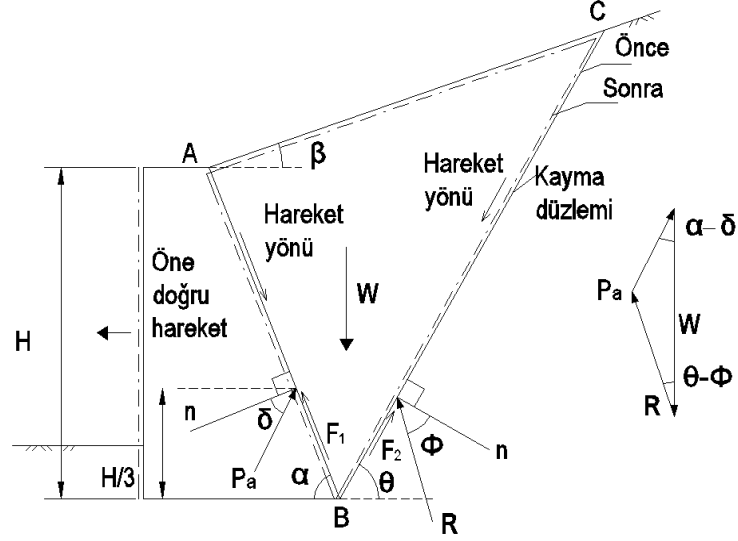
2.1.1. Yanal zemin basınçları

Güvenli bir dayanma duvar tasarımında dayanma duvar tipi, duvar hareket yönü ve miktarı, zeminin kayma mukavemeti parametreleri, zeminin birim hacim ağırlığı ve drenaj koşullarının etkili olduğu yatay zemin etkisinin belirlenmesi önem arz eder. Zeminin yatay olarak yayılmasını ve göçmesini engelleyen dayanma yapılarında oluşan yatay zemin etkisinin hesaplanmasında Coulomb (1776) ve Rankine (1857) gibi birçok araştırmacı teoriler önermiştir.

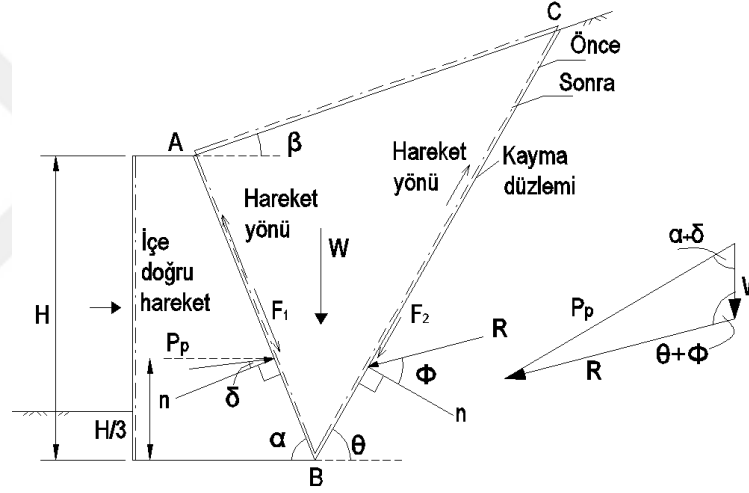
Dayanma yapısının öne veya arkaya doğru hareket ettiği durumda desteklediği zemin kütlelerinin dengesini dikkate alan Coulomb Kama Teorisi (Uzuner, 2000) yatay zemin basıncının belirlenmesinde yapılan ilk çalışma olarak kabul edilmektedir. Bu teoride, gerçekte olduğu gibi duvar arkası ile zemin arasında bir miktar sürtünmenin olduğu durum kabulü yapılmaktadır. Pürüzlü duvar arka yüzeyi ile zemin arasındaki etkileşim sürtünme açısı (δ) ile tanımlanmakta olup değeri içsel sürtünme açısına (ϕ) bağlı olarak $\phi/3$ - $2\phi/3$ değerleri arasından seçilebilir.

Kohezyonsuz zeminde duvarın bir miktar öne doğru hareket etmesi durumunda aşağıya doğru kayma eğiliminde olan üçgen zemin kamasının dengesi Şekil 2.4' te verilmiştir.

Kohezyonsuz zeminde duvarın bir miktar arkaya doğru hareketi durumunda ise yukarıya doğru hareket eğiliminde olan üçgen zemin kamasının dengesi Şekil 2.5' te verilmiştir.



Şekil 2.4. Aktif durumda Coulomb Teorisi (kohezyonsuz zemin)



Şekil 2.5. Pasif durumda Coulomb Teorisi (kohezyonsuz zemin)

Aktif zemin basınç kuvveti, P_a , için ABC zemin kamasına etkiyen yükler altında dengede olması kabulü ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen bağıntı Eşitlik 2.1 ile verilmiştir.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \quad (2.1)$$

Burada, γ zemin birim hacim ağırlığı ve K_a ise aktif zemin basınç katsayısı olarak açıklanır. K_a , Eşitlik 2.2 ile belirlenmektedir.

$$K_a = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\sin(\alpha - \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.2)$$

Çizelge 2.1’ de farklı duvar arka yüzünün yatayla yaptığı açı değeri (α), duvar arkası dolgu eğim açısı (β), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve yapı-zemin arasındaki sürtünme açısı (δ) değerleri için belirlenen K_a değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.1. Coulomb kama teorisinde aktif durum için K_a değerleri

$\alpha=90^\circ, \beta=0^\circ$			$\alpha=90^\circ, \beta=10^\circ$			$\alpha=90^\circ, \beta=20^\circ$		
ϕ°	δ°		ϕ°	δ°		ϕ°	δ°	
	15	25		15	25		15	25
25	0.3631	0.3551	25	0.4228	0.4187	25	0.5456	0.5532
30	0.3014	0.2959	30	0.3432	0.3399	30	0.4150	0.4170
35	0.2478	0.2445	35	0.2771	0.2752	35	0.3226	0.3234
40	0.2011	0.1995	40	0.2215	0.2208	40	0.2511	0.2519
45	0.1604	0.1601	45	0.1744	0.1747	45	0.1936	0.1948
$\alpha=80^\circ, \beta=0^\circ$			$\alpha=80^\circ, \beta=10^\circ$			$\alpha=80^\circ, \beta=20^\circ$		
ϕ°	δ°		ϕ°	δ°		ϕ°	δ°	
	15	25		15	25		15	25
25	0.4409	0.4401	25	0.5202	0.5276	25	0.6788	0.7083
30	0.3784	0.3790	30	0.4368	0.4425	30	0.5345	0.5513
35	0.3227	0.3246	35	0.3661	0.3714	35	0.4317	0.4433
40	0.2729	0.2759	40	0.3051	0.3105	40	0.3505	0.3598
45	0.2284	0.2321	45	0.2521	0.2575	45	0.2837	0.2917

Pasif zemin basınç kuvveti, P_p , için ABC zemin kamasına etkiyen yükler altında dengede olması kabulü ile yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen bağıntı Eşitlik 2.3 ile verilmiştir.

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma D_f^2 K_p \quad (2.3)$$

Burada, γ zemin birim hacim ağırlığı, D_f pasif itki derinliği ve K_p ise pasif basınç katsayısı olarak açıklanır. K_p , Eşitlik 2.4 ile belirlenmektedir.

$$K_p = \frac{\sin^2(\alpha - \phi)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta)}{\sin(\alpha + \delta) \sin(\alpha + \beta)}} \right]^2} \quad (2.4)$$

Çizelge 2.2’ de farklı duvar arka yüzünün yatayla yaptığı açı değeri (α), duvar arkası dolgu eğim açısı (β), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve yapı-zemin arasındaki sürtünme açısı (δ) değerleri için belirlenen K_p değerleri verilmiştir.

Çizelge 2.2. Coulomb kama teorisinde pasif durum için K_p değerleri

$\alpha=90^\circ, \beta=0^\circ$			$\alpha=90^\circ, \beta=10^\circ$			$\alpha=90^\circ, \beta=20^\circ$		
ϕ°	δ°		ϕ°	δ°		ϕ°	δ°	
	15	25		15	25		15	25
25	3.8548	5.5991	25	5.9692	10.1805	25	9.9487	22.1049
30	4.9765	7.7036	30	8.1447	15.3845	30	15.0036	41.2594
35	6.5547	10.979	35	11.536	25.1175	35	24.4574	97.0934
40	8.8720	16.472	40	17.225	46.4739	40	45.1974	-----
45	12.465	26.695	45	27.812	-----	45	-----	-----
$\alpha=80^\circ, \beta=0^\circ$			$\alpha=80^\circ, \beta=10^\circ$			$\alpha=80^\circ, \beta=20^\circ$		
ϕ°	δ°		ϕ°	δ°		ϕ°	δ°	
	15	25		15	25		15	25
25	3.0939	4.1267	25	4.5279	6.7585	25	6.8103	11.8950
30	3.8021	5.2989	30	5.7669	9.1478	30	9.1999	17.7606
35	4.7301	6.9373	35	7.5041	12.8535	35	12.9073	28.6770
40	5.9810	9.3294	40	10.044	19.0394	40	19.0967	52.5133
45	7.7258	13.020	45	13.968	30.4999	45	30.5637	-----

Kohezyonsuz zeminler için önerilen ve sonrasında yapılan çalışmalarla kohezyonlu zemin ve diğer durumlara göre genelleştirilen Rankine Teorisinde zemin ortamın plastik denge durumundaki gerilmeler kullanılarak yatay zemin basıncı hesaplanır. Yarım sonsuz ortam kabulünde zeminin her noktasında kırılmaların olduğu plastik denge ve zeminde herhangi bir deformasyonun meydana gelmediği elastik denge durumu söz konusudur.

Elastik denge durumundaki yanal zemin basıncı, σ_y Eşitlik 2.5 ile sükûnet zemin basınç katsayısı, K_o Eşitlik 2.6 ile verilmiştir.

$$\sigma_y = K_o \sigma_d \quad (2.5)$$

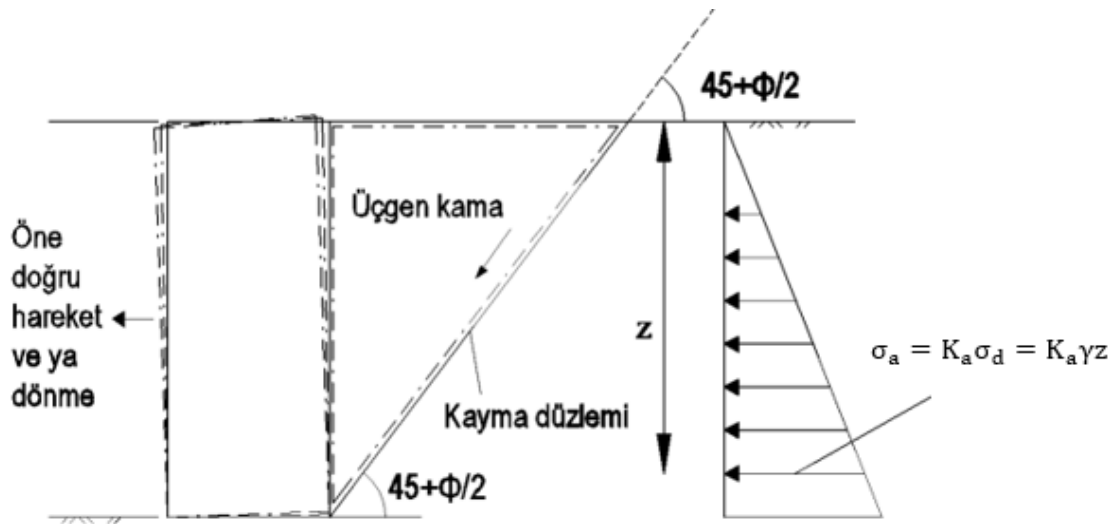
$$K_o = \frac{\nu}{1-\nu} \text{ veya } K_o = 1 - \sin \phi \quad (2.6)$$

Burada, ν , poisson oranı olarak tanımlanmış olup zemin cinsine göre K_o değerleri Çizelge 2.3’ te verilmiştir.

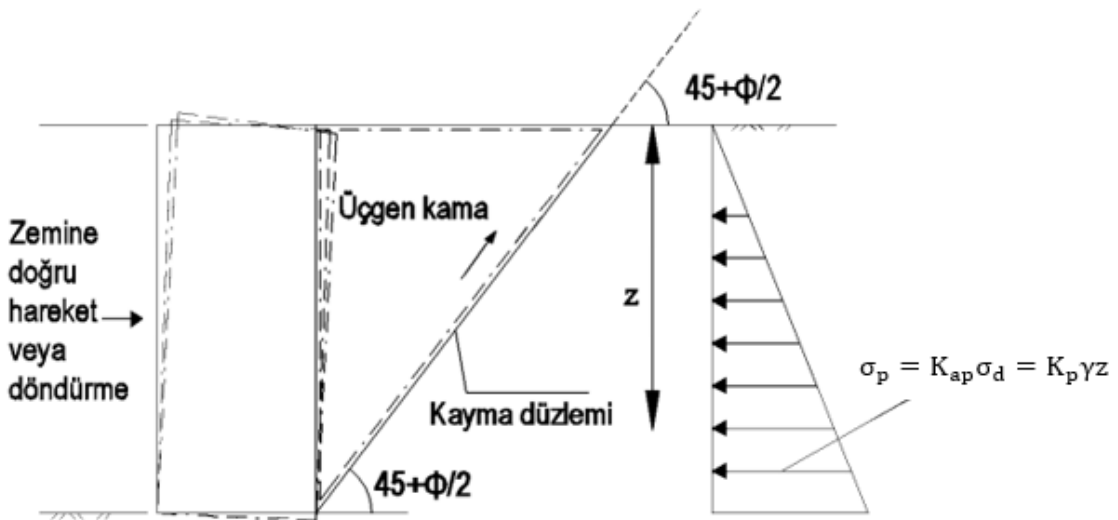
Çizelge 2.3. Ko değerleri

Zemin cinsi	K_o
Gevşek kum	0.4
Sıkı kum	0.6
Yumuşak kil	0.6
Sert kil	0.5

Plastik denge durumunda yarım sonsuz zemin ortamının yanal genişlemesi ile aktif denge durumu meydana gelirken, yanal bir sıkışma ile pasif denge durumu meydana gelmektedir. Yatay zemin basınç dağılımı ve oluşumları aktif durum için Şekil 2.6' da ve pasif durum için Şekil 2.7' de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Aktif durumda Rankine Teorisi (kohezyonsuz zemin)



Şekil 2.7. Pasif durumda Rankine Teorisi (kohezyonsuz zemin)

Aktif basınç zemin katsayısı ve pasif basınç zemin katsayısının belirlenmesi için sırasıyla Eşitlik 2.7 ve Eşitlik 2.8 kullanılmıştır.

$$K_a = \tan^2(45 - \phi / 2) = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (2.7)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi / 2) = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \quad (2.8)$$

Farklı içsel sürtünme açısı değerlerine göre belirlenmiş K_a ve K_p değerleri Çizelge 2.4' te verilmiştir.

H kadar duvar yüksekliğine sahip dayanma duvarının orta sıkı kumda yapılması durumunda duvarın öne doğru 0.002H kadarlık hareketi ile aktif durum oluştuğu ve 0.08H kadarlık duvarın zemine doğru hareketi ile pasif durum oluştuğu yapılan deneysel çalışmalarla araştırılmıştır (Tan, 1996). Zeminde aktif ya da pasif durum oluşma koşulları incelenirse aktif durum oluşması için daha küçük bir hareket gerekirken pasif durum oluşması için daha büyük hareket gerekmektedir.

Kohezyonsuz zeminde aktif ve basınç kuvvet durumunda yanal zemin basıncının belirlenmesi için verilen bağıntılar üniform yayılı yük, iki tabakalı durum, eğik zemin yüzü, eğik duvar arkası ve eğik zemin yüzü durumları için de geliştirilmiştir.

Dayanma duvarına etki eden yüklerin etkisiyle duvarın bir miktar öne ya da arkaya doğru hareketi sonucunda gerçekte zemin ile duvar arkası yüzey arasında sürtünmeler meydana gelmektedir. Bu sürtünme etkisi Rankine Teorisinde ihmal edilirken Coulomb Teorisinde dikkate alınmaktadır. Duvara etkiyen yanal basınç dağılımının elde edildiği Rankine Teorisinde kohezyonlu zemin, yeraltı suyu olması durumlarında kullanılabilmektedir. Bileşke aktif ya da pasif basınç kuvvetini veren Coulomb Teorisinde duvar arkasındaki zemin kaması dikkate alınırken, Rankine Teorisinde zemin kesitindeki bir elemanın yük altındaki davranışı incelenmektedir. Eşitlik 2.2 ve Eşitlik 2.4 ile verilen aktif ve pasif basınç katsayılarının hesabında $\alpha=90^\circ$, $\delta=0$, $\beta=0$ olarak alınırsa, her iki durum için elde edilen basınç katsayıları birbirine eşit olarak elde edilmektedir.

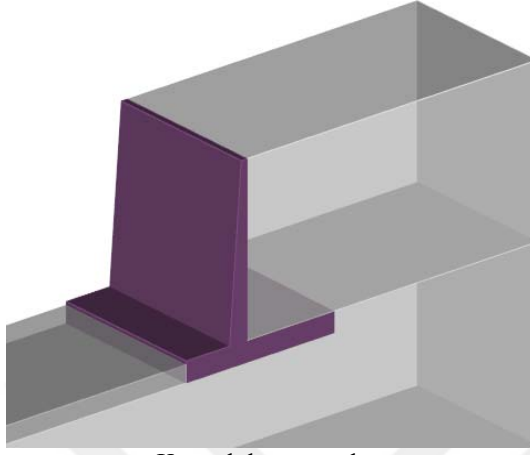
Çizelge 2.4. Rankine aktif ve pasif zemin basınç katsayıları (düz zemin yüzeyi)

ϕ°	K_a	K_p
20	0.49	2.04
21	0.472	2.117
22	0.455	2.198
23	0.438	2.283
24	0.422	2.371
25	0.406	2.464
26	0.39	2.561
27	0.376	2.663
28	0.361	2.77
29	0.347	2.882
30	0.333	3
31	0.32	3.124
32	0.307	3.255
33	0.295	3.392
34	0.283	3.537
35	0.271	3.69
36	0.26	3.852
37	0.249	4.023
38	0.238	4.204
39	0.228	4.395
40	0.217	4.599
41	0.208	4.815
42	0.198	5.045
43	0.189	5.289
44	0.18	5.55
45	0.172	5.828
46	0.163	6.126

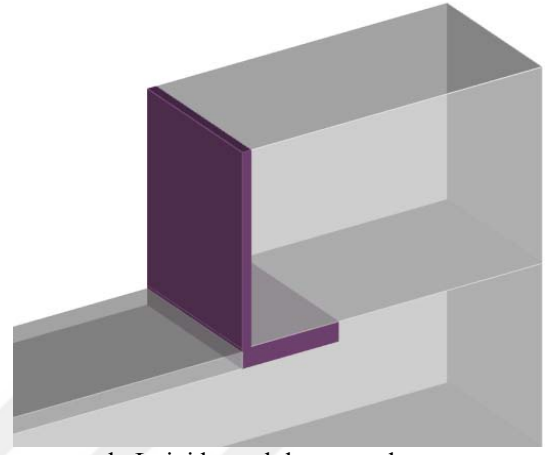
2.1.2. Konsol dayanma duvarları

Dayanma duvarı, farklı kotlara sahip zemin seviyeleri arasında oluşan yatay zemin basınçlarına karşı koyup zeminin yanal olarak yayılmasını engelleyen ve gerekli yapı güvenliğini sağlayacak şekilde bağlayan yapı elemanı olarak tanımlanmaktadır. Dayanma duvarı yapılacak zemin profili, duvara etki eden yükler, inşa alanının fiziksel özellikleri gibi durumlardan dolayı birçok tipte tasarlanan dayanma duvarları arasından konsol dayanma duvarı en çok kullanılan dayanma duvar tiplerinden biridir. Bunun en önemli sebebi kalınlığının ağırlık dayanma duvarına göre daha ince gövde ve bir taban plağından oluşmasıdır. Duvar stabilitesinin sağlanması koşuluyla ön ampartman ve arka ampartman uzunluğu karayolu veya demir yolu kenarında inşa edilmesi, komşu bina varlığı ve maliyet gibi durumlara göre değişkenlik göstermektedir. Konsol dayanma duvarı, gövde kalınlığının ağırlık duvarına göre daha ince olduğu düşey bir gövde ve temelden oluşmaktadır. Konsol dayanma duvarı tasarımında duvarın stabilitesini

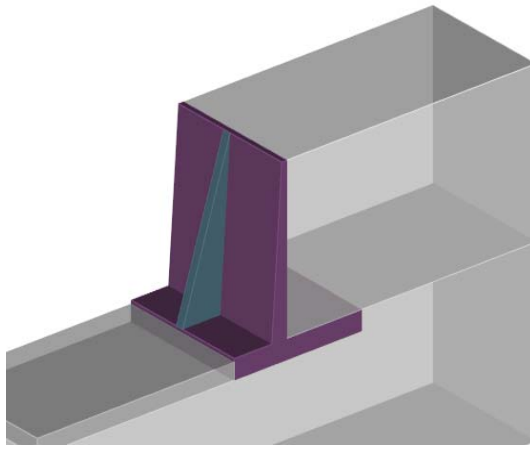
sağlamak ve karşılaşılan bazı problemleri çözmek için konsol dayanma duvarı düz, L tipi, payandalı, dişli, eşikli ve eğik taban yüzü olarak sırasıyla Şekil 2.8.a-2.8.f' de gösterildiği gibi tasarlanabilir.



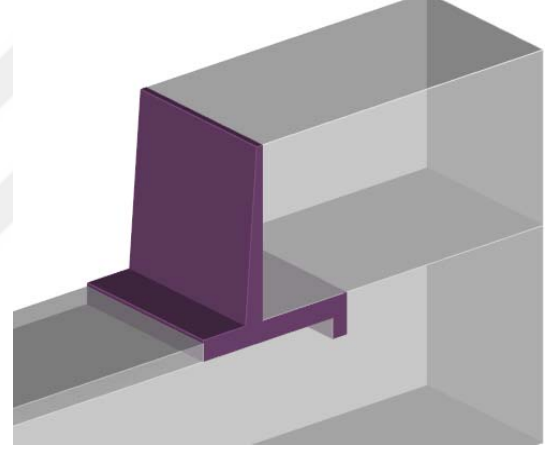
a. Konsol dayanma duvarı



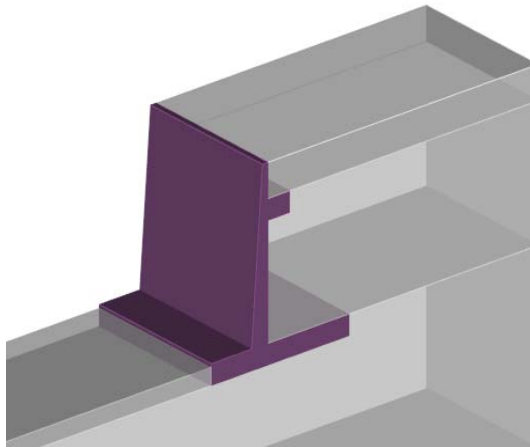
b. L tipi konsol dayanma duvarı



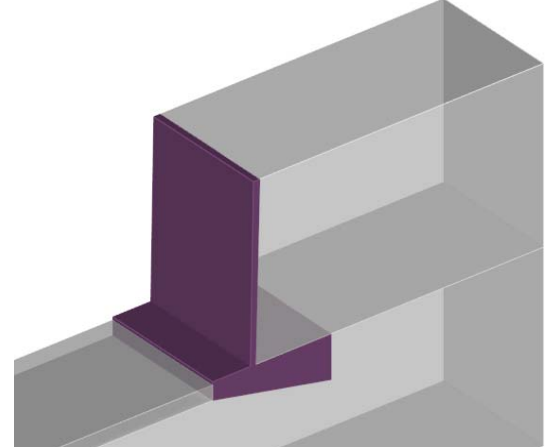
c. Payandalı konsol dayanma duvarı



d. Dişli konsol dayanma duvarı



e. Eşikli konsol dayanma duvarı

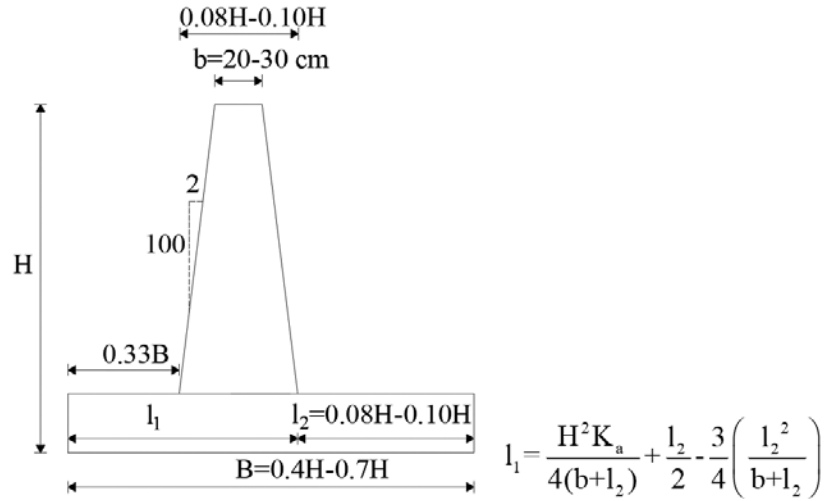


f. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı

Şekil 2.8. Çeşitli konsol dayanma duvarı tasarımları (GEO5)

Dayanma duvar tasarımı, yapının inşaa edileceği zemin ve şev özelliklerini göz önünde bulunduran ve stabilite koşullarını sağlayan duvar boyutları belirlenmelidir. Konsol dayanma duvarı tasarımı duvar stabilitesi sağlanıncaya kadar deneme-yanılma yöntemi ile duvar boyutları seçilmeye devam edilir. Duvar stabilitesinin sağlandığı duvar boyutlarının aynı zamanda ekonomik olması gerekliliği de önemli bir diğer tasarım unsurudur. Dayanma duvarı tasarımlarında, tasarımcıya seçmesi gereken duvar boyutları ile ilgili ön fikir veren tasarım önerileri ulusal ve uluslararası olmak üzere çeşitli yönetmeliklerde ön tasarım kılavuzları olarak verilmiştir.

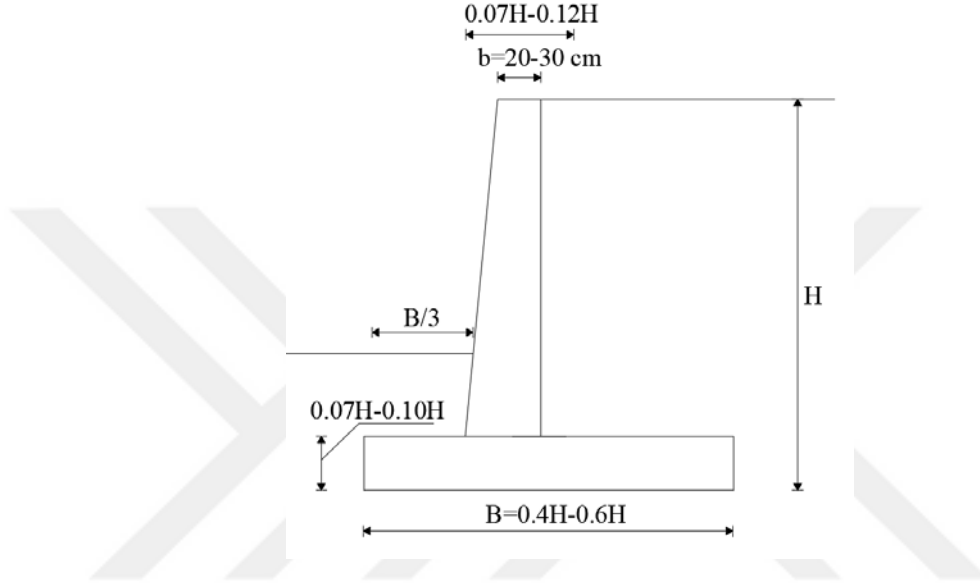
Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Yönetmeliğine (TS7994, 1990) göre verilen ön tasarım kılavuzu Şekil 2.9’ da verilmiştir. Yönetmelikte yapılacak olan duvar yüksekliğine göre konsol dayanma duvarının eşikli ya da dişli olarak yapılabilir. Ayrıca yönetmeliğe göre dayanma yapısında boyutlar birinci dereceden yüksekliğe bağlı olarak tespit edilmeli ve uygulama da her türlü temel için gömme derinliği 80 cm, don bölgelerinde 120 cm’den derin alınmalıdır. Dayanma duvarı ön çıkma mesafesi B/3 olarak alınabilir. Tahkiklerin sağlanmaması durumunda l_1 ve l_2 mesafeleri hesaplanarak stabilite tahkikleri tekrarlanır.



Şekil 2.9. TS7994 konsol dayanma duvarı ön tasarım kılavuzu

Amerikan Beton Enstitüsü Yapısal Beton için Yapım Şartları (ACI-318, 2008) yönetmeliğinde belirtilen konsol dayanma duvarı tasarımı ön görülen duvar boyutları Şekil 2.10’ da verilmiştir. Duvar tasarımı toplam duvar yüksekliği belirlenirken duvar temeli donma derinliği altında kalacak şekilde yaklaşık olarak 3-6ft

(0.91-1.83m) arasında kalacak şekilde belirlenmektedir. Ekonomik duvar tasarımı elde etmek için $h \leq 12$ ft (3.66m) duvar yüksekliğinde gövde kalınlığı sabit alınabilirken $h > 12$ ft (3.66m) için gövde artan duvar yüksekliği ile birlikte azalan genişlikli olarak tasarlanmalıdır. Yönetmelikte duvar ön yüzü eğimi 1/4 olarak belirtilmiştir. Temel kalınlığı Şekil 2.10’ da gösterildiği gibi öngörölmüş olup ayrıca minimum 10-12inç (25.4-30.48cm) olarak seçilmesi gerekmektedir (McCormac ve Brown, 2015).



Şekil 2.10. ACI318 konsol dayanma duvarı ön tasarım kılavuzu

Devlet Karayolu ve Ulaşım Yetkilileri Amerikan Birliği LRFD Köprü Tasarım Şartnamesinde (AASHTO, 2012), dayanma duvarı temel genişliği ve kalınlığı ile duvar ön çıkma mesafesi hakkında ön görülen mesafeler verilmiştir. Dayanma duvarı temel genişliğini duvar gövde yüksekliğinin %70 ile %75 arasında, temel kalınlığını ise gövde yüksekliğinin %10 ile %15 arasında alınmasını önermektedir. Dayanma duvarı ön çıkma mesafesi ise temel genişliğinin 1/3’ ü olarak seçilmektedir.

2.1.3. Konsol dayanma duvar tahkikleri

Çeşitli arazi ve laboratuvar deneyleri ile zemin profili ve özellikleri belirlenmiş zemin ortamında yapılacak dayanma duvar tasarımında seçilen duvar boyutlarına göre duvarın stabilite kontrolleri yapılmalıdır. Statik ve dinamik yükler etkisinde duvar yanal olarak ötelenmemeli (kayma tahkiki), burun noktasından dönmemeli (devrilme tahkiki),

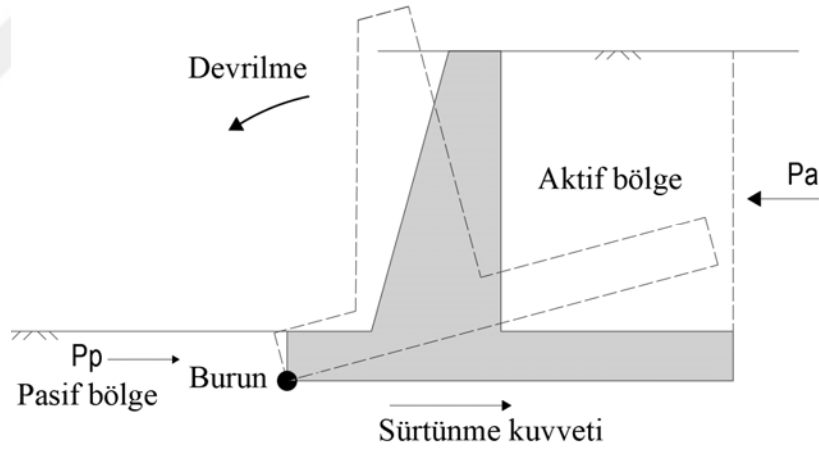
Sürtünme açısı, δ , genellikle $\phi/2$ ile $\phi/3$ (ϕ , zemin içsel sürtünme açısı) olarak alınır. ΣF (kaydıran) kuvveti aktif zemin basınç kuvvetine (P_a) eşittir.

Seçilen duvar boyutlarına göre yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen kayma güvenlik sayısı granüler zeminde 1,5 olarak verilmiştir (Yıldırım, 2002).

Dayanma duvar tasarımında, H duvar yüksekliği kadar etki eden aktif basınç kuvveti duvarı burun noktasından dönmeye zorlarken düşey duvar ağırlıklarının ve pasif zemin basınç kuvvetinin burun noktasına göre oluşturduğu moment bu dönmeye karşı koymaktadır. Kohezyonsuz tek tabakalı zemin ortamında dolgu şürşaj yük ve yeraltı suyunun bulunmadığı durumda devrilme tahkiki dikkate alınan kuvvetler genel olarak Şekil 2.12’ de gösterilmiştir.

Dayanma duvarının devrilme güvenliği, devrilmeye karşı koyan momentin devirmeye çalışan momente oranı olarak tanımlanmıştır (Eşitlik 2.11).

$$F_s = \frac{\Sigma M_T(\text{karşı koyan})}{\Sigma M_T(\text{kaydıran})} \quad (2.11)$$



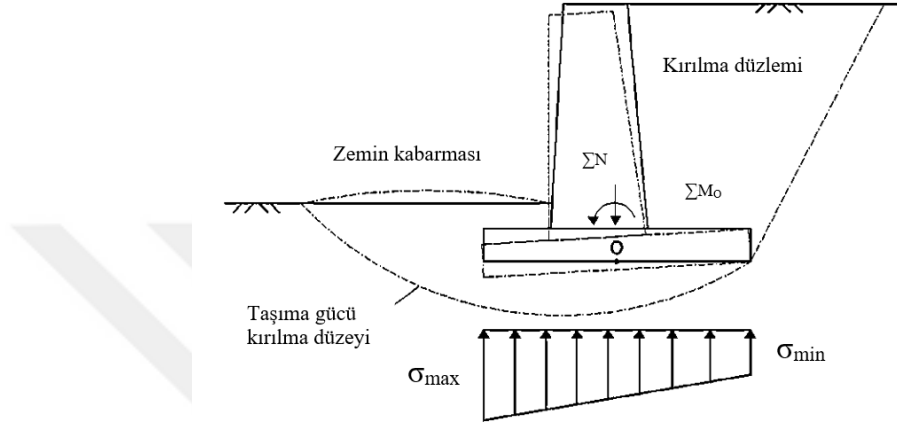
Şekil 2.12. Dayanma duvarında devrilme tahkiki

ΣM_T (karşı koyan) moment, toplam düşey yükün ve pasif zemin basıncının burun noktasına göre momenti olarak verilmiştir. ΣM_T (deviren) ise aktif zemin basıncının burun noktasına göre oluşturduğu momenttir.

Seçilen duvar boyutlarına göre yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen devrilme güvenlik sayısı granüler zeminde 2.0 olarak verilmiştir (Yıldırım, 2002).

Dayanma duvarı tasarımında duvara etki eden statik ve dinamik yükler etkisindeki temel tabanının oturduğu zemin tarafından güvenli bir şekilde taşınması

gerekmektedir. Yani temel tabanında oluşan maksimum gerilmenin zeminin emniyetli taşıma gücü değerinden büyük olmaması gerekmektedir. Dayanma duvarı taşıma gücü tahkikinde dikkate alınacak toplam düşey kuvvet, ΣN , ve temel tabanı orta noktasına göre belirlenen toplam moment, ΣM_o , ile birlikte temel tabanında oluşan maksimum zemin gerilmesi, $\sigma_{\max}$, ve minimum zemin gerilmesi, $\sigma_{\min}$, Şekil 2.13' te gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Dayanma duvarında taşıma gücü tahkiki

Düşey yük etkisi ile birlikte yanal yüke maruz dayanma duvarında oluşan moment etkisi temelde eksantrisite meydana getirmektedir. Eksantrik yüklü dayanma duvar temelinde geleneksel yöntemle (Uzuner, 2007) göre eksantrisite Eşitlik 2.12 ile hesaplanmaktadır.

$$e = \frac{\Sigma M_o}{\Sigma N_o} \quad (2.12)$$

Eksantrisite etkisinde temel tabanında oluşan $\sigma_{\max}$ ve $\sigma_{\min}$ Eşitlik 2.13 kullanılarak belirlenmektedir.

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{\Sigma N}{A} \pm \frac{\Sigma M_o}{W} \quad (2.13)$$

Eşitlik 2.13 ile hesaplanan $\sigma_{\max}$ değeri temelin emniyetli taşıma gücünden daha büyük olmalı ve $\sigma_{\min}$ değeri temelde çekme gerilmelerinin oluşmaması için negatif olmamalıdır.

Terzaghi (1965) taşıma gücü teorisi kullanılarak temelin sınır taşıma gücü Eşitlik 2.14 ile hesaplanmaktadır. Zeminin sınır taşıma gücü 2 ile 5 arasında değişen bir güvenlik sayısına bölünerek zeminin emniyetli taşıma gücü elde edilmektedir.

$$q_{\text{sınır}} = k_1 c N_c + p'_0 N_q + k_2 \gamma B N_\gamma \quad (2.14)$$

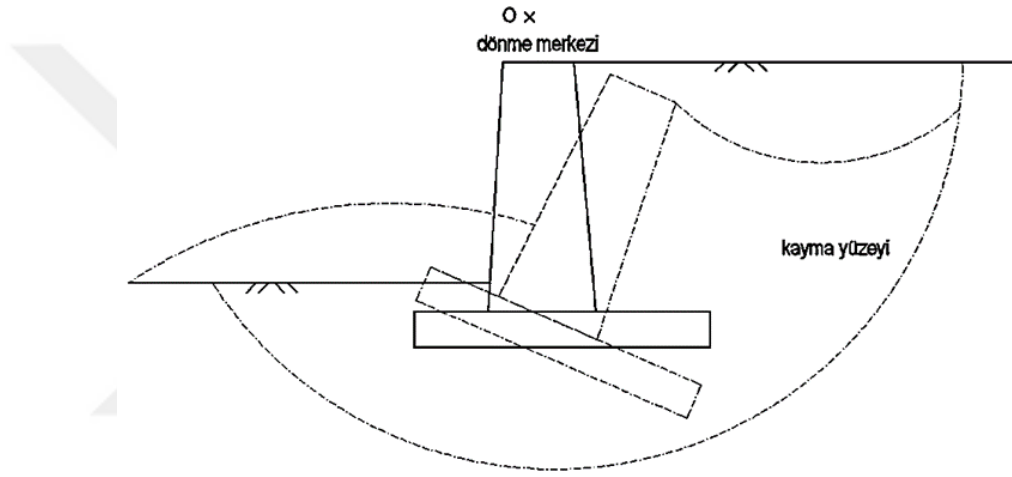
Burada, c , zemin kohezyonu, γ , temel zeminin birim hacim ağırlığı, B , temel genişliği, içsel sürtünme açısına bağlı Çizelge 2.5’ te verilen N_c , N_q , N_γ , taşıma gücü katsayıları ve k_1 , k_2 boyutsuz temel şekil katsayılarıdır.

Çizelge 2.5. Terzaghi taşıma gücü katsayıları (Genel kayma kırılması için) (Uzuner, 2000)

ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ	ϕ (°)	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1	0	26	27.09	14.21	9.84
1	6	1.1	0.01	27	29.24	15.9	11.62
2	6.3	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.7
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.1	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2	0.27	33	48.09	32.33	31.94
8	8.6	2.21	0.35	34	52.64	36.5	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.5	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.6	5.45	2.18	43	134.58	126.5	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.6
19	16.56	6.7	3.07	45	172.68	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.8	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.25	10.23	6	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.4	7.08	50	347.5	415.14	1072.8
25	25.13	12.72	8.34				

Sürekli dayanma duvar şerit temel için temel şekil katsayıları $k_1=1$ ve $k_2=0.5$ olarak alınmalıdır.

Dayanma duvar tasarımı yapılan yatay olarak desteklenen şevde, toptan göçme güvenliğinin sağlanması gerekmektedir (Şekil 2.14). Şev stabilitesi analizlerinde zemin özellikleri, şev özellikleri ve geometrisi, yeraltı suyunun varlığı, zeminin jeolojik geçmişi gibi parametreler şevin kritik kayma düzleminin belirlenmesini karmaşık bir geoteknik problemine dönüştürmektedir. Bu sebeple şevin minimum güvenlik sayının belirlenmesinde bahsedilen parametreler dikkate alınarak ve bazı kabuller yapılarak şev stabilitesi için Bishop (1955), Fellenius (1936), Janbu (1954), Spencer (1967) ve Morgenstern-Price (1965) metotları geliştirilmiştir. Bu metotlarda şevin kritik güvenlik sayısı, seçilen bir kırılma yüzeyi için sayısız deneme tekrarlanarak elde edilmektedir.



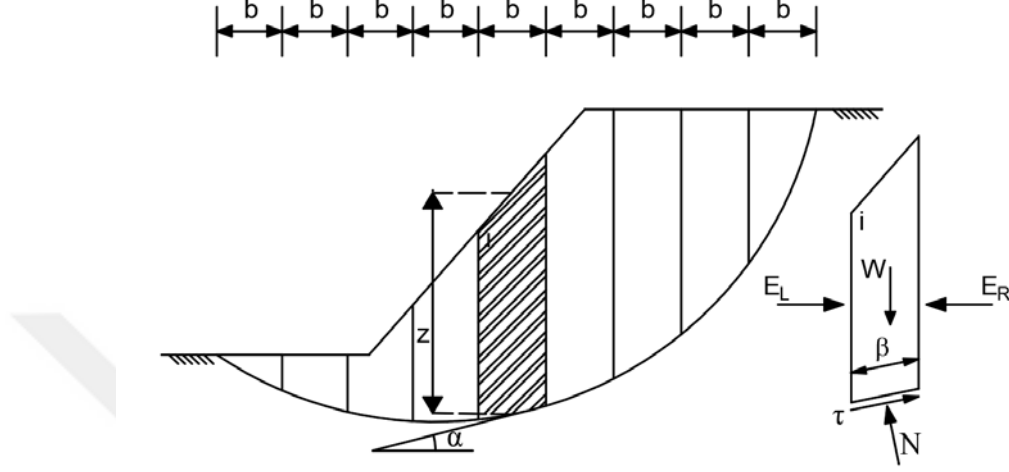
Şekil 2.14. Dayanma duvarında toptan göçme tahkiki

Bishop yöntemi (1955) kritik olarak seçilen kırılma düzlemi ile şev geometrisi arasında kalan alanı yaklaşık aynı genişlikteki dilimlere ayırarak her bir dilimdeki moment dengesini dikkate alan bir dilim yöntemidir. Dilimler arasındaki normal kuvvetler göz önünde bulundurulurken kayma kuvvetleri ihmal edilir. Bir dilim üzerine etkileyen kuvvetler ve yöntemin uygulaması Şekil 2.15' te verilmiştir. Bishop yöntemine göre şevin güvenlik sayısı Eşitlik 2.15 kullanılarak belirlenmektedir.

$$F_s = \frac{\sum \left[(c\beta + W \tan \phi) \left(\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi}{FS} \right) \right]}{\sum W \sin \alpha} \quad (2.15)$$

Burada, c , zeminin kohezyonu, β , dilim taban uzunluğu, ϕ , zeminin içsel sürtünme açısı, W , dilimin ağırlığı, α , dilim tabanın eğimi, N , normal kuvvet olarak

tanımlanır. Eşitliğin her iki tarafında yer alan F_s ' in belirlenmesi için deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Başlangıç olarak eşitliğin sol tarafındaki F_s için bir değer verilir ve eşitliğin sağ tarafı hesaplanır. İki F_s değeri arasındaki fark 0.001 ya da daha az oluncaya kadar işlemler tekrarlanır. Elde edilen F_s değeri şev stabilitesi güvenlik sayısıdır.



Şekil 2.15. Bishop yöntemi şev stabilite tahkiki

2.1.4. Derin kazı destekleme sistemleri

Yapının temelinin yapılması amacıyla açılan derin temel çukurlarında kazı yapılacak bölgede bulunan komşu bina, karayolu veya demiryolu veya diğer yapıların zarar görmesini engellemek ve güvenli bir inşa sahası sağlamak amacıyla kazı destekleme sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde, nüfus artışı ile birlikte yüksek katlı binaların yapılması ve binaların otopark gibi fiziksel alan ihtiyaçlarının zemin altında oluşturulan mekanlarla karşılanması ya da aç-kapa yöntemi ile metro kazıları gibi durumlarda derin kazı destekleme sistemleri alternatif bir çözüm oluşturmaktadır. Derin açılan temel çukurlarında, güvenli olmaması, çalışma alanını kısıtlaması ve ekonomik olmaması gibi durumlardan dolayı yeraltı suyu varlığında yatay zemin basıncını desteklemek için dayanma duvarlarının kullanılması tercih edilmemektedir. Derin kazı destekleme için kullanılan palplanş perdeler, çelik, ahşap veya betonarme hazır kazıkların sürekli bir perde sistemi oluşturacak şekilde yan yana çakılması ile oluşturulur. Taşıma gücü düşük zeminlerde bile pratik bir çözüm olan perde elemanı, yeraltı suyunun varlığı durumunda bile sızdırmaz veya çok az su sızdırır olarak kabul edilir. Bu sebeple rıhtım, iskele, batardo ve su yapılarında sızıntı

uzunluğunun artırılması, şev desteklenmesi ve iksa gibi durumlarında bu sistem uygulanmaktadır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16. Çelik malzemeli palplanş perde ile su altı batordo uygulaması
(Kathir)(www.civilsnapshot.com)

Ayrıca, yatay ya da düşey kaplama tahtalarının desteksiz, yatay destekli, eğik destekli ya da eğik ankraj çubuklu olarak yapılması da kazı destekleme sistemi olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.17).



Şekil 2.17. Kplama tahtalı ve destekli palplanş perde ile kazı destekleme uygulamaları
(Hamakareem)(www.theconstructor.com)

Derin kazı destekleme sistemi olarak kullanılan bir diğer kazı kaplama uygulaması da ankrajlı kazıklı perdedir (Şekil 2.18).

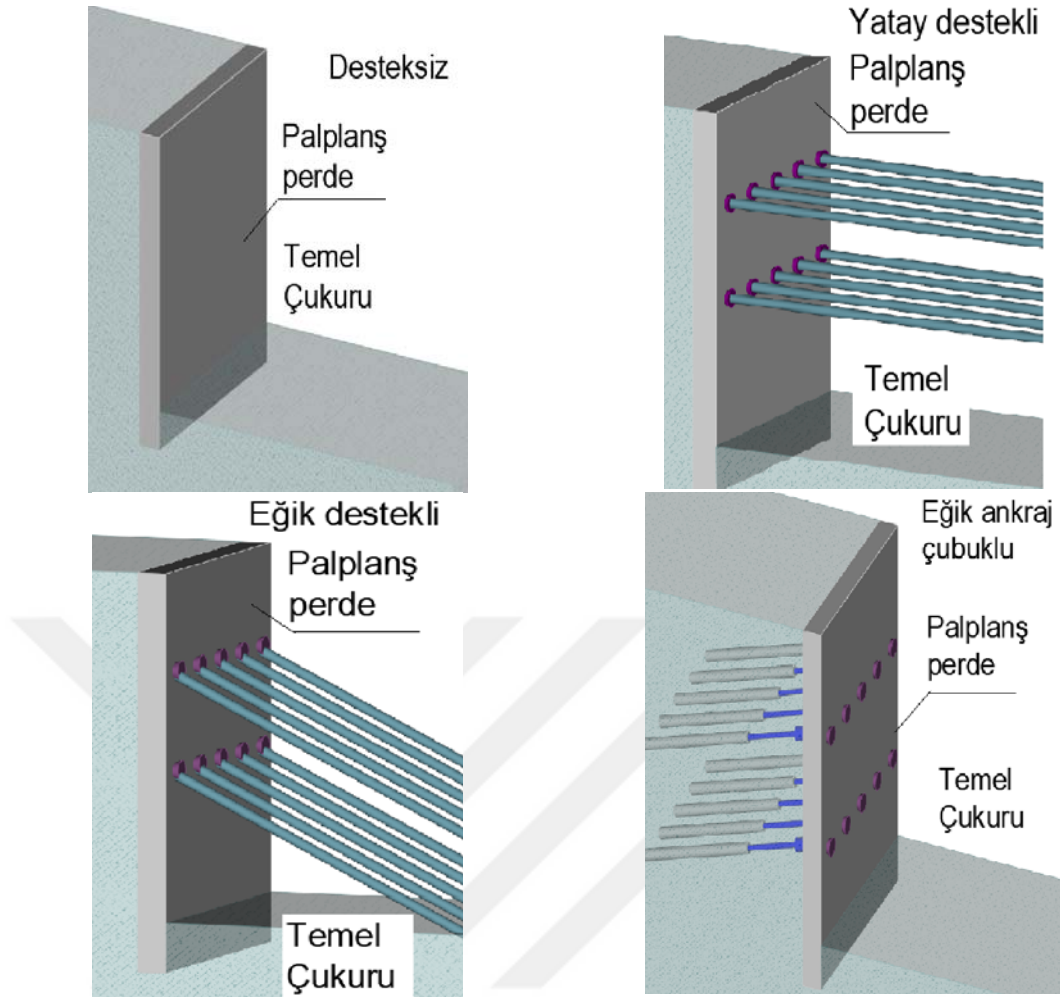


Şekil 2.18. Çok sıra ankrajlı kazıklı perde ile kazı destekleme uygulamaları (TemeltেকMühendislik, 2020)

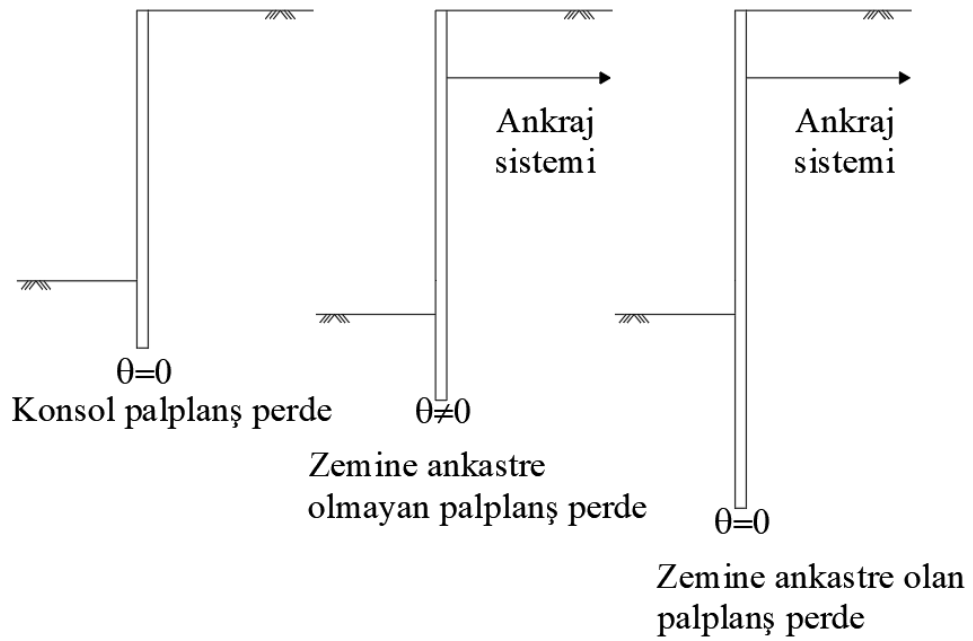
Palplanş perdeler desteklediği yatay yüke, kazı alanının durumuna ve geçici veya kalıcı olma durumuna göre desteksiz, yatay destekli, eğik destekli ya da eğik ankraj çubuklu olarak yapılmakta olup örnek uygulama görselleri Şekil 2.19’ da verilmiştir (Uzuner, 1990).

Palplanş perdelerin uygulandığı kazı derinliği, zemindeki gömme derinlikleri etkisiyle çalışma biçimlerine göre konsol palplanş perdeler, ankrajlı palplanş perdeler ve zemine ankastre olmayan palplanş perdeler olarak sınıflandırılabilirler (Şekil 2.20).

Konsol palplanş perdeleri daha küçük kazı derinliklerinde yatay zemin basıncına karşı konsol olarak çalışırken, daha derin kazılarda ankrajlı ve zemine ankastre olan veya zemine ankastre olmayan palplanşlı perde olarak tasarlanabilirler. Zemine ankastre olmayan palplanş perdelerde palplanş (iksa) gömme derinliğinin (D) az olması sebebiyle perde alt ucunda bir miktar dönme olduğu varsayılır.



Şekil 2.19. İksa sistemi ile kazı destekleme uygulamaları (GEO5)



Şekil 2.20. Çalışma şekillerine göre iksa sistemi çeşitleri (Uzuner, 2000)

$$P_{pl} = 0.50\gamma K_p x^2 \quad (2.17)$$

Bulunan P_{a1} ve P_{p1} kullanılarak Eşitlik 2.18 ile verilen M noktasına göre momentin sıfıra eşitlenmesi ile R_a elde edilir.

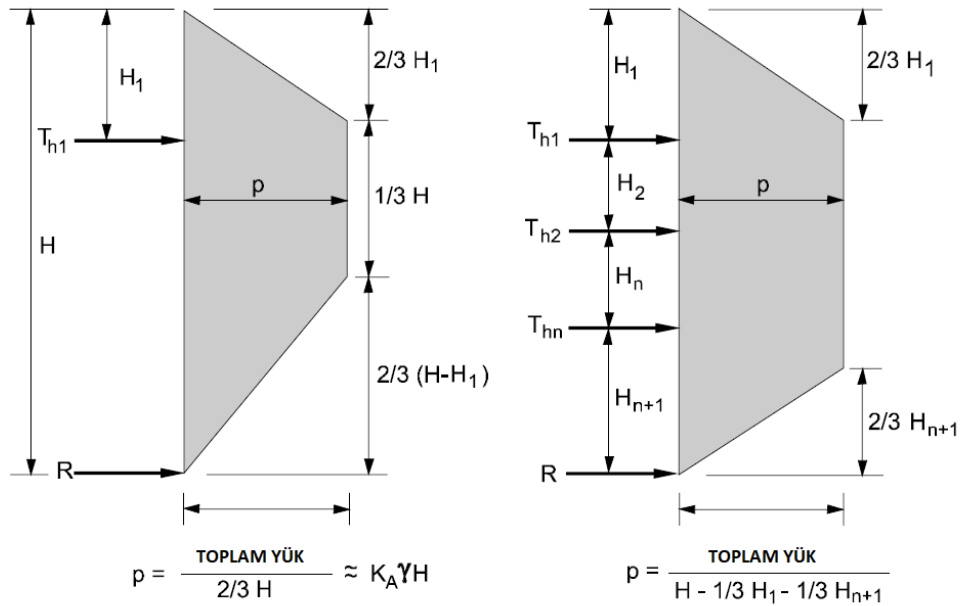
$$\Sigma M_M = P_{pl} \frac{x}{3} + R_a (H - a + x) - P_{a1} \frac{H+x}{3} \quad (2.18)$$

Tüm iksa sisteminde dönmenin olmadığı kabul edilen O noktasına göre moment alınarak sıfıra eşitlenmesiyle gömme derinliği, D, belirlenmektedir (Eşitlik 2.19).

$$\Sigma M_o = 0.167\gamma(K_p - K_a)D^3 - 0.50\gamma K_a H D^2 - (R_a - 0.50\gamma K_a H^2)D + (R_a H - R_a a - 0.167\gamma K_a H^3) \quad (2.19)$$

Verilen eşitliklerde, γ , zeminin birim hacim ağırlığı, K_a , aktif zemin basınç katsayısı, K_p , pasif zemin basınç katsayısına karşılık gelmektedir.

İksa elemanına gelen yanıl zemin basınçlarının belirlenmesinde tek sıra veya çok sıralı ankraj durumunda ampirik yanıl zemin basıncı kum zemin için Şekil 2.22' de verilmiştir (Sabatini ve ark., 1999).



Şekil 2.22. Kumlu zeminler için önerilen yanıl zemin basıncı (Sabatini ve ark., 1999)

Şekil 2.22' de,

H_1 : ilk ankraj ile zemin seviyesi arasındaki mesafe,

H_{n+1} : son ankraj ile kazı taban seviyesi arasındaki mesafe,

T_{hi} : i inci ankrajdaki yatay yük,

R: Perde alt ucundaki bileşke kuvvet,

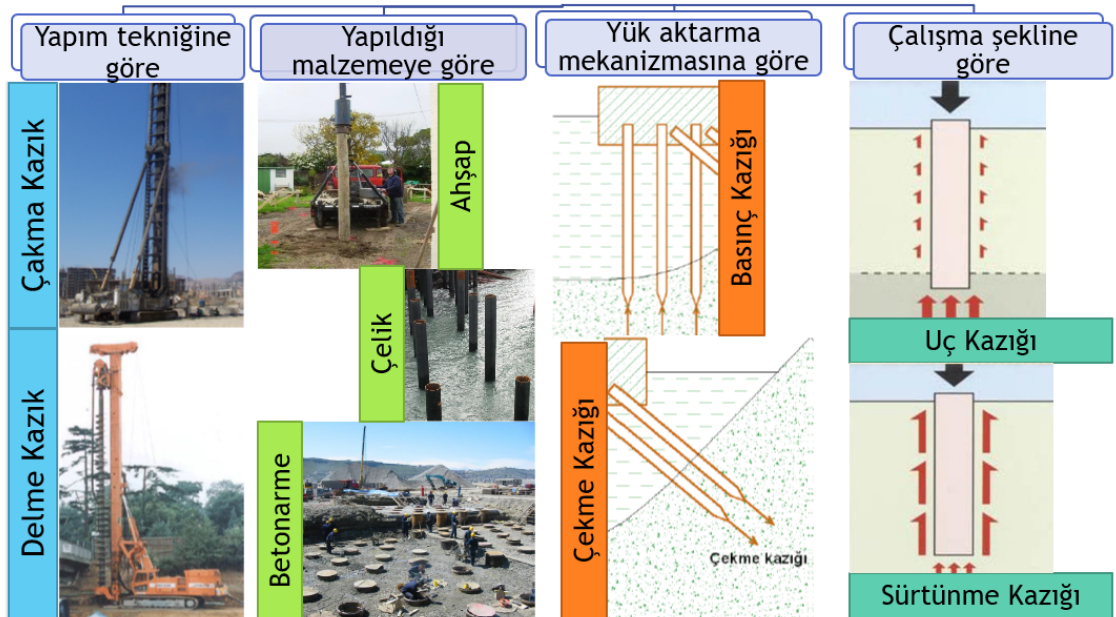
Toplam yük: $0.65K\gamma H^2$

olarak tanımlanmıştır. Bu tez çalışması kapsamında araştırılan optimum tek sıra ankrajlı ankastre palplanş perde tasarımında basitleştirilmiş bir kabul olan Şekil 2.20' de verilen zemin basınç dağılımı dikkate alınmıştır.

2.2. Yatay Yüklü Kazıklar

2.2.1. Giriş

Yapıdan gelen yüklerin güvenli bir şekilde sağlam zemine aktarılmasında yüzeysel temellerin taşıma gücü, oturma ve sıvılaşma gibi kriterleri sağlamaması durumunda tasarımda temel sistemi olarak kazıklı temeller kullanılmaktadır. Kazıklar yapım tekniğine, yapıldığı malzemeye, yük aktarma mekanizmasına ve çalışma şekline göre sınıflandırılması Şekil 2.23' te verilmiştir.



Şekil 2.23. Kazıkların sınıflandırılması

Kazık temellerin rüzgâr, deprem, su yükü gibi yatay yüklere maruz kaldığı durumlarda ve yapıdan kazığa aktarılan momentin meydana getirdiği yatay yük durumunda kazık temel taşıyabileceği yatay yüke göre tasarlanmaktadır. Deniz üstünde yapılan petrol platformları, enerji üretiminde kullanılan rüzgâr tribünleri, gemi çarpmasına ya da bağlama kuvvetlerine maruz rıhtım yapıları, dalga yüklerine maruz dalgakıran, yüksek reklam panoları, yüksek baca yapılarının temelleri, köprü ayaklarının kazıklı temelleri, iksa sistemindeki kazıklı perde gibi yapılar yatay yüklü kazıkların kullanıldığı uygulamalara örnektir (Şekil 2.24).



Deniz üstü petrol platformu (TürkçeBilgi, 2020)



Rüzgâr tribünü (Tenva, 2014)

Şekil 2.24. Yatay yüklü kazık uygulama örnekleri

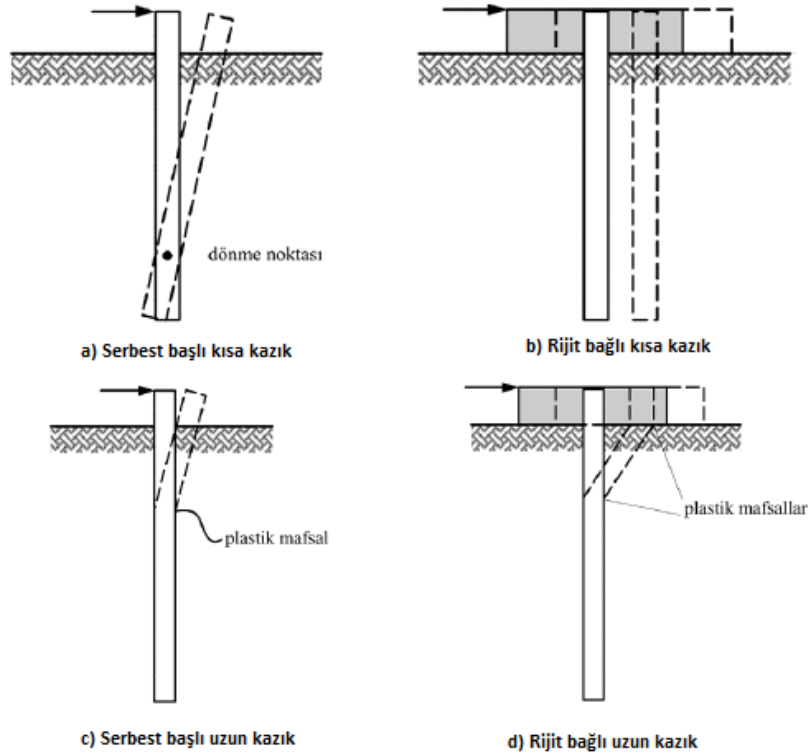
Yatay yüklü kazık tasarımında kazığa gelen yatay yükün taşıyabileceği uygun kazık çapına ve kazık uzunluğuna sahip olmalı ve kazık ucu yatay deplasmanı izin verilen değeri aşmamalıdır. Ayrıca, zemin profili, yeraltı suyu durumu, yanal zemin basıncının etkiye durumu ve kalıcı ya da geçici olarak oluşumu, kazık başlığının serbest ya da rijit başlıklı olması gibi parametreler yatay yüklü kazık davranışını etkileyen önemli parametreler olup kazık tasarımında dikkate alınması gerekmektedir.

2.2.2. Kazıkların yatay yük altında davranışı

Geoteknik mühendisliğinde derin temel tasarımlarında yaygın olarak kullanılan kazıklı temelde oluşan yatay yük bileşeninin düşey yük bileşimine göre ihmal edilemeyecek durumda olduğu tasarımlarla karşılaşılmaktadır. Bu durumda tasarımında kazık ya da kazık grubunun yatay yük altında davranışının düşey yük altındaki davranışından farklı olması sebebiyle farklı kriterler ön plana çıkmaktadır. Tasarımın yapıldığı zeminin özellikleri ile birlikte kazık boyunun kısa ya da uzun ve kazık

başlığının serbest ya da rijit başlıkla tutulu olarak yapılması kazığın yatay yük altındaki davranışını etkileyen kriterlerdir.

Yatay yüklü bir kazığın uzun kabul edilmesi durumu zemin yanıl direncine ve kazığın rijitliğine bağılı olup, betonarme ve çelik kazıklarda kazık uzunluğunun kazık çapına oranının 35' den büyük olduğu durumda kazığın uzun kazık olduğu kabul edilmektedir (Coduto, 2001). Artan yatay yük etkisiyle birlikte zemine yeterli derinlikte soketlenmemiş olan serbest başlıklı kısa kazık eğilme kapasitesine ulaşmadan bir dönme noktasından dönerek kazık üst ucu ötelenir ve zemin yenilir (Şekil 2.25.a). Zemine soketlenme uzunluğu daha fazla olan uzun kazıktaki davranış kazığın eğilme momenti kapasitesi tarafından kontrol edilmektedir (Şekil 2.25.c). Maksimum eğilme momentine ulaşılan kesitte plastik mafsall oluşur ve mafsall üstünde kalan kazık başlığında yük doğrultusunda ötelenmeler meydana gelirken kazık alt kısmı düz kalarak kazık yapısal olarak yenilmektedir. Kazığın rijit bir başlıkla bağılı olması durumunda kısa kazıkta uygulanan yük doğrultusunda ve kazık uzunluğu boyunca temas ettiği zemin boyunca tüm sistem öteleme yaparken (Şekil 2.25.b), uzun kazıkta maksimum moment taşıma kapasitesine ulaşılması ile kazık başlığına daha yakın bir noktada oluşan plastik mafsalda kırılma meydana gelmektedir (Şekil 2.25.d).



Şekil 2.25. Yatay yüklü kısa ve uzun kazıkların yük altında davranışları (Birand, 2001)

Yatay yük etkisi altındaki kazıklarda tasarım yapılan zeminin özellikleri ile birlikte kazığın nihai yatay yük değeri, kazığın eğilme kapasitesi ve kazık üst ucunun deplasman durumları için kazık güvenliği sağlanmalıdır.

Yatay yüklü kazıklarda izin verilen yatay yük, nihai kazık yükünün yeterli bir güvenlik sayısına bölünmesi ile elde edilen yatay yük ve izin verilen yatay deplasman değerine karşılık gelen yatay yük olmak üzere bu iki duruma göre belirlenebilir. Belirlenen iki yatay yük değerinden küçük olanı tasarım yatay yük değeri olarak alınabilir. Düşey kazıkların yanal direncinin hesaplanmasında nihai yatay yükün belirlenmesi yöntemleri ve etki eden yatay yüke göre izin verilen yatay deplasmanın belirlenmesi olmak üzere genel olarak ikiye ayrılabilir (Prakash ve Sharma, 1990). Yatay yüklü kazık tasarım yöntemleri detayları ile birlikte Çizelge 2.7’ de verilmiştir.

Karmaşık mühendislik problemlerinin çözümünde yaklaşık ve doğruya yakın sonuçların elde edilmesinde yaygın olarak kullanılan sonlu elemanlar yönteminde problem basite indirgenerek çözülmektedir. Bu metot, davranışı incelenecek olan nesnenin çok sayıda küçük elemana ayrılması ve bu elemanların birbirine düğüm noktaları ile bağlanması ile her bir elemana ait uygun gerilme-deformasyon özelliklerinin atanması şeklinde uygulanmaktadır. Kazık ve zeminin belirli düğüm noktası ve eleman sayısına göre elemanlara ayrılarak yatay yüklü kazığın yük-deformasyon ilişkisi sonlu elemanlar modeliyle elde edilmektedir (Uncuoğlu, 2009; Okar, 2018).

Yatay yüklü kazıkların tasarımında kazığın yatay yük etkisi altındaki davranışının incelendiği deneyler sonucu elde edilen analitik tasarım yöntemleri bazı kabuller yapılarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, sonlu elemanlar yöntemiyle yatay yüklü kazık davranışının araştırılması için zeminin sürekli olarak modellenmesi, doğrusal olmayan zemin davranışı, kazık ile zemin arasındaki etkileşimin ara yüzey ile atanması ve üç boyutlu analiz yapabilmesi sebebiyle geoteknik yönden yapısal analiz yapan yazılımı (PLAXIS3D) kullanılmıştır. Bu kapsamda yatay yüklü tekil kazık ve 6’ lı kazık grubunun farklı kazık üst ucu deplasman ve zemin standart penetrasyon sayısı değerleri için optimum kazık tasarımları araştırılmıştır.

Çizelge 2.7. Yatay yüklü kazık tasarım yöntemleri (Prakash ve Sharma, 1990)

	Yöntem	Avantajları	Dezavantajları
Nihai yatay yükü belirleme yöntemleri	Brinh-Hansen (1961) Tahmin edilen dönme noktasına göre belirlenen zemin basınçlarının yatay yük uygulama noktasına göre momentin sıfır olması kabulü ile zemin basıncı teorisine dayanan bir yöntemdir.	-Genel zemin (c-Ø) ortamında kullanılması -Tabakalı zeminlerde kullanılması	-Sadece kısa kazıklarda kullanılması -Dönme noktasının belirlenebilmesinde deneme-yanılma yöntemi kullanılması
	Brooms (1964) Yanal zemin direncinin kazık boyuna ve kazık üst ucunun serbest ya da rijit bağlı olarak değiştiği kabulü ile zemin basıncı teorisine dayanan bir yöntemdir.	-Kısa ve uzun kazıklarda uygulanması -Serbest ve rijit kazıklarda uygulanması -Kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde kullanılması	-Tabakalı zeminlerde uygulanmaması -Genel zemin (c-Ø) ortamında kullanılmaması
Etki eden yatay yüke göre izin verilen deplasmanı belirleme yöntemleri	Reese ve Matlock (1956) (Yatak katsayısı yaklaşımı) Yatay yük etkisine karşı lineer elastik yaylar ile temsil edilen zemin ortamında oluşan zemin direncini kabulü kazık deplasman hesaplanabilen bir yöntemdir.	-Uygulanmasının kolay bir yöntem olması -Lineer olmayan ve derinlikle değişen yatak katsayısı ve tabakalı zemin gibi faktörlerle birleştirilebilmesi -Uygulamada uzun zamandır kullanılması ile deneyim kazanmış bir yöntem olması	-Zeminin sürekliliğini ihmal etmesi -Temel boyutlarına ve deformasyona bağlı olarak değişen yatay katsayısının gerçek bir zemin özelliği olmaması
	Poulos (1971, a ve b) (Elastik yaklaşım) Zemin ortamını elastik sürekli olduğu ve kazık çevresinde oluşan sürtünme kuvvetlerinin ihmal edildiği kabulü ile yatay yüke maruz kazığın deplasman veren bir yöntemdir.	-Teorik olarak daha gerçekçi bir yaklaşıma sahip olması -Derinlik ve tabakalı zeminlerde çözüm verebilmesi	-Bir arazideki zemin gerilmelerini ve buna karşılık gelen zemin modülünün belirlenmesinin zor olması -Teorinin gerçekçi problemlere uygulanmasıyla daha arazi doğrulamasına ihtiyaç duyması

3. TAGUCHİ METODU VE SEZGİSEL OPTİMİZASYON ALGORİTMALARI

3.1. Taguchi Metodu

3.1.1. Giriş

Günümüzde artan nüfusun ihtiyaçlarının giderilmesi, gelişen teknolojilerin verimli bir şekilde kullanılması ve az zaman ve maliyetle ürün verimliliğinin artırılması kalite yönetimini ön plana çıkarmıştır. Araştırmacılar kalite geliştirme sürecinde kaliteyi ya da verimli üretimi etkileyen faktörlerin araştırılmasında deney tasarım yöntemleri önermişlerdir.

Klasik deney tasarımında her defasında sonucu etkileyen birçok parametreden sadece biri değiştirilip diğer parametreler sabit tutulmaktadır. Bu tip deney tasarımında parametreler arası etkileşim dikkate alınmamaktadır ve çok fazla deneme yapılması sebebiyle zaman alıcı ve maliyetli olmaktadır. Klasik deney tasarımında bulunan dezavantajlar sebebiyle istatistiksel deney tasarım yöntemi tercih edilmiştir. İstatistiksel deney tasarımında tam faktöriyel tasarım, kesirli faktöriyel tasarım ve Taguchi tasarım yöntemleri kullanılmaktadır (Aksu, 2019).

Tam faktöriyel tasarım en az iki seviyeye sahip en az iki parametrenin oluşturduğu tüm kombinasyonların sonuca etkisinin araştırıldığı bir deney tasarım yöntemidir. Bu yöntemde, “a” tane seviyeye sahip “k” tane parametrenin performansa etkisinin araştırılması için “a^k” tane deney yapılmalıdır. Örnek vermek gerekirse her biri 4 seviyeye sahip 5 parametrenin tüm kombinasyonları $4^5=1024$ durumu kapsamaktadır. Parametre ve parametre seviyesinin az olduğu deney tasarımlarında tam faktöriyel yöntemi uygulanabilirken 1024 deneye sahip bir deney tasarımında fazla zaman alması ve maliyetli olması sebebiyle tam faktöriyel deney tasarımı tercih edilmemektedir. Kesirli deney tasarımında ise tüm kombinasyonları kapsayan deney sayısı “1/2”, “1/4” ya da “1/8” kesirleri kullanılarak azaltılır. Her biri 2 seviyeye sahip 7 parametrenin tam faktöriyel deney tasarımına göre deney sayısı $2^7=128$ olmaktadır. Kesirli olarak deney tasarımında bu sayı “1/2” için 64, “1/4” için 32, “1/8” için 16 deney sayısına karşılık gelmektedir (Gökçe ve Taşgetiren, 2009).

Ürün üretiminin ve ürünün daha az maliyetle geliştirilip imal edilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de Taguchi metodudur (Taguchi, 1986; Taguchi ve ark., 1989). Japonya’ da kaliteli birçok üretimin temellerinde 1950’ lerde Genichi Taguchi tarafından geliştirilen bu metot yer almaktadır. Bu metot kullanılarak sonucu

ve kaliteyi etkileyen parametrelerin etkisinin belirlenmesi mümkündür. Bu özelliği ile bilimsel araştırmaların temeli olan deney tasarımlarda Taguchi metodu deney sayısının ve deneysel hataların azaltılması sebepleriyle verimli uygulamalara sahiptir. Ayrıca ortogonal dizinleri kullanarak az sayıda deney veya çalışma yaparak kontrol edilemeyen faktörlerin etkisini de minimize etmektedir.

3.1.2. Taguchi ortogonal diziler

Taguchi, az sayıda deney ile parametre seviyelerinin eş zamanlı olarak değiştirilebilmesini sağlayan ortogonal dizileri oluşturmuştur. Ortogonal diziler yapılan çalışmanın hedefine göre 2 kademeli ya da 3 kademeli olmaktadır. Ortogonal dizi genel gösterimi, $L_d(a)^k$ ya da L_d şeklindedir. Burada, d, toplam deney sayısını, a, parametrelerin seviyesini, k, parametre sayısını ve L, ortogonal diziyi göstermektedir (Uray, 2014).

Deney tasarımında iyileştirilecek ya da performansı araştırılacak sistemin tasarım parametreleri ve parametreler için uygun seviyeler belirlenerek uygun ortogonal dizi seçilir. Parametre sayısı (P)= 2, 3, 4, 5 için parametre seviyesi (S)=2, 3'e göre L_4 , L_8 , L_9 , L_{18} Taguchi ortogonal tabloları Çizelge 3.1' de ve S=4, 5' e göre L_{16} ve L_{25} Taguchi ortogonal tabloları Çizelge 3.2' de verilmiştir. Seçilen tasarım tablosuna göre deney sayısı (DS) belirlenmiştir.

Belirli bir parametrenin her seviyesi için, (P-1) diğer parametrelerin her birinin tüm seviyeleri en az bir kez test edildiğinde, Taguchi dizisinde ortogonal dizi olarak adlandırılmaktadır. Bazen, parametre sayısı arttıkça, parametrelerin tüm seviyelerini bir kereden fazla test etmek gerektiğinde gereksiz tekrarın çıkarılması gerekmektedir. Örneğin, 3 seviyeli 4 parametre durumunda birinci parametre (P1) seviye 1' de olduğunda, ikinci parametre (P2) seviye 1, 2 ve 3' te test edilmektedir. Benzer şekilde, üçüncü parametre (P3) ve dördüncü parametre (P4) de seviye 1, 2 ve 3' te test edilmektedir. Aynı durum, P1 seviye 2 veya seviye 3 olduğunda da ve diğer tüm parametreler için de geçerli olmaktadır. Belirli bir parametrenin her seviyesi için, diğer parametreler (P-1) her birinin tüm seviyelerinde en az bir kez test edilmektedir. Bu nedenle gerekli çalışma sayısı 3 (seviye sayısı 3 olduğu için) x 3 (test edilen her parametrenin her seviyesi 3 kez test edildiği için) 9 olarak belirlendiği için L_9 ortogonal dizini kullanılmalıdır (Cimbala, 2014).

Çizelge 3.1. Taguchi L_4 , L_8 , L_9 , L_{18} ortogonal tabloları (Cimbala, 2014)

$L_4 (P=2, S=2)$			$L_4 (P=3, S=2)$				$L_8 (P=4, S=2)$					$L_8 (P=5, S=2)$					
DS	P1	P2	DS	P1	P2	P3	DS	P1	P2	P3	P4	DS	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2
3	2	1	3	2	1	2	3	1	2	2	1	3	1	2	2	1	1
4	2	2	4	2	2	1	4	1	2	2	2	4	1	2	2	2	2
							5	2	1	2	1	5	2	1	2	1	2
							6	2	1	2	2	6	2	1	2	2	1
							7	2	2	1	1	7	2	2	1	1	2
							8	2	2	1	2	8	2	2	1	2	1
$L_9 (P=2, S=3)$			$L_9 (P=3, S=3)$				$L_9 (P=4, S=3)$					$L_{18} (P=5, S=3)$					
DS	P1	P2	DS	P1	P2	P3	DS	P1	P2	P3	P4	DS	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
4	2	1	4	2	1	2	4	2	1	2	3	4	2	1	1	2	2
5	2	2	5	2	2	3	5	2	2	3	1	5	2	2	2	3	3
6	2	3	6	2	3	1	6	2	3	1	2	6	2	3	3	1	1
7	3	1	7	3	1	3	7	3	1	3	2	7	3	1	2	1	3
8	3	2	8	3	2	1	8	3	2	1	3	8	3	2	3	2	1
9	3	3	9	3	3	2	9	3	3	2	1	9	3	3	1	3	2
												10	1	1	3	3	2
												11	1	2	1	1	3
												12	1	3	2	2	1
												13	2	1	2	3	1
												14	2	2	3	1	2
												15	2	3	1	2	3
												16	3	1	3	2	3
												17	3	2	1	3	1
												18	3	3	2	1	2

Bu tez çalışması kapsamında Taguchi yöntemi kullanılarak yapılan tasarımlarda her biri dört seviyeli ($S=4$) beş parametre ($P=5$) dikkate alınmış ve L_{16} ortogonal dizin tablosu seçilmiştir. Çünkü, ortogonal dizin tablonun seçilmesi için bahsedilen durum dikkate alındığında belirli bir parametrenin diğer parametrelerle test edilme durumu 4 ($5-1$) iken ve her parametre için test işleminin 4 seviye de tekrarlanmasında 16 (4×4) test gerekmektedir. Bu sebeple, Taguchi metodu kullanılarak seçilen tasarım parametrelerinin sonuç üzerindeki etkisinin araştırılmasında 1024 yerine 16 analiz (test) yapılarak parametre etki oranları elde edilmiştir.

Çizelge 3.2. Taguchi L₁₆ ve L₂₅ ortogonal tabloları (Cimbala, 2014)

L ₁₆ (P=2, S=4)			L ₁₆ (P=3, S=4)				L ₁₆ (P=4, S=4)					L ₁₆ (P=5, S=4)					
DS	P1	P2	DS	P1	P2	P3	DS	P1	P2	P3	P4	DS	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	1	4	4	4	1	4	4	4	4	1	4	4	4	4
5	2	1	5	2	1	2	5	2	1	2	3	5	2	1	2	3	4
6	2	2	6	2	2	1	6	2	2	1	4	6	2	2	1	4	3
7	2	3	7	2	3	4	7	2	3	4	1	7	2	3	4	1	2
8	2	4	8	2	4	3	8	2	4	3	2	8	2	4	3	2	1
9	3	1	9	3	1	3	9	3	1	3	4	9	3	1	3	4	2
10	3	2	10	3	2	4	10	3	2	4	3	10	3	2	4	3	1
11	3	3	11	3	3	1	11	3	3	1	2	11	3	3	1	2	4
12	3	4	12	3	4	2	12	3	4	2	1	12	3	4	2	1	3
13	4	1	13	4	1	4	13	4	1	4	2	13	4	1	4	2	3
14	4	2	14	4	2	3	14	4	2	3	1	14	4	2	3	1	4
15	4	3	15	4	3	2	15	4	3	2	4	15	4	3	2	4	1
16	4	4	16	4	4	1	16	4	4	1	3	16	4	4	1	3	2
L ₂₅ (P=2, S=5)			L ₂₅ (P=3, S=5)				L ₂₅ (P=4, S=5)					L ₂₅ (P=5, S=5)					
DS	P1	P2	DS	P1	P2	P3	DS	P1	P2	P3	P4	DS	P1	P2	P3	P4	P5
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	1	3	3	3	1	3	3	3	3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	1	4	4	4	1	4	4	4	4	1	4	4	4	4
5	1	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	1	5	5	5	5
6	2	1	6	2	1	2	6	2	1	2	3	6	2	1	2	3	4
7	2	2	7	2	2	3	7	2	2	3	4	7	2	2	3	4	5
8	2	3	8	2	3	4	8	2	3	4	5	8	2	3	4	5	1
9	2	4	9	2	4	5	9	2	4	5	1	9	2	4	5	1	2
10	2	5	10	2	5	1	10	2	5	1	2	10	2	5	1	2	3
11	3	1	11	3	1	3	11	3	1	3	5	11	3	1	3	5	2
12	3	2	12	3	2	4	12	3	2	4	1	12	3	2	4	1	3
13	3	3	13	3	3	5	13	3	3	5	2	13	3	3	5	2	4
14	3	4	14	3	4	1	14	3	4	1	3	14	3	4	1	3	5
15	3	5	15	3	5	2	15	3	5	2	4	15	3	5	2	4	1
16	4	1	16	4	1	4	16	4	1	4	2	16	4	1	4	2	5
17	4	2	17	4	2	5	17	4	2	5	3	17	4	2	5	3	1
18	4	3	18	4	3	1	18	4	3	1	4	18	4	3	1	4	2
19	4	4	19	4	4	2	19	4	4	2	5	19	4	4	2	5	3
20	4	5	20	4	5	3	20	4	5	3	1	20	4	5	3	1	4
21	5	1	21	5	1	5	21	5	1	5	4	21	5	1	5	4	3
22	5	2	22	5	2	1	22	5	2	1	5	22	5	2	1	5	4
23	5	3	23	5	3	2	23	5	3	2	1	23	5	3	2	1	5
24	5	4	24	5	4	3	24	5	4	3	2	24	5	4	3	2	1
25	5	5	25	5	5	4	25	5	5	4	3	25	5	5	4	3	2

3.1.3. Sinyal/Gürültü oranları

Taguchi deney tasarımı elde edilen verilerin Sinyal/Gürültü (S/N) oranı hesaplanarak çalışma değerlendirilir. Taguchi tarafından tanımlanan “Sinyal/Gürültü” (S/N) oranı, deney tasarımı kontrol edilen parametrelerin sonuç üzerinde etkisini

minimize etmek için kullanılan ve analiz değişkeni ya da performans kriteri olarak adlandırılan bir orandır. Bir dizi istatistik olarak ifade edilen S/N oranı uygulamada ki çalışma sonunda ulaşılması istenen hedef türüne göre üçe ayrılmıştır (Taguchi ve ark., 1989).

1) En Küçük-En İyi: Kalite değişkeni ya da deney sonuç verisi olarak adlandırılan “Y” nin hedef değeri sıfırdır (Eşitlik 3.1).

$$S/N = -10 \log \left[\sum Y^2 / n \right] \quad (3.1)$$

2) En Büyük-En İyi: Kalite değişkeni ya da deney sonuç verisi olarak adlandırılan “Y” nin hedef değeri sonsuzdur (Eşitlik 3.2).

$$S/N = -10 \log \left[\sum (1/Y^2) / n \right] \quad (3.2)$$

3) Hedef Değer-En iyi: Bu tür problemlerde belli bir hedef değeri kullanılır. Kalite değişkeni ya da deney sonuç verisi olarak adlandırılan “Y” lerin ortalama değeri $\bar{Y}$ kullanılır ve burada s, standart sapmadır (Eşitlik 3.3).

$$S/N = 10 \log (\bar{Y}^2 / s^2) \quad (3.3)$$

Bu tez çalışması kapsamında Taguchi analizleri ve matematik modeller geliştirilmek için kullanılan S/N oranları “En Büyük-En İyi” durumuna göre hesaplanmıştır.

3.2. Rölatif Hatanın Normal Dağılım Kriterleri ile İncelenmesi

İstatistikte örnek yığınlarının dağılımı kesikli ve sürekli olarak iki bölümde incelenebilir. Atılan bir paranın yazı ya da tura gelmesi ya da bir yoldan 1 saat içinde geçen araç sayısı durumları gerçekleşmesi şansa bağlı olması sebebiyle kesikli dağılıma birer örnektir. Kesikli dağılıma sahip rassal değişkenler sayımla elde edilir ve birbirini takip eden değerler arasında boşluklar bulunmaktadır. Atılan bir paranın yazı ya da tura

gelme olasılığı $\frac{1}{2}$ olup, bu olasılık değerinin arada değere sahip olması kesikli dağılıma bir örnektir. Bernoulli, Poisson ve Binom dağılımları kesikli dağılıma sahiptir. Değerleri ölçümle ya da tartımla belirlenen, yani başka bir ifade ile değerleri sayımla ifade edilemeyen rassal değişkenlerin dağılımları sürekli dağılım olarak tanımlanmaktadır. Sürekli rassal değişken belirli aralık arasında bulunan sonsuz değeri alabileceğinden sürekli bir dağılım söz konusudur. Bir saat içinde bir yoldan geçen iki araç arasında süre ya da bir çağrı merkezine gelen iki çağrı arasındaki geçen süre sürekli dağılıma örnek olarak gösterilebilir. Uniform olasılık dağılımı, üstsel olasılık dağılımı ve normal olasılık dağılımı sürekli dağılıma sahiptir. Gauss dağılımı ya da çan eğrisi dağılımı olarak isimlendirilen normal dağılım istatistikte birçok durumda kendiliğinden doğal olarak oluşan bir dağılım türüdür. Başka bir deyişle doğada yapılan gözlemlerin genellikle aynı dağılıma sahip olması bu dağılımın normal dağılım olarak tanımlanması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Belirli bir aralık içinde rassal değişkenin aldığı sonsuz değerler çan eğrisi şeklinde normal dağılımı oluşturmaktadır.

Sürekli bir dağılıma sahip olan normal dağılım, ana kütle ortalaması, μ ve standart sapma, σ ile ifade edilmektedir. Normal dağılımı incelenen veri serisinin ortalaması, μ Eşitlik 3.4 ve standart sapma, σ Eşitlik 3.5 ile verilmiştir.

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.4)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (3.5)$$

Verilen eşitliklerde n , veri serisindeki eleman sayısı, x_i , i inci eleman ($i=1, \dots, n$) ve $(x_i - \bar{x})^2$, i inci elemanın ortalama ile farkının karesidir.

Simetrik bir dağılım olan normal dağılıma sahip veri serisinin tepe değeri (mod), ortancası (medyan) ve aritmetik ortalama birbirine eşittir. Dağılımın tepe noktası olarak tanımlanan mod, bir veri serisi içinde en çok tekrar eden sayıdır. Bu sayının tekrar sayısı frekans olarak tanımlanır ve normal dağılım histogramında düşey eksene karşılık gelmektedir. Medyan, veri serisi küçükten büyüğe sıralandığı zaman ortada kalan sayıdır. İncelenen bir veri setinin normal dağılıma sahip olup olmadığını kontrol etmenin bir yolu da çarpıklık ve basıklık katsayılarıdır. Simetrik dağılıma sahip veri setinde çarpıklık sıfırdır ve simetrikliğin bozulması durumunda mod ve ortalama

arasındaki fark artacağı için dağılım çarpık hale gelmektedir. Ortalama medyandan küçük ise negatif (sola doğru) çarpıklık, ortalama medyandan büyük ise pozitif (sağa doğru) çarpıklık söz konusu olmaktadır. Basıklık, normal dağılıma sahip veri setinin çan eğrisi şeklinin basıklığını gösteren bir katsayıdır ve tam bir çan eğrisinin basıklık katsayısı sıfırdır. Pozitif basıklık katsayısı sivri bir dağılım gösterirken, negatif basıklık katsayısı daha basık bir dağılım göstermektedir.

Çalışması yapılan veri setinin istatistiksel olarak sonuçların yorumlanmasında normal dağılıma sahip olması, elde edilen matematik modelinin kullanılabilirliği açısından önemlidir. Ayrıca belli bir dağılıma sahip olan veri setinde parametrik testlerin uygulanması açısından da önemlidir.

Bu tez çalışmasında istatistik olarak geliştirilen matematik modellerin hedef değerlerinin gerçek değerleri (y_g) ve tahmin edilen değerleri (y_t) kullanılarak hata değerleri belirlenmiştir. Hatanın belirlenmesinde, birçok problemde gerçek değere yakınlığın göstergesi olarak daha anlamlı sonuç veren bağıl hata kullanılmıştır (Eşitlik 3.6).

$$\varepsilon_b = \frac{y_g - y_t}{y_g} \quad (3.6)$$

Hesaplanan hata değerlerinin ortalama, mod, medyan, basıklık katsayısı ve çarpıklık katsayısı gibi normal dağılım değerlendirme parametreleri Statistica yazılımı kullanılarak belirlenmiştir. Hata değerlerinin dağılımları normal dağılım eğrisi ile birlikte histogramları çizilerek histogramlar normal dağılım açısından incelenmiştir. Ayrıca, hedef değer gerçek değerleri ile tahmin edilen değerleri kullanılarak saçılım grafikleri çizilmiş ve grafikteki değerler için eğri uydurularak determinasyon katsayıları (R^2) incelenerek geliştirilen matematik modellerin güvenilirliği araştırılmıştır.

3.3. Optimizasyon

En iyileme anlamına gelen optimizasyon, her alanda kazancı maksimum maliyeti minimum yapmak için kullanılan önemli bir yöntemdir ve günümüzde birçok problemin çözümünde optimizasyon kullanılmaktadır. Mühendislikte optimizasyon; fayda sağlayan sistemi minimum maliyetle imal etmek ya da işletmek veya maksimum

kazanç ya da verim elde etmek için gerekli tasarımların oluşturulması olarak tanımlanmaktadır.

Optimizasyon çalışmalarının ilk örnekleri eski Yunan matematikçilerinin optimizasyon problemlerinin çözümü için yaptıkları çalışmalara dayanmaktadır. Euclid, milattan önce 300'lerde dört kenarı aynı uzunluğa sahip tüm olası dörtgenler arasından karenin en büyük alana sahip olduğunu yaptığı çalışmalarla kanıtlamıştır (Yang, 2009). Yaklaşık milattan önce 100'de Heron optimizasyon problemi olarak bilinen çalışmada bir ayna tarafından yansıtılan yol boyunca iki nokta arasındaki mesafenin en kısa yol olduğunu ileri sürmüştür.

Son dönemlere kadar yapı optimizasyonu da dahil olmak üzere çeşitli mühendislik optimizasyonu uygulamalarında, geleneksel yöntemler yaygın olarak kullanılmaktaydı (Rao, 2019). Ancak bu metotların tasarım değişkenlerini sürekli kabul etmesi esasına dayanan türeve bağlı matematiksel çözüm algoritmaları, gerek metotların büyük yapı sistemlerine uygulanışını güçleştirmekte ve gerekse önceden belirlenen hazır kesitlere göre boyutlandırma gerektiren mühendislik yapılarının gerçeğe uygun tasarımları için ideal sonuç oluşturamamaktaydı. Goldberg (1989) tarafından formülize edilen genetik algoritmalar mühendislik optimizasyonunda karşılaşılan bu sorunların üstesinden gelebilecek bir metot olarak ortaya çıkmıştır. Doğadaki evrimsel kavramların bilgisayar ortamında simüle edilmesi esasına dayalı olarak işleyen bu bulgusal (herustik) ve sezgisel yöntem gerek ayrık çözüm üretebilmesi nedeniyle gerekse başlangıç noktasına bakılmaksızın global optimuma yakın çözümler yakalayabilmesinden dolayı tüm disiplinler tarafından büyük bir ilgiyle karşılanmıştır. Genetik algoritmalarla kazanılan bu başarı araştırmacıları, daha sonraları benzetimli tavlama (Kirkpatrick ve ark., 1983), tabu arama (Glover, 1977), karınca koloni (Dorigo ve Gambardella, 1997), harmoni arama (Geem ve ark., 2001) ve parçacık sürü optimizasyonu (Kennedy ve Eberhart, 1995) algoritmaları gibi diğer sezgisel optimizasyon metotlarını irdelemeye yönlendirmiştir. Ayrıca, son zamanlarda suni arı kolonisi algoritması (Karaboga, 2005), ateşböceği algoritması (Yang, 2009), guguk kuşu algoritması (Rajabioun, 2011) vb. isimler altında değişik nitelikli sezgisel optimizasyon metotları geliştirilmiştir. Genel olarak sezgisel optimizasyon yöntemleri, geleneksel metotlara göre şu ayrıcalıkları ve üstünlükleri gösterirler:

1. Bulgusal metotlardır. Algoritmaları doğal olay veya oluşumların gözlenmesi ve optimizasyon ile ilişkilendirilmesi ile kurulmuştur. Örneğin, benzetimli tavlama metodunda termodinamikte kullanılan tavlama yöntemi ile maddelerin minimum enerji

seviyesine ulaştırılması olgusu simüle edilmiştir. Karınca koloni tekniğinde ise karıncaların yiyecek ve yuvaları arasındaki en kısa yolu bulma fenomeninden esinlenilmiştir.

2. Türev gibi arama işlemini lokal optimumda sonlandıracak matematiksel algoritmalarından kaçındıklarından, optimum çözümlü yakalama güvenilirlikleri daha yüksektir.

3. Tasarım değişkenlerinin sürekli olması zorunluluğu yoktur; ayrık (discrete) ve/veya tam sayı (integer) nitelikli tasarım değişkenleri ile de çalıştırılabilirler. Özellikle bu husus yapısal optimizasyon açasından daha fazla önem arz etmektedir. Örneğin, geoteknik yapıların tasarımlarında parametreler (zeminin mukavemet parametreleri; içsel sürtünme açası, kohezyonu, vb.) belirli hazır tablolardan seçilmelidir, yine betonarme yapı tasarımında donatı çubuğu sayısı tamsayı olmalıdır. Tüm bunlar optimum çözümün pratik uygulanabilirliği açasından vazgeçilmezdir.

Bu tez çalışmasında, geoteknik mühendisliği problemlerinin başında gelen uygulamalarından şev stabilitesi, dayanma duvarı tasarımı ve iksa yapılarının ekonomik tasarımları, harmoni arama algoritması ve yapay arı kolonisi iki adet sezgisel optimizasyon metodu kullanılarak araştırılmıştır. Harmoni arama algoritması bir orkestrada bulunan müzisyenlerin müzik yapma süreçlerinde en iyi harmoniyi bulmalarına bağlıdır. Yapay arı kolonisi yöntemi, bal arılarının yiyecek arama davranışlarını, öğrenme, bilgi paylaşımı ve ezberleme özelliklerini taklit eden bir optimizasyon yöntemidir. Bu algoritmaların genel tanımlamaları ve algoritma adımları aşağıdaki alt bölümlerde detaylı olarak verilmiştir.

3.4. Harmoni Arama Algoritması

Bu bölümde müzik tabanlı bir algoritma olan harmoni arama algoritmasına ait temel kavramlar, algoritma adımları, algoritmanın kullanıldığı alanlar ve bu algoritmanın diğer sezgisel optimizasyon tekniklerine göre sağladığı avantajlar verilmiştir.

Geem ve diğerleri tarafından 2001 yılında geliştirilen bir algoritma olan harmoni arama algoritması (Geem ve ark., 2001) bir orkestradaki müzisyenlerin çaldıkları notalar ile en iyi harmoniyi bulma prensibine dayanmaktadır. Harmoni arama algoritmasında başlangıç değerlerine ihtiyaç duyulmaması, birçok yönde global çözüme lokal çözüme takılmadan ulaşılması, optimizasyonda hem ayrık hem de sürekli

değişkenler kullanılması ve az zamanda iterasyonların tamamlanması bu metodu diğerlerine göre daha avantajlı hale getirmiştir.

3.4.1. Tanım ve genel kavramlar

Harmoni: Müzikte iki veya daha fazla notanın aynı anda kullanılmasıyla ve akortlar arasındaki ilişkinin göz önünde bulundurulmasıyla elde edilen kulağa hoş gelecek biçimdeki ses uyumudur.

Akort: Müzisyenin kullandığı enstrümanı istediği notayı vermesi için ayarlaması işlemidir.

Harmoni arama algoritması: En iyi uyumu arayan müzisyenlerin müzik icra etme süreci olarak tanımlanır. Harmoni arama algoritmasında en iyileme sürecinde geleneksel matematik metotlar yerine en iyi harmoniyi bulma işlemi temel alınmaktadır. Probleme ait en iyi çözümü bulma süreci harmoni arama algoritması olarak tanımlanır.

Amaç fonksiyonu ve sınırlayıcılar: Optimum değerleri bulunmak istenen problemin, maksimum ya da minimum olma amacına göre değişen çözümde kullanılan karşılaştırma kriteri amaç fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Algoritma parametreleri ve sınırlayıcılar, problemin çözümünde amaç fonksiyonu değerine etki eden ve çözümü sınırlandıran değerlerdir (Eşitlik 3.7).

Amaç fonksiyonu: $f(x)$

Sınırlayıcılar: $g_i(x) \leq 0 \quad i=1, \dots, n \quad (x^l \leq x_i \leq x^u)$ (3.7)

Burada, $f(x)$ amaç fonksiyonunu, x_i amaç fonksiyonunun tasarım değişkenlerini, x^l ve x^u tasarım değişkenlerinin alabileceği değerlerin alt ve üst sınırlarını ve n ise çözümde bulunan sınırlayıcı sayısını göstermektedir (Akin ve Saka, 2010).

Sınırlayıcılar, optimizasyon sürecinde problemin doğasına göre tanımlanan sağlanması gereken kriterlerdir. Optimizasyon probleminde elde edilen optimum değerler sınırlayıcıları sağlayan ve minimum ya da maksimum amaç fonksiyonunun değerini veren çözümlerdir.

Tasarım Uzayı: Optimizasyon probleminin tanımlı olduğu tasarım değişkenlerinin alt ve üst sınırlarını kapsayan değerler kümesidir. Tasarım uzayı, tasarım değişkenlerinin belirli alt-üst limitleri arasında tanımlanırsa sürekli tasarım değişkenlerinden, tasarım değişkenlerinin alt limitinden belirli bir artım miktarı ile üst

limite ulaşan değerlerden tanımlanırsa ayrık tasarım değişkenlerinden ve tasarım değişkenlerinin al ve üst limitleri arasında yer alan tam sayılardan tanımlanır ise de tam sayı tasarım değişkenlerinden oluşur.

Harmoni Matrisi (HM): Harmoni arama algoritmasında tasarım değişkenlerinin oluşturduğu çözüm vektörlerini ve bu değişkenleri kullanarak hesaplanan amaç fonksiyon değerlerini depolayan matristir (Eşitlik 3.8).

Harmoni matrisinin satır sayısı harmoni belleği kapasitesine, sütun sayısı ise N tasarım değişkeni sayısına eşittir. HM matrisi başlangıçta tasarım değişkenlerinin rastgele seçilen değerlerinin depolandığı matristir.

$$[HM] = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{2,1} & \dots & x_{N-1,1} & x_{N,1} \\ x_{1,2} & x_{2,2} & \dots & x_{N-1,2} & x_{N,2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{1,HMS-1} & x_{2,HMS-1} & \dots & x_{N-1,HMS-1} & x_{N,HMS-1} \\ x_{1,HMS} & x_{2,HMS} & \dots & x_{N-1,HMS} & x_{N,HMS} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Yeni çözüm vektörü oluşturulduktan sonra matristeki çözüm vektörünün bellekteki en kötü çözüm vektöründen daha iyi ya da daha kötü olma durumuna göre HM güncellenmektedir.

Harmoni matrisi kapasitesi (HMS): Harmoni arama algoritmasında çözüm sürecini kontrol eden parametrelerden biri olan harmoni belleği kapasitesi harmoni matrisinin satır sayısıdır. Yani hafıza matrisindeki çözüm vektörlerinin sayısına eşittir.

Harmoni matrisini dikkate alma oranı (HMCR): Yeni çözüm vektörünün oluşturulmasında tasarım değişkenlerinin harmoni matrisinden seçilme olasılığını gösterir ve global optimum bulunmasında önemli bir parametredir. Eşitlik 3.9 ile verilen HMCR, harmoni matrisinde depolanan değerlerden seçilme olasılığını gösterirken, Eşitlik 3.10 ile verilen (1-HMCR) olasılığı ise değerlerin tasarım uzayı içerisinde rastgele seçilme olasılığını göstermektedir. Örneğin; HMCR = 0.90 olarak seçilirse bu algoritmanın bir sonraki adımında seçilecek değerlerin %90 ihtimalle HM' nin içinden, %10 ihtimalle çözüm uzayından seçilmesi anlamına gelmektedir.

$$x_i' = x_i' \in [x_i^1, \dots, x_i^{HMS}] \quad (3.9)$$

$$x_i' = x_i' \in [x_{i,min}, \dots, x_{i,max}] \quad (3.10)$$

Burada, $i=1, 2, 3, \dots, N$ olarak tanımlanmaktadır. N optimizasyon analizinde kullanılan tasarım değişkeni sayısına karşılık gelmektedir. HMCR 0 ile 1 arasında değişen bir değer olup, HMCR=1 durumu HM içerisinde depolanmayan değerlerin çözümü güncelleme ihtimali olmayacağı için tavsiye edilmemektedir.

Ton ayarlama oranı (PAR): Çözümü geliştirme ve lokal optimum değerlerine takılmamak için uygulanan bir diğer parametre ise ton ayarlama oranıdır. Bu parametre orkestradaki her enstrümanın akordunun yapılmasına benzer olarak komşu değerlerin seçilme olasılığını ifade etmektedir. Yeni çözüm vektör elemanının HM den seçilmesi şartıyla vektörün her elemanı için, $X = X_1, X_2, \dots, X_N$ ton ayarlama işlemi uygulanır.

Maksimum iterasyon sayısı (maks iter): Harmoni arama algoritmasında durdurma kriteri olarak kullanılan parametredir. Maksimum iterasyon sayısının belirlenmesinde tekrarlayan analizlerde elde edilen amaç fonksiyonu ve optimum değerlerin değişmediği deneme sayısı dikkate alınmaktadır.

3.4.2. Harmoni arama algoritma adımları

Müzikte en iyi harmoniyi bulma prensibinden yola çıkarak optimizasyon probleminin optimum değerinin bulunması konusunda Geem ve ark. (2001) tarafından ortaya atılan harmoni arama algoritmasının akış diyagramı Şekil 3.1' de verilirken algoritma adımlarının detaylı açıklamaları aşağıda verilmiştir.

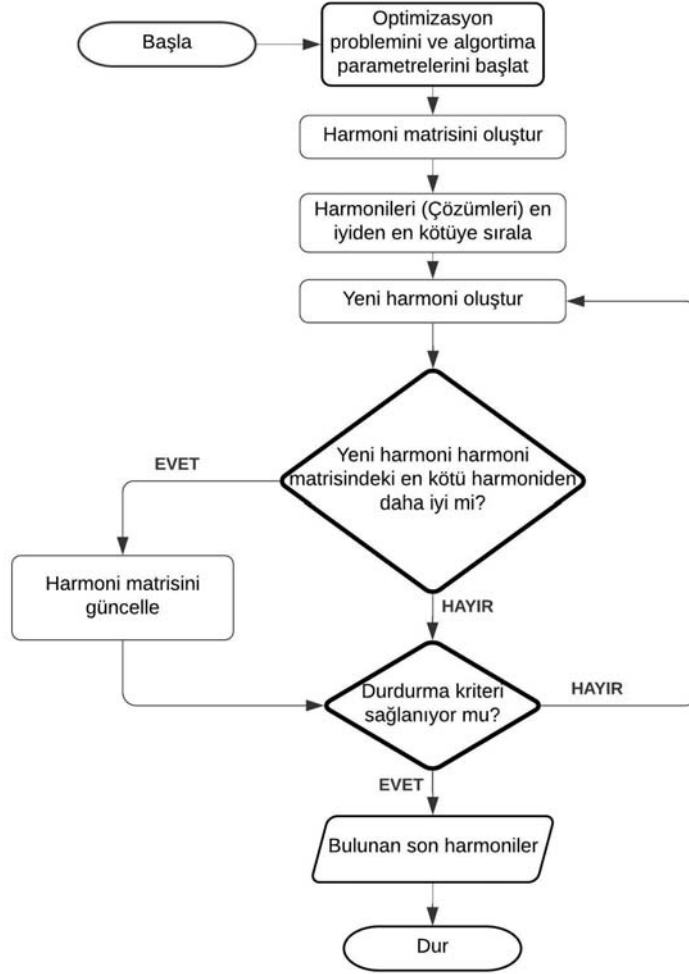
Adım 1: Optimizasyon probleminin ve algoritma parametrelerinin belirlenmesi

Harmoni arama algoritmasında çözüm sürecini kontrol eden HMS, HMCR, PAR ve maksimum iterasyon sayısı algoritma parametreleri olarak bu adımda belirlenir. Eşitlik 3.7 ile verilen amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıların belirlenmesinde kullanılan tasarım değişkenlerinin muhtemel değer aralıkları yani tasarım uzayı belirlenir.

Adım 2: Harmoni matrisinin oluşturulması

Harmoni matrisi tasarım uzayından seçilen rastgele değerlerle doldurulur.

Tasarım uzayından rastgele seçilmiş tasarım değişken değerleri ve bu değerler kullanılarak hesaplanmış ve sıralanmış amaç fonksiyonu değerleriyle doldurularak harmoni bellek matrisi oluşturulur (Eşitlik 3.8). Bu eşitlikte x_{ij} , i inci çözüm vektöründe j inci tasarım değişkenine karşılık gelmektedir ($i = 1, 2, \dots, \text{HMS}$ ve $j = 1, 2, \dots, N$). Olası x_{ij} değeri için amaç fonksiyonu ve sınırlayıcıların değeri hesaplanır.



Şekil 3.1. Harmoni arama algoritması akış diyagramı (Lee ve Geem, 2004)

Adım 3: Yeni harmoninin oluşturulması

Bu adımda yeni çözüm vektörü, rastgele seçim ve ton ayarlama kurallarına bağlı olarak oluşturulur. Yeni harmoni vektörünün oluşturulması aşamasında HM matrisi kullanılması durumunda çözüm vektörüne ait değerler HM den rastgele seçilir ve değerlerin HM den seçilmesi HMCR olasılığına göre yapılmaktadır (Eşitlik 3.6). Eğer rastgele seçim (1-HMCR) olasılığına göre yapılacaksa yeni harmoniyi oluşturan çözüm

vektörüne ait karar değişkenleri çözüm uzayından rastgele seçilir (Eşitlik 3.7). Ton ayarlama işlemi ise değerlerin sadece HM den seçilmesi durumunda uygulanan bir işlemdir. HMCR ve PAR parametreleri yeni oluşturulan çözüm vektörünün sırasıyla global ve lokal olarak geliştirmek için kullanılan parametrelerdir.

Adım 4: Harmoni belleğinin güncellenmesi

Bir önceki adımda oluşturulan yeni harmoni vektörü harmoni matrisindeki en kötü çözüm vektörü ile karşılaştırılır. En kötü harmoniye sahip çözüm vektörü minimizasyon amaç fonksiyonuna sahip optimizasyon problemde en büyük amaç fonksiyonu değerine sahip vektördür. Yeni oluşturulan çözüm vektörünün bu en kötü harmoniden daha iyi değere sahip olması durumunda kötü çözüm vektörü HM den atılarak yerine iyi harmoniye sahip yeni çözüm vektörü yerleştirilerek Adım 5'e gidilir. Yeni harmoni çözüm vektörünün bellekteki en kötü harmoniden daha iyi olmaması durumunda Adım 5'e gidilerek algoritmanın durdurma kriterinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir.

Adım 5: Algoritmanın durma koşulunun kontrolü

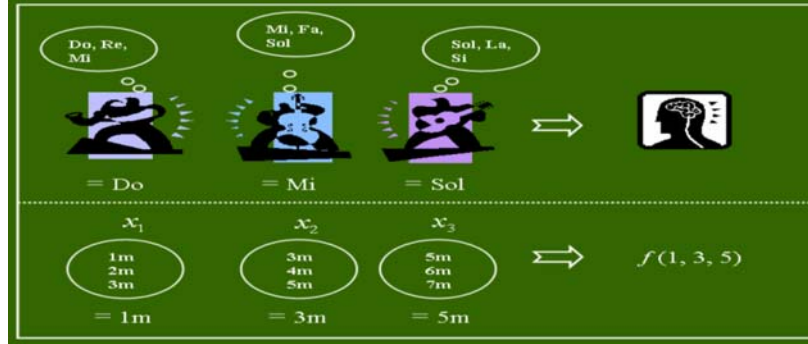
Bu adımda algoritma işletme sayısının ilk adımda belirlenmiş olan durdurma kriteri olarak tanımlanan maksimum iterasyon sayısına ulaşılıp ulaşmadığı kontrol edilir. Durdurma kriteri sağlanmışsa algoritma sonlandırılırken, durdurma kriterinin sağlanmaması durumunda Adım 3 ve Adım 4 durdurma kriteri sağlanıncaya kadar tekrarlanır.

3.4.3. Müzikte harmoni ile harmoni arama algoritmasının ilişkisi

Her müzisyenin daha iyi bir harmoni elde etmek için enstrümanlarına akort ayarı yapmaları, hafızasındaki en iyi notayı çalması, hafızasındaki notaya komşu notayı çalması ya da rastgele bir nota çalarak icra ettikleri müzik yapma sürecine benzer olarak harmoni arama algoritması optimizasyon probleminde optimum çözümü bulma yani en iyi harmoniyi elde etme prensibine dayanmaktadır. Müzisyenler, prova ya da performansları sırasında kulağa hoş gelen ve ideal harmoniye ulaşıncaya kadar çalışmalarına devam ederler.

Müzikte harmoni ile harmoni arama algoritması arasındaki benzerlik ilişkisinde orkestradaki her enstrüman tasarım uzayındaki bir tasarım değişkenine ve elde edilen iyi harmoni yani müziğin kalitesi ise optimizasyon probleminin amaç fonksiyonuna karşılık gelmektedir.

Şekil 3.2’de harmoni arama algoritması ve müzikteki doğaçlama arasında benzetim verilmiştir.



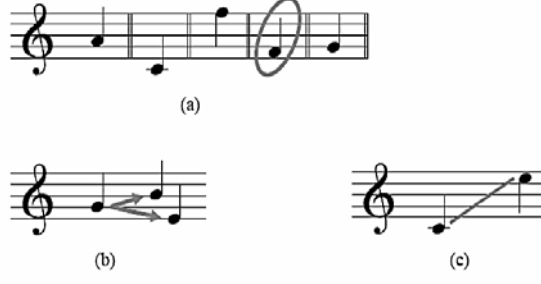
Şekil 3.2. Optimizasyon ve müzikteki doğaçlama arasındaki benzetim (Geem, 2006)

Şekildeki her müzisyen (saksafon çalan, çello çalan, gitar çalan) optimizasyon problemindeki her tasarım değişkenine (X_1 , X_2 , X_3) karşılık gelmektedir. Saksafon çalan müzisyenin “Do, Re, Mi” notaları, X_1 değişkeni için 1m, 2m, 3m, çello çalan müzisyenin “Mi, Fa, Sol” notaları, X_2 değişkeni için 3m, 4m, 5m ve gitar çalan müzisyenin “Sol, La, Si” notaları X_3 değişkeni için 5m, 6m, 7m değerlerine karşılık gelmektedir. Saksafon çalan müzisyen “Do”, çello çalan müzisyen “Mi” ve gitar çalan müzisyen “Sol” notasını çaldığında, bu üç notanın oluşturduğu harmoni iyiye bu harmoni her müzisyenin hafızasında kalır. Benzer olarak, optimizasyon probleminde çözüm vektörü 1m, 3m, 5m için amaç fonksiyonuna göre bellekteki en kötü harmoniden daha iyi bir harmoniye sahipse bu çözüm vektörü HM de saklanır. Bu işlem en iyi harmoniye ulaşıncaya kadar tekrarlanır.

Bir müzisyenin müzik icrası sırasında yeni harmoni oluştururken harmoni optimizasyon algoritmasına uyarlanmış şu üç kuralı dikkate alır (Şekil 3.3):

- ♪ Hafızasındaki bir notayı çalar; yani HM matrisinden bir değer seçilebilir (HMCR).
- ♪ Hafızasındaki notanın komşusu olan bir notayı kullanabilir; yani seçilmesi mümkün değerlerin komşu değeri alınabilir (PAR).
- ♪ Notalar arasından rastgele bir seçim yapabilir; yani tasarım uzayında rastgele bir değer seçebilir (1-HMCR).

Çizelge 3.3’ te mühendislikte karşılaşılan optimizasyon problemlerinin çözümünde etkili bir şekilde kullanılan harmoni arama algoritmasının müzik yapım işlemi sırasında en iyi harmoniyi elde edilmesi sürecine benzerliği verilmiştir.



Şekil 3.3. Bir müzisyenin doğaçlama müzik yapma süreci; (a) Hafızadan nota çalma, (b) Enstrümanı akort yapma, (c) Rastgele nota çalma (Carbas ve Saka, 2009)

Çizelge 3.3. Müzikte harmoni ile harmoni arama algoritması ilişkisi

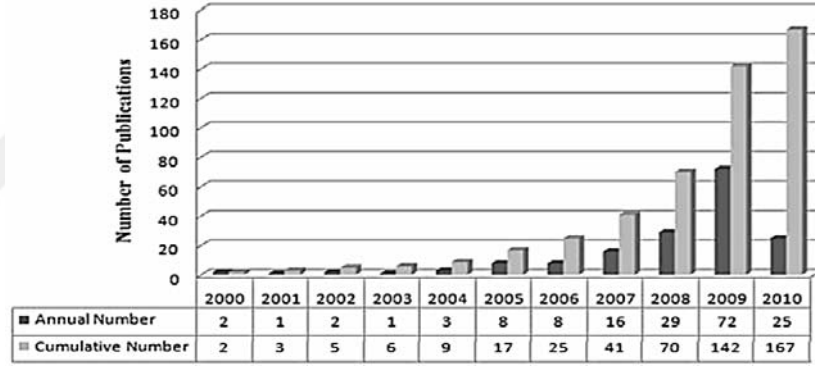
Müzikte Harmoni Bulma Süreci	Harmoni Arama Algoritması
Orkestra	Çözüm uzayı
Müzik enstrümanı	Değişken sayısı
Müzikte estetik	Amaç fonksiyonu
Harmoni	Çözüm Vektörü
Enstrüman akordu	Ton ayarlama oranı
Deneyim	Harmoni belleği
Prova	İterasyon

Harmoni arama algoritmasının birçok mühendislik optimizasyon problemlerin uygulanması açısından avantajları aşağıda verilmiştir;

- ♪ Basit bir algoritmaya sahip güçlü ve etkili bir optimizasyon yöntemidir ve bu özelliği diğer algoritmalarla birlikte kullanılma olanağı sunar.
- ♪ Tasarım uzayı sonsuz veya tüm çözümün değerlendirilemeyeceği kadar geniş durumlarda uygun sonuçlar verir.
- ♪ İterasyon sayısının fazla olduğu durumlarda daha az iterasyon ile makul seviyede iyi bir çözüm bulur.
- ♪ Problem algoritmasının başlatılmasında karar değişkenleri için özel bir başlangıç değeri belirlemeye ihtiyaç yoktur.
- ♪ Daha az matematik bilgisine ihtiyaç duyar ve türev bilgisi gerektirmez.
- ♪ Birden fazla çözümle optimizasyona devam ettiği için birçok yönde genel optimum çözümü arar ve lokal optimum çözümlere takılmaz.
- ♪ Hem sürekli hem ayrık hem de tamsayı değişkenler kullanabilir.
- ♪ Diğer algoritmalarla karşılaştırıldığında harmoni arama algoritması başarılı bir şekilde ondalıklı sayılara bu sayıları ikili sayı sistemine çevirmeden uygulanabilir.

- ♪ Harmoni arama algoritması uygulamaları basittir ve program kodu nispeten daha kısadır ve hızlı çalışır.

2001 yılında yapılan ilk harmoni arama algoritma çalışması sunulduğundan beri karmaşık mühendislik problemlerine optimum çözümler sunan bir dizi araştırmalar yapılmıştır (Lee ve Geem, 2004; Mahdavi ve ark., 2007; Çarbaş ve Saka, 2010; Akin ve Saka, 2015; Molina-Moreno ve ark., 2017). Günümüzde kadar yapılan araştırmaların sayısının fazla oluşu, bu optimizasyon tekniğinin bilim adamları tarafından güçlü bir optimizasyon tekniği olarak kabul edildiğini göstermektedir. Harmoni arama algoritması kullanarak yapılan çalışmalar “Google Scholar, Heal-Link ve Microsoft Academic Search” veri tabanlarında araştırılmış ve yıllara göre literatür dağılımını gösteren grafik Şekil 3.4’ te verilmiştir (Kougias ve Theodosiou, 2010). Verilen grafik incelendiğinde literatürde bu konu ile ilgili çalışmalarda önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir.



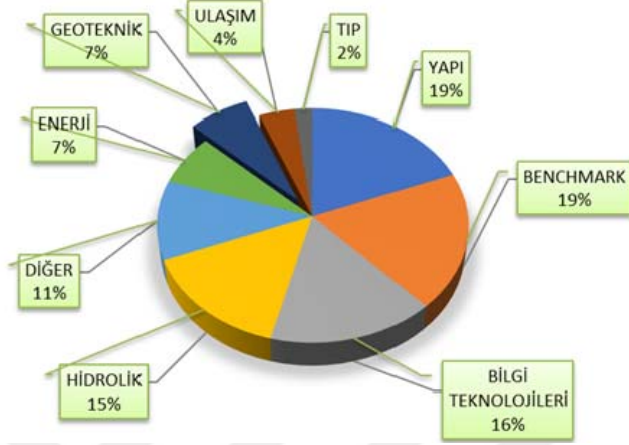
Şekil 3.4. Harmoni arama algoritmasının uygulanmaya başlamasında beri yıllara göre yayın artışı (Kougias ve Theodosiou, 2010)

Yapılan çalışmaların yıllık sayısında 2004’e kadar fazla bir artış yokken 2005’den sonra harmoni arama algoritması çalışmalarında önemli bir artış meydana gelmiştir.

Bu çalışmada, 2008 yılında HSA kullanılarak yapılan yayın sayısı 2005’teki yayın sayısının neredeyse 4 kat olurken, 2009 yılında HSA kullanılarak yapılan yayın sayısı 2005 ve 2006 yıllarında yapılan yayın sayısının yaklaşık 9 katı olduğu belirtilmiştir. Son yıllardaki literatürdeki konu ile yapılan çalışmalarda çok önemli bir artış göstermiştir.

Harmoni arama algoritması çalışmalarındaki bir diğer önemli gelişme ise çalışma yapılan alanın kapsamının genişlemiş olmasıdır. 2005’e kadar yapılan

çalışmaların yarısı hidrolik alanında su dağıtım şebekesi ile ilgiliyken sonrasında yapılan çalışmalar yapısal optimizasyon, temel ölçüt (benchmark) problemleri, bilgi teknolojileri, hidrolik, geoteknik, enerji, ulaşım ve tıp alanlarını kapsamıştır. Yapılan çalışmaların alanlara göre dağılımlarını gösteren grafik Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Bilimsel çalışma yapılan alanlara göre harmoni arama algoritması uygulamaları (Kougias ve Theodosiou, 2010)

3.5. Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Karaboğa (Karaboga, 2005) tarafından geliştirilen yapay arı kolonisi algoritması doğada sürü halinde yaşayan, beslenme, savunma ve göç etme gibi temel yaşam ihtiyaçlarını sürüde bulunan bireyler arası iletişimde etkili olan sürü zekâsından esinlenen algoritmalarından biridir. Bu bölümde arıların besin bulma süreçlerini ve davranışlarını temel alan yapay arı kolonisi algoritması için genel kavramlar ve algoritma adımları verilmiştir.

3.5.1. Tanım ve genel kavramlar

Besin kaynakları: Arıların nektar, polen veya bal üretmek için gittikleri kaynaklardır. Bu kaynağın değerlendirilmesi besin kaynağının yuvaya uzaklığı, nektar miktarı ve nektar çıkarılmasının kolaylığı gibi birçok miktara bağlıdır. Yapay arı kolonisi algoritmasında kullanılan arıların sayısı besin kaynağı (BS) sayısına eşittir.

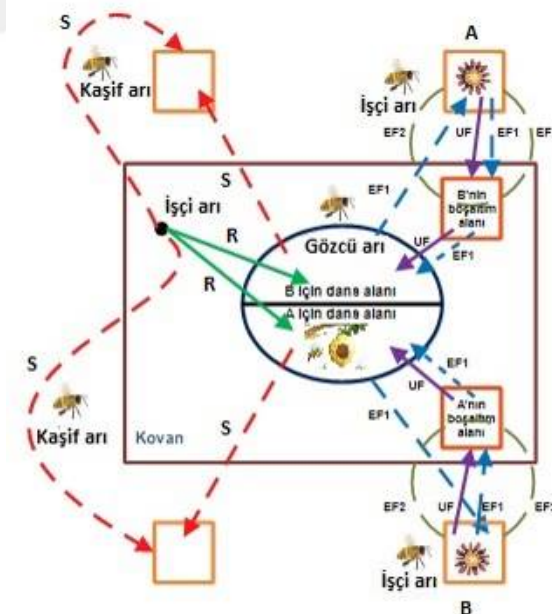
İşçi arı: Besin kaynağını bulan, besin kaynağındaki nektar miktarını değerlendiren ve bulduğu yeni kaynak ile daha önce bulmuş olduğu besin kaynağını nektar miktarı açısından değerlendirip hafızasında tutan görevli arıdır. Bu arılar besin

kaynağını bulduklarında ya buldukları nektarı kovana taşımaya başlarlar ya da bu bilgiyi kovandaki arılarla paylaşmak üzere kovana geri dönerler. İşçi arılar besin kaynağındaki nektarı tükettikleri zaman kâşif arıya dönüşerek yeni besin kaynağı arayışına geçerler.

Gözcü arı: Besin kaynağının yerini hafızasına alan işçi arı kovana geri dönüp hafızasında tuttuğu bilgiyi yani kaynağın kovana uzaklığı ve nektar miktarını dairesel, kuyruk dansı ya da titreme dansı gibi çeşitli danslar yaparak diğer arılar ile paylaşırlar. Dansı gözlemleyen gözcü arılar yapılan danslardan değerli gördüğü besin kaynağını seçerek besin kaynağından kovana nektar taşımaya başlarlar. Nektar miktarı fazla olan zengin besin kaynağı için daha fazla bilgi aktarımı yapılması bu besin kaynağının gözcü arılar tarafından seçilme olasılığını arttırmaktadır.

Kâşif arı: Kovanın çevresinde rastgele olası besin kaynakları arayan görevsiz işçi arıdır. Besin kaynağı bulduklarında görevli işçi arıya dönüşür ve algoritmada sadece bir kâşif arının yeni kaynağı arayışına geçmesine izin verilir.

Şekil 3.6’ da işçi arı, gözcü arı ve kâşif arıların yiyecek arama çevrimleri gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Yiyecek arama çevrimi (Karaboğa, 2014)

kaynağına gider ve bir besin kaynağı sadece bir işçi arı tarafından seçilir. Bu sebeple A veya B besin kaynaklarından kovana nektar taşımaya başlayan kâşif arı veya gözcü arı artık görevli işçi arıya dönüşmüştür. İşçi arı kaynaktan nektarı aldıktan sonra üç durum söz konusu olabilir;

- i. Gittiği kaynağı bırakarak bağımsız izleyici olabilir (UF).
- ii. Gittiği kaynağa dönmeden önce dans eder ve kovadaki arkadaşlarını da aynı kaynağa yönlendirebilir (EF1).
- iii. Diğer arıları yönlendirmeden besin kaynağına gidebilir (EF2).

Yapay arı kolonisi algoritmasında besin kaynaklarının yerleri optimizasyon probleminde olası çözümlere karşılık gelirken, besin kaynağının nektar miktarı bahsedilen kaynakla ilgili çözüm kalitesine (uygunluk) karşılık gelmektedir (Karaboğa, 2014)

3.5.2. Yapay arı kolonisi algoritma adımları

Doğada, kovanları çevresinde yiyecek arayışında olan arıların besin kaynağı bulma ve buldukları nektarı kovana taşıma süreçlerini modelleyen yapay arı kolonisi algoritmasının optimizasyon problemine uygulanması için algoritma adımları aşağıda verilmiştir;

Adım 1: Başlangıç yiyecek kaynağı bölgelerinin oluşturulması

N kadar tasarım değişkenine sahip optimizasyon probleminde olası çözümlere karşılık gelen kovan çevresinde bulunan besin kaynaklarının yerlerinin rastgele üretildiği adımdır. Rastgele besin kaynağı bölgelerinin üretilmesinde Eşitlik 3.11 ile verilen matematiksel ifade kullanılmaktadır.

$$x_{ij} = x_j^{\min} + \text{rand}(0,1)(x_j^{\max} - x_j^{\min}) \quad (3.11)$$

Burada, $i=1, \dots, BS$, $j=1, \dots, N$, $x_j^{\min}$, j'inci parametrenin alt sınırı, $x_j^{\max}$, j'inci parametrenin üst sınırı ve $\text{rand}(0,1)$ 0 ile 1 arasında olan rastgele sayı olarak tanımlanmıştır. Eşitlik 3.8 kullanılarak her bir satırı bir çözüm vektörüne (besin kaynağı) karşılık gelen besin matrisi (BM) oluşturulur. BM'nde yer alan her çözüm vektörü için amaç fonksiyonu (nektar miktarı) belirlenir. Ayrıca bu adımda yeni çözüm geliştirilememe sayacı sıfırlanır.

Adım 2: İşçi arıların yiyecek kaynağına gönderilmesi

İşçi arı, görevli olduğu besin kaynağının komşusu olan yeni bir besin kaynağı belirleyerek bunun kalitesini değerlendirir. Mevcut besin kaynağına komşu besin kaynağının belirlenmesinde Eşitlik 3.12 kullanılır.

$$v_{ij} = \begin{cases} x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}), \text{rand}(0,1) < MR \\ x_{ij}, \text{rand}(0,1) \geq MR \end{cases} \quad (3.12)$$

Burada, x_{ij} , i 'inci mevcut besin kaynağının rastgele seçilen j 'inci tasarım parametresini ifade etmektedir. $k=1, \dots, BS$ aralığında rastgele seçilen bir değer olup aynı j 'inci değere sahip x_{ij} ve x_{kj} değerlerinin farkının $(-1, 1)$ arasında rastgele bir değer olan ϕ_{ij} ile ağırlıklandırılıp mevcut kaynağa eklenmesi ile yeni kaynak (v_{ij}) elde edilir. Modifikasyon oranı, MR , yeni kaynak geliştirilip geliştirmediğini kontrol eden bir parametredir. MR değeri için yapılan araştırmalar sonucu bu değer 0.40 olarak alınması önerilmiştir (Akay ve Karaboğa, 2012).

x_{ij} ve x_{kj} arasındaki fark azaldıkça, yani elde edilen yeni kaynağın mevcut kaynaktan farklı olma durumu azalacaktır. Bu işlem sonunda v_{ij} 'nin daha önce belli olan parametre alt ve üst sınırlarını aşması durumunda Eşitlik 3.13 kullanılarak j 'inci parametreye ait sınırlar kabul edilen sınırlara göre güncellenir.

$$v_{ij} = \begin{cases} x_j^{\min}, v_{ij} < x_j^{\min} \\ v_{ij}, x_j^{\min} \leq v_{ij} \leq x_j^{\max} \\ x_j^{\max}, v_{ij} > x_j^{\max} \end{cases} \quad (3.13)$$

Uygun yeni besin kaynağı geliştirildikten sonra geliştirilen kaynak için nektar miktarı, sınırlayıcılarla birlikte sınırlayıcı ihlalleri ve Eşitlik 3.14 ile verilen uygunluk değeri, fitness_{*i*}, hesaplanır.

$$\text{fitness}_i = \begin{cases} 1/(1+f_i), f_i \geq 0 \\ 1+\text{abs}(f_i), f_i < 0 \end{cases} \quad (3.14)$$

Burada f_i , v_{ij} 'nin amaç fonksiyon değeridir. Mevcut kaynak ile yeni kaynak uygunluk değerlerine (fitnessi) göre karşılaştırılır. Yeni kaynak daha iyi uygunluk değerine sahip olursa mevcut kaynak silinerek yeni kaynak hafızaya alınır ve sayaç sıfırlanır. Daha iyi uygunluk olmaması durumunda görevli işçi arı mevcut kaynağa gitmeye devam eder ve çözüm geliştirilemediği için sayaç bir arttırılır. Yapay arı kolonisi yönteminin temel algoritmasında bahsedilen ve aç gözlü (greedy) seçme işlemi olarak adlandırılan bu süreç daha iyi çözümün seçilmesinde kullanılırken sınırlayıcı algoritma çözümünde seçim işleminde Deb's Rule (Deb, 2000) kullanılması yapılan çalışmalar sonucu önerilmiştir (Karaboga ve Akay, 2011).

Deb's Rule uygulanmasında daha iyi çözümün belirlenmesi için aşağıda verilen üç kural kullanılmaktadır;

- i. Herhangi bir uygun tasarım (sınırlayıcıları sağlayan) uygun olmayan (sınırlayıcıları sağlamayan) tasarıma tercih edilir.
- ii. Eğer iki tasarımda uygunsa amaç fonksiyon değeri daha iyi olan tasarım tercih edilir.
- iii. Eğer iki tasarımda uygun değilse bu tasarımlar arasından sınırlayıcı ihlali daha az olan tasarım tercih edilir.

Adım 3: Olasılıksal seleksiyonda kullanılacak olasılık değerlerinin görevli arılardan gelen bilgiye göre hesaplanması

Araştırma sürecini tamamlayan işçi arılar kovana döndükten sonra buldukları besin kaynakları ile ilgili bilgiyi kovadaki gözcü arılara aktarılırlar. Gözcü arılar aktarılan bilgiyi bulunan besin kaynaklarının uygunluk değeriyle orantılı olarak değerlendirirler ve Eşitlik 3.15 ile verilen besin kaynağının seçilme olasılığına göre seçim yaparlar.

$$p_i = \frac{\text{fitness}_i}{\sum_{j=1}^{BS} \text{fitness}_j} \quad (3.15)$$

Adım 4: Gözcü arıların yiyecek kaynağı bölgelerini seçmeleri

Her bir besin kaynağı için (0, 1) aralığında rastgele sayı üretilip bu sayının hesaplanan p_i değerinden büyük olması durumunda gözcü arı Eşitlik 3.9 kullanılarak bu kaynak bölgesinde yeni bir çözüm geliştirir. Yeni çözümün nektar kalitesi hesaplandıktan sonra eski çözüm ile yeni çözüm karşılaştırılır. Daha iyi çözümün

belirlenmesinde Deb's Rule kullanıldıktan sonra yeni çözüm eski çözüme göre daha iyi ise yeni çözüm hafızaya alınarak sayaç sıfırlanır. Yeni çözümün eski çözümden daha iyi olmaması durumunda eski çözüm muhafaza edilir ve sayaç arttırılır. Bu işlem tüm gözcü arılar kaynak bölgesine dağılana kadar devam eder.

Adım 5: Tüklenen kaynakların belirlenmesi ve kâşif arı üretimi

İşçi ve gözcü arıların çevrimleri tamamladığında, bir arının gittiği bir besin kaynağındaki nektarın kovana taşınıp taşınmadığı çözüm geliştirme sayaçları ile kontrol edilir. Bir kaynak için sayaç YAKA' da bir kontrol parametresi olan limit değerinin üstünde ise bu besin kaynağının tükendiği anlamına gelir. Bu durumda bu kaynak için görevli arının başka bir çözüm araması yani bu arının kâşif arı olarak rastgele yeni besin kaynağı arama sürecinin başlaması gerekmektedir (Eşitlik 3.8). Bu süreçte sadece bir kâşif arının arayışa çıkmasına izin verilir. Kontrol parametresi $\text{limit} = \text{BS} \times D$ olarak alınmıştır (Karaboga ve Akay, 2011).

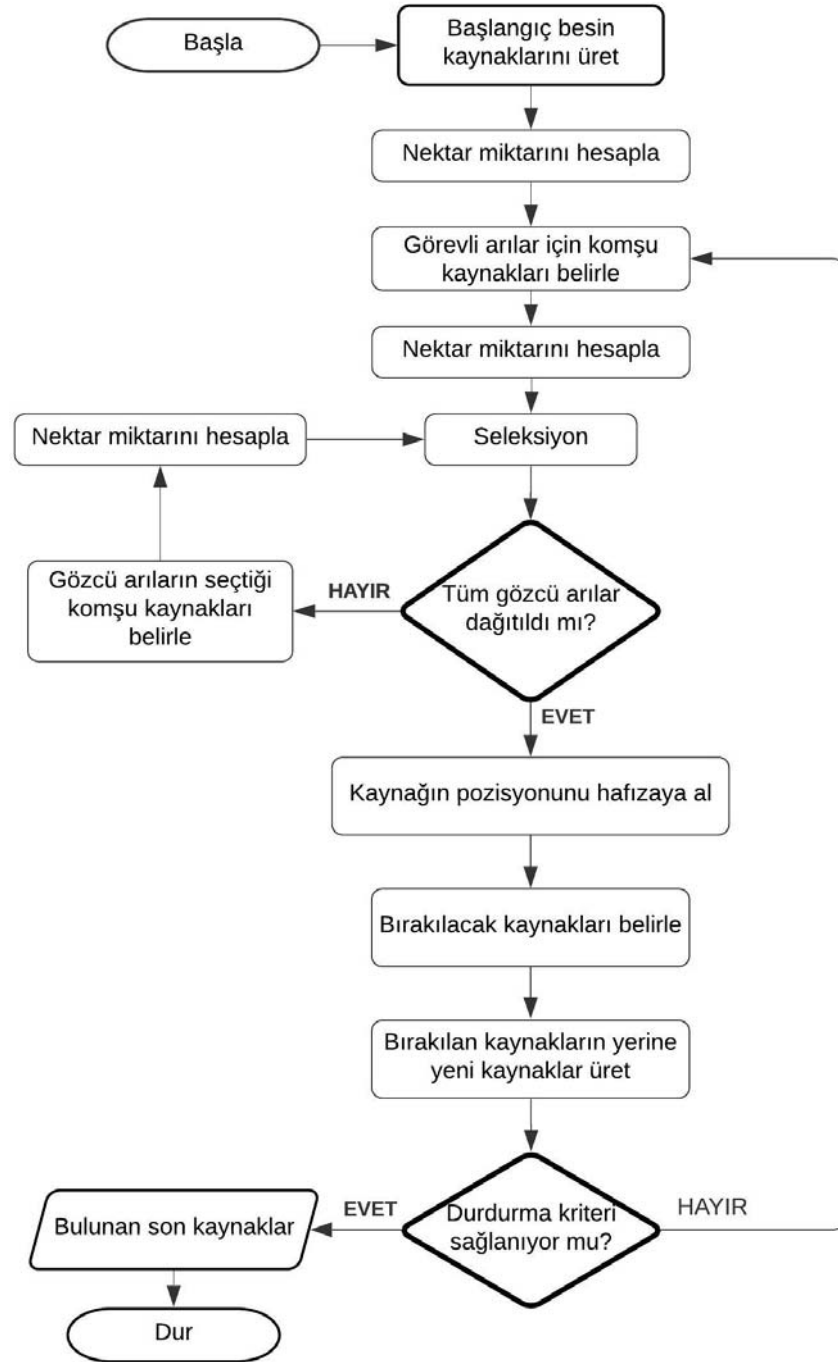
Durdurma kriteri olarak mevcut iterasyon sayısı maksimum iterasyon sayısına ulaştığında algoritma sonlandırılarak en iyi çözüm kaydedilir. Şekil 3.7' de algoritma akış diyagramı verilmiştir.

3.5.3. Arıların besin arama süreci ile yapay arı kolonisi algoritması ilişkisi

Doğada koloni olarak yaşayan arıların ve sahip oldukları sürü zekâsı ile besin arama ve buldukları besini kovana taşıma sürecinin simule edildiği yapay arı kolonisi algoritması uygulanarak gerçek hayatta karşılaşılan birçok mühendislik problemi için optimum çözümler elde edilmektedir. Çizelge 3.4' te arıların besim bulma sürecinden esinlenen davranışın algoritma karşılığı verilmiştir.

Çizelge 3.4. Arıların besin arama süreci ile yapay arı kolonisi algoritması ilişkisi

Arıların besin kaynağı elde etme süreci	Yapay arı kolonisi algoritması
Besin kaynaklarını içeren kovan çevresi	Tasarım uzayı
Seçilen besin kaynağı	Besin matrisinde bir çözüm vektörü
Nektar miktarı	Amaç fonksiyonu
Nektar kalitesi	Uygunluk değeri
Besin kaynağı ile bilgi	Besin matrisi
Arı kuyruk dans özellikleri	Olasılığa göre seleksiyon
Besin kaynağında tüm nektarının tüketilme durumu	Çözüm geliştireme sayacına göre limit kontrolü
Besin kaynağı arayışında görevli arıların tümünün görevlendirilme durumu	Durdurma kriteri, iterasyon



Şekil 3.7. Yapay arı kolonisi algoritması akış diyagramı (Karaboğa, 2014)

4. DAYANMA DUVARLARININ NUMERİK VE İSTATİSTİK ANALİZ SONUÇLARI VE MATEMATİK MODELLERİ

4.1. Dayanma Duvarlarının Numerik Analizleri

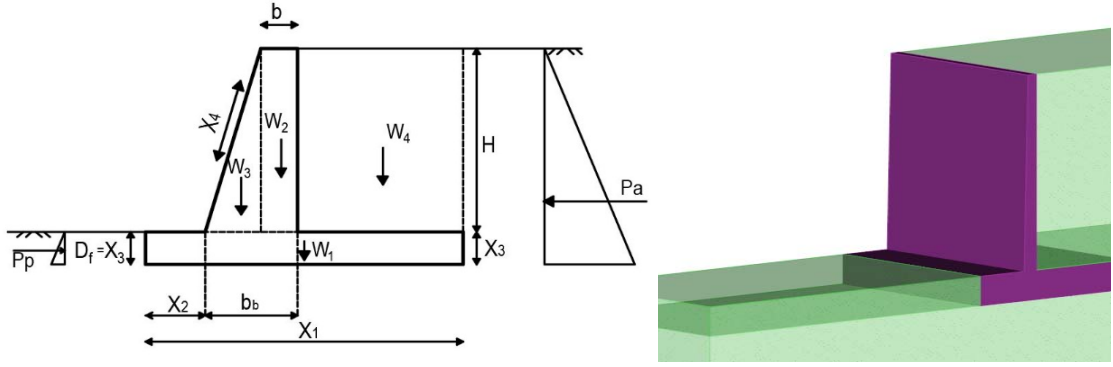
Konsol, eğik taban yüzlü ve dişli konsol dayanma duvarlarının tasarımında, duvar stabilite koşulları için (kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları) optimum çözümün elde edilmesinde istatistik analizlerle geliştirilen matematiksel model kullanılmıştır. Matematiksel model geliştirilmesi sürecinde Taguchi tarafından önerilen tasarım tablolarından L_{16} tasarım tablosu kullanılmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. L_{16} Ortogonal tablosu

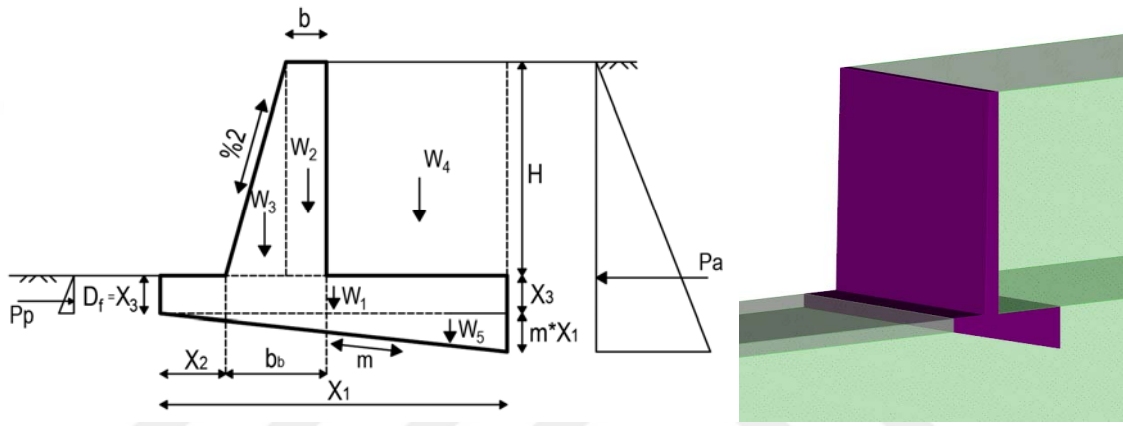
Tasarım No	Parametreler ve tasarımda kullanılacak parametre seviyeleri				
	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2
3	1	3	3	3	3
4	1	4	4	4	4
5	2	1	2	3	4
6	2	2	1	4	3
7	2	3	4	1	2
8	2	4	3	2	1
9	3	1	3	4	2
10	3	2	4	3	1
11	3	3	1	2	4
12	3	4	2	1	3
13	4	1	4	2	3
14	4	2	3	1	4
15	4	3	2	4	1
16	4	4	1	3	2

Bu tasarım tablosunda P_i (1,...,5) ile gösterilen ifadelerin her biri dayanma duvar tasarımını etkileyen parametrelere karşılık gelmektedir.

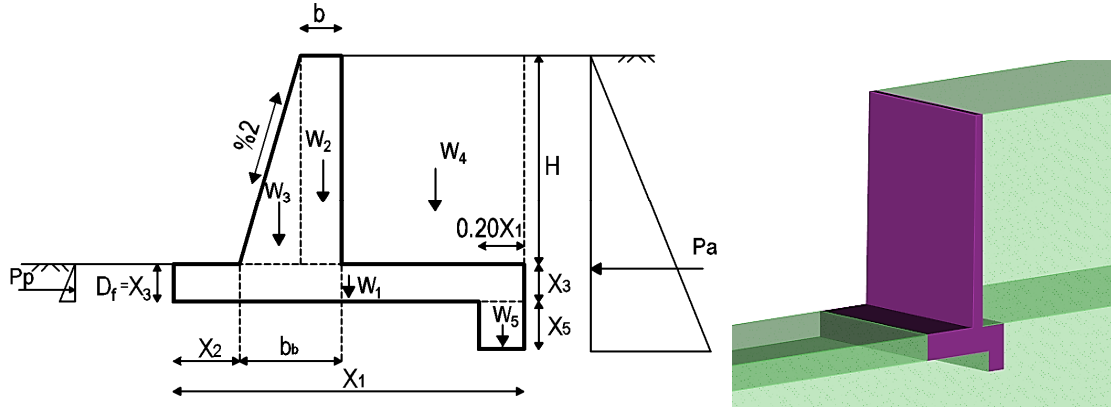
Konsol, eğik taban yüzlü ve dişli konsol dayanma duvar tasarımlarında kullanılan tasarım parametreleri duvara etkiyen yüklerle birlikte sırasıyla Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3' te verilmiştir. Ayrıca, aynı şekillerde konsol dayanma duvarları için GEO5 modelleri verilmiştir. Konsol, eğik taban yüzlü ve dişli konsol dayanma duvarları için oluşturulan duvar tasarımları Ek-1 de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Konsol dayanma duvar tasarım parametreleri ve GEO5 modeli



Şekil 4.2. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvar tasarım parametreleri ve GEO5 modeli



Şekil 4.3. Dişli konsol dayanma duvar tasarım parametreleri ve GEO5 modeli

Bu tez çalışmasında konsol, eğik taban yüzü ve dişli konsol dayanma duvarlarının tasarımlarını etkileyen tasarım parametreleri sırasıyla Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgelerde verilen tasarım parametrelerinin alt ve üst limitlerinin seçilmesinde yönetmeliklerde önerilen duvar boyutları dikkate alınmıştır (TS7994, 1990; ACI-318, 2008; AASHTO, 2012)

Çizelge 4.2. Konsol dayanma duvarı tasarım parametreleri ve seviyeleri

Tasarım parametresi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
X ₁ : Temel taban genişliği	0.25H	0.50H	0.75H	1.0H
X ₂ : Ön çıkma mesafesi	0.15X ₁	0.30X ₁	0.45X ₁	0.60X ₁
X ₃ : Temel kalınlığı	0.06H	0.09H	0.12H	0.15H
X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (°)	0	1	2	4
Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	20	27	34	41

Çizelge 4.3. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı tasarım parametreleri ve seviyeleri

Tasarım parametresi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
X ₁ : Temel taban genişliği	0.25H	0.50H	0.75H	1.0H
X ₂ : Ön çıkma mesafesi	0.15X ₁	0.30X ₁	0.45X ₁	0.60X ₁
X ₃ : Temel kalınlığı	0.06H	0.09H	0.12H	0.15H
m: Taban eğimi (°)	8	14	20	26
Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	20	27	34	41

Çizelge 4.4. Dişli konsol dayanma duvarı tasarım parametreleri ve seviyeleri

Tasarım parametresi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
X ₁ : Temel taban genişliği	0.25H	0.50H	0.75H	1.0H
X ₂ : Ön çıkma mesafesi	0.15X ₁	0.30X ₁	0.45X ₁	0.60X ₁
X ₃ : Temel kalınlığı	0.06H	0.09H	0.12H	0.15H
X ₅ : Diş yüksekliği	0.60X ₃	0.80X ₃	1.00X ₃	1.20X ₃
Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	20	27	34	41

Konsol dayanma duvarında değişken parametre olarak alınan duvar ön yüz eğimi (X₄), eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvar tasarımlarında %2 olarak sabit alınmıştır. Tüm konsol dayanma duvar tasarımlarında temel taban genişliği (X₁), ön çıkma mesafesi (X₂), temel kalınlığı (X₃) ve içsel sürtünme açısı (Ø) tasarım parametreleri için aynı parametre seviyeleri dikkate alınmıştır.

L₁₆ tasarım tablosu kullanılarak konsol dayanma duvarları için oluşturulan 16 tasarım geoteknik yazılımında (GEO5) modellenerek analizler yapılmış ve kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Konsol, eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının yazılım ile yapılacak olan numerik analizlerinde kullanılacak güncellenmiş L₁₆ tasarım tabloları sırasıyla Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Tüm konsol dayanma duvar tasarımlarında aktif ve pasif basınç kuvveti hesapları Mazindrani (1857) teorisine göre yapılmıştır. Pasif basınç kuvveti, kayma ve toptan göçme güvenlik sayılarının elde edilmesinde dikkate alınırken devrilme güvenlik

sayının elde edilmesinde dayanma duvarının devrilme ihtimalinin duvarın kayma ihtimaline göre daha düşük olması sebebiyle dikkate alınmamıştır.

Çizelge 4.5. Konsol dayanma duvarı güncellenmiş L_{16} tasarım tablosu

Tasarım No	$X_1(H)$	$X_2(X_1)$	$X_3(H)$	$X_4(\%)$	$\emptyset(^{\circ})$
1	0.25H	0.15 X_1	0.06H	0	20
2	0.25H	0.30 X_1	0.09H	1	27
3	0.25H	0.45 X_1	0.12H	2	34
4	0.25H	0.60 X_1	0.15H	4	41
5	0.50H	0.15 X_1	0.09H	2	41
6	0.50H	0.30 X_1	0.06H	4	34
7	0.50H	0.45 X_1	0.15H	0	27
8	0.50H	0.60 X_1	0.12H	1	20
9	0.75H	0.15 X_1	0.12H	4	27
10	0.75H	0.30 X_1	0.15H	2	20
11	0.75H	0.45 X_1	0.06H	1	41
12	0.75H	0.60 X_1	0.09H	0	34
13	1.00H	0.15 X_1	0.15H	1	34
14	1.00H	0.30 X_1	0.12H	0	41
15	1.00H	0.45 X_1	0.09H	4	20
16	1.00H	0.60 X_1	0.06H	2	27

Çizelge 4.6. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı güncellenmiş L_{16} tasarım tablosu

Tasarım No	$X_1(H)$	$X_2(X_1)$	$X_3(H)$	$m(\%)$	$\emptyset(^{\circ})$
1	0.25H	0.15 X_1	0.06H	8	20
2	0.25H	0.30 X_1	0.09H	14	27
3	0.25H	0.45 X_1	0.12H	20	34
4	0.25H	0.60 X_1	0.15H	26	41
5	0.50H	0.15 X_1	0.09H	20	41
6	0.50H	0.30 X_1	0.06H	26	34
7	0.50H	0.45 X_1	0.15H	8	27
8	0.50H	0.60 X_1	0.12H	14	20
9	0.75H	0.15 X_1	0.12H	26	27
10	0.75H	0.30 X_1	0.15H	20	20
11	0.75H	0.45 X_1	0.06H	14	41
12	0.75H	0.60 X_1	0.09H	8	34
13	1.00H	0.15 X_1	0.15H	14	34
14	1.00H	0.30 X_1	0.12H	8	41
15	1.00H	0.45 X_1	0.09H	26	20
16	1.00H	0.60 X_1	0.06H	20	27

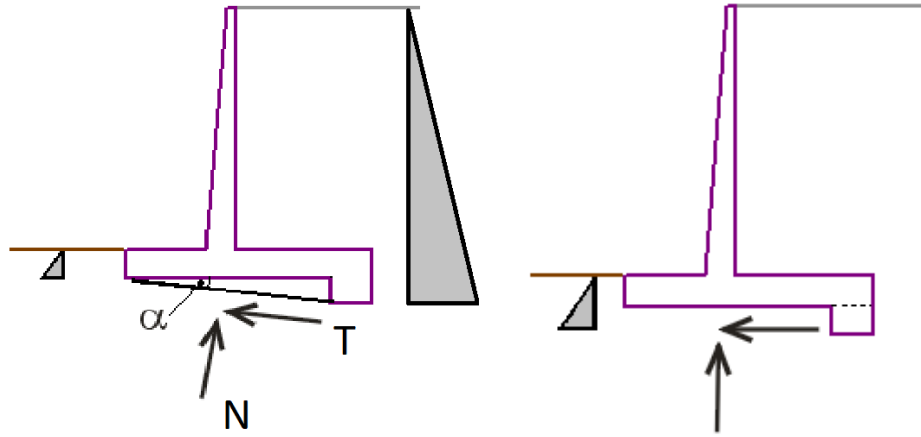
Çizelge 4.7. Dişli konsol dayanma duvarı güncellenmiş L_{16} tasarım tablosu

Tasarım No	$X_1(H)$	$X_2(X_1)$	$X_3(H)$	$X_5(X_3)$	$\theta (^{\circ})$
1	0.25H	0.15 X_1	0.06H	0.60 X_3	20
2	0.25H	0.30 X_1	0.09H	0.80 X_3	27
3	0.25H	0.45 X_1	0.12H	1.00 X_3	34
4	0.25H	0.60 X_1	0.15H	1.20 X_3	41
5	0.50H	0.15 X_1	0.09H	1.00 X_3	41
6	0.50H	0.30 X_1	0.06H	1.20 X_3	34
7	0.50H	0.45 X_1	0.15H	0.60 X_3	27
8	0.50H	0.60 X_1	0.12H	0.80 X_3	20
9	0.75H	0.15 X_1	0.12H	1.20 X_3	27
10	0.75H	0.30 X_1	0.15H	1.00 X_3	20
11	0.75H	0.45 X_1	0.06H	0.80 X_3	41
12	0.75H	0.60 X_1	0.09H	0.60 X_3	34
13	1.00H	0.15 X_1	0.15H	0.80 X_3	34
14	1.00H	0.30 X_1	0.12H	0.60 X_3	41
15	1.00H	0.45 X_1	0.09H	1.20 X_3	20
16	1.00H	0.60 X_1	0.06H	1.00 X_3	27

Dayanma duvar tasarımlarında kohezyonsuz ve birim hacim ağırlığının 18 kN/m^3 olduğu zemin ortamı dikkate alınmıştır. Dayanma duvarı tasarımlarında duvar ağırlık hesabı için betonun birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 , zemin-duvar arasındaki sürtünme açısı, δ , $2/3\theta$ ve duvar temel derinliği X_3 olarak alınmıştır. Konsol, eğik taban yüzölçümü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının güvenlik sayılarının matematiksel modelleri 4 m ile 8 m arasında duvar yüksekliğine sahip tasarımları kapsaması öngörülmüş olup ortalama değer olarak nümerik analizlerinde duvar yüksekliği, H, 6m olarak alınmıştır.

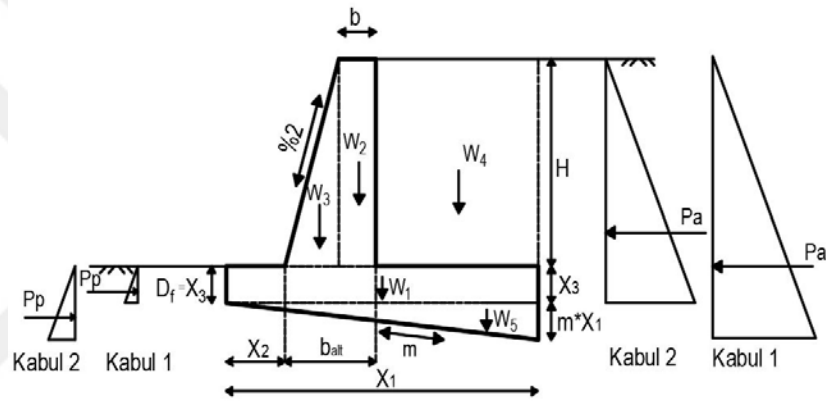
4.1.1. Dayanma duvarları tahkiklerinde uygun analiz yönteminin belirlenmesi

Dayanma duvarlarının stabilite tahkiklerinde GEO 5 yazılımı “Ön yüz direnci” (Kabul 1) ve “eğik temel altı” (Kabul 2) olmak üzere iki farklı duruma göre çözüm yapmaktadır (Şekil 4.4). Gerçekleştirilen analizlerde Kabul 1 ve Kabul 2 kullanılmasının konsol dayanma duvar tasarımlarının stabilite tahkik sonuçlarını ve eğik taban yüzölçümü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını değiştirmediği görülmüştür. Eğik taban yüzölçümü konsol ve dişli konsol dayanma duvarı stabilite tahkiklerinde kullanılan bu kabullerin uygulanması sırasıyla Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

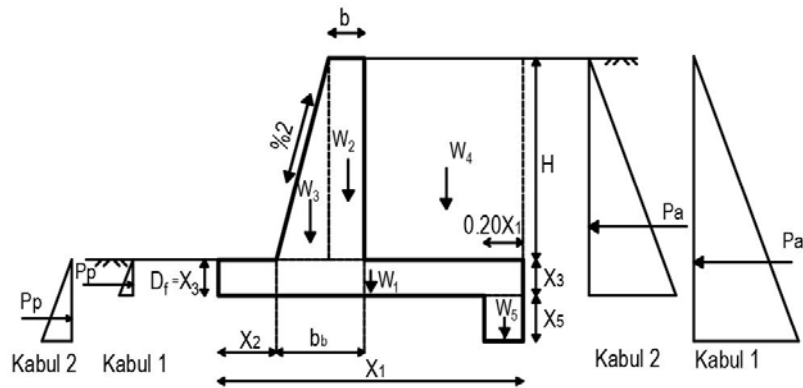


a) Eğik temel altı kabulü (Kabul 1) b) Ön yüz direnci kabulü (Kabul 2)

Şekil 4.4. GEO5 çözüm kabulleri; a) Ön yüz direnci kabulü, b) Eğik temel altı kabulü (GEO5)



Şekil 4.5. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı hesap kabul gösterimi



Şekil 4.6. Dişli konsol dayanma duvarı hesap kabul gösterimi

Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarında eğik temel altı kabulünde dayanma duvarının eğik bir düzlemde kaydığı kabul edilmektedir. Sadece temel kalınlığı boyunca (X_3) pasif zemin basınç kuvveti hesaplanırken ve eğik taban yüz yüksekliği ($m \cdot X_1$)

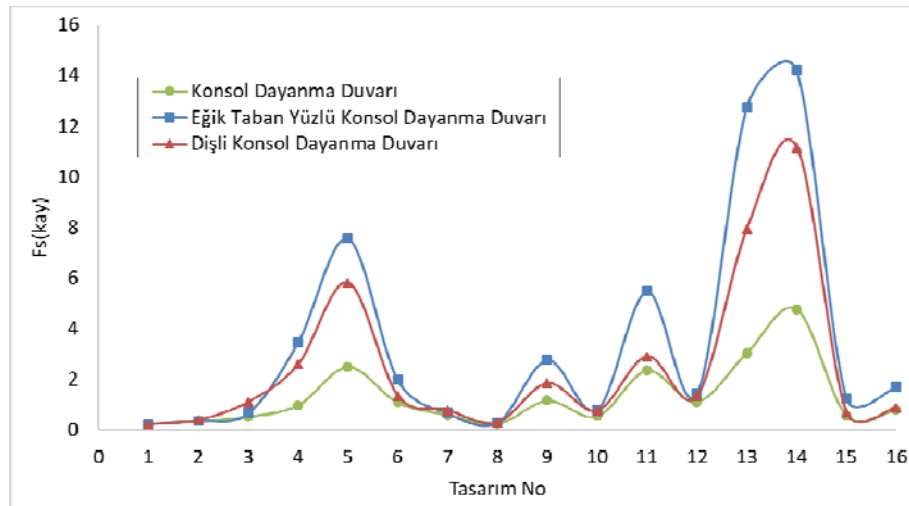
dahil toplam yükseklik ($H+X_3+m \cdot X_1$) için aktif zemin basınç kuvveti hesaplanmaktadır (Kabul 1).

Eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvarında ön yüz direnci kabulünde eğik taban yüz yüksekliği ($m \cdot X_1$) ihmal edilerek kayma düzlemi düz temel tabanı olarak alınmaktadır. Pasif zemin basınç etkisi temel altı yüksekliğinin alt derinliğine kadar olan toplam mesafede ($X_3+m \cdot X_1$) dikkate alınırken aktif zemin basıncı etkisi temel yüksekliği dahil olan yüksekliğe ($H+X_3$) göre belirlenmektedir (Kabul 2).

Dişli konsol dayanma duvarında eğik temel altı kabulünde dış yüksekliği (X_5) ve temel taban genişliğinin (X_1) oluşturduğu üçgenin hipotenüs düzleminde kayma olduğu kabul edilmektedir. Pasif zemin basıncının belirlenmesinde sadece temel kalınlığı (X_3) dikkate alınırken, aktif zemin basıncının belirlenmesinde dış yüksekliği (X_5) dahil toplam yükseklik ($H+X_3+X_5$) dikkate alınmaktadır (Kabul 1).

Dişli dayanma duvarı temel tabanın düz bir düzlemde kaydığı kabulünü yapan ön yüz direnci kabulünde pasif zemin basıncı temel kalınlığı ile birlikte dış yüksekliği boyunca etkili olurken, aktif zemin basıncında dış yüksekliği ihmal edilen toplam yükseklik etkili olmaktadır (Kabul 2).

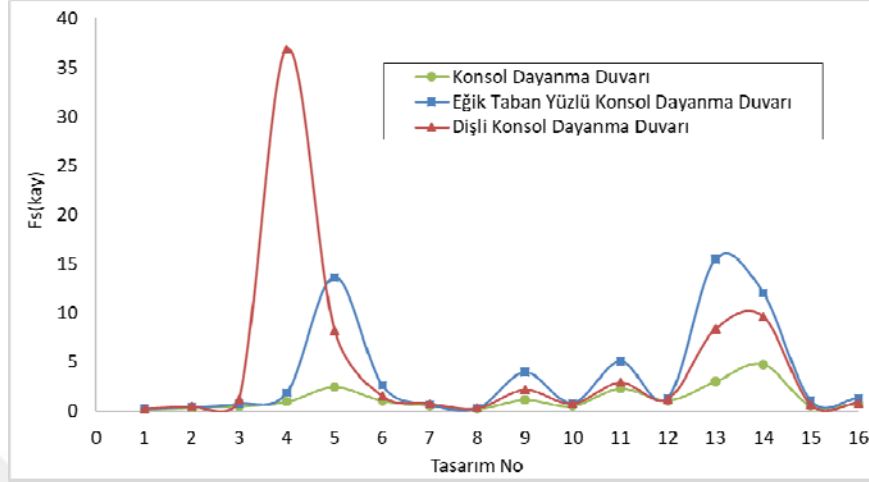
Tüm konsol dayanma duvarı tipleri için GEO5' te modellenen duvar yüksekliği $H=6m$ olan 16 adet dayanma duvar tasarımlarının kayma güvenlik sayıları eğik temel altı kabulü için Şekil 4.7'de ve ön yüz direnci kabulü için Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.7. Eğik temel altı kabulüne göre kayma güvenlik sayıları

Şekil 4.7' de 16 tasarım için verilen kayma güvenlik sayısının duvar çeşitlerine göre değişimi incelendiğinde konsol dayanma duvarlarının kayma güvenlik sayılarının

diğer dayanma duvarlarının güvenlik sayılarından az olduğu görülmektedir. Eğik taban yüzü ve dişli konsol dayanma duvarlarında kayma güvenlik sayıları makul değerlere sahiptir.



Şekil 4.8. Ön yüz direnci kabulüne göre kayma güvenlik sayıları

Şekil 4.8 incelendiğinde konsol dayanma duvarını eğik taban yüzü ya da dişli olarak tasarlayanın kayma güvenlik sayısında olumlu bir artış göstermiştir ve fakat bazı tasarımlarda mantıklı sonuçlar elde edilmediği görülmüştür. Bu sebeple, eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvarı tasarımında kayma tahkik yöntemi olarak eğik temel altı kabulü kullanılmıştır.

Eğik temel altı kabulüne göre kayma güvenlik sayısının belirlenmesinde GEO5 yazılımında kullanılan matematiksel ifade Eşitlik 4.1 ile verilmiştir.

$$F_s = \frac{N \tan \delta}{T} \quad (4.1)$$

$$N = F_x \sin \alpha + F_y \cos \alpha \quad (4.2)$$

$$T = F_x \cos \alpha - F_y \sin \alpha \quad (4.3)$$

Burada, N ve T kuvvetleri Şekil 4.4'de verilen eğik temel altı kabulüne göre eğik kayma düzleminde etki eden kuvvetler ve δ , zemin-duvar sürtünme açısı ve olarak alınmıştır. Etki eden kuvvetlerin belirlenmesinde duvara etkiyen toplam yatay kuvvete

karşılık gelen, F_x ve toplam düşey kuvvete karşılık gelen, F_y kuvvetleri sırasıyla Eşitlik 4.4 ve Eşitlik 4.5 ile verilmiştir.

$$F_x = P_a - P_p \quad (4.4)$$

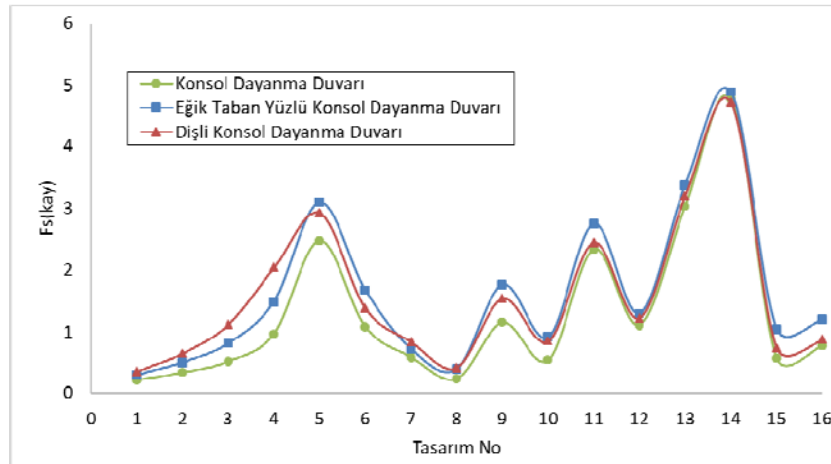
$$F_y = \sum W_i \quad (4.5)$$

Burada, P_a , aktif basınç kuvvetine, P_p , pasif basınç kuvvetine, $\sum W_i$, toplam düşey duvar ağırlığına karşılık gelmektedir.

Dayanma duvar tasarımlarında duvar stabilitesine etki eden 4 seviye ile birlikte 5 farklı parametre toplamda $4^5=1024$ kombinasyon oluşturmaktadır. Bu kombinasyonların güvenlik sayılarının değişimleri incelendiğinde kayma güvenlik sayısının negatif olduğu bazı tasarımlar elde edilmiştir. Bu sebeple, Eşitlik 4.1 ile verilen eğik temel altı kabulünde güncelleme yapılarak Eşitlik 4.6 ile yeni bir matematiksel ifade önerilmiştir.

$$F_s = \frac{(F_x \sin \alpha + F_y \cos \alpha) \tan \delta + F_y \sin \alpha}{F_x \cos \alpha} \quad (4.6)$$

Yapılan analizler sonucunda hesap yöntemi değişikliğinin devrilme güvenlik sayısı değişimini çok az mertebede etkilediği ve toptan göçme güvenlik sayısını değiştirmedikleri görülmüştür. Güncel hesap yöntemine göre kayma güvenlik sayısının değişimi Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Önerilen yeni hesap yönteminin duvar tiplerine göre kayma güvenlik sayısı değişimi

Şekil 4.9’ da verilen grafik incelendiğinde Şekil 4.7’ de verilen eski hesap yöntemine benzer davranışı gösterdiği eğik taban yüzölçekli konsol ve dişli konsol dayanma duvarı kayma güvenlik sayılarının eski yöntemle göre azaldığı görülmektedir.

4.1.2. Dayanma duvarı şev stabilitesi analiz yönteminin belirlenmesi

Nümerik analizlerde toptan göçme tahkiki Bishop (1955), Fellenius (1936), Spencer (1967), Janbu (1954) ve Morgenstern-Price (1965) olmak üzere farklı yöntemlere göre yapılmıştır. Duvar yüksekliği $H=6m$ olan konsol, eğik taban yüzölçekli ve dişli konsol dayanma duvarlarının şev stabilitesi analizleri sonucunda elde edilen güvenlik sayıları sonuçları Çizelge 4.8, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.8. Konsol dayanma duvarı toptan göçme analiz sonuçları

Tasarım No	Güvenlik Sayısı, F_s				
	Bishop	Fellenius / Petterson	Spencer	Janbu	Morgenstern-Price
1	0.75	0.63	0.75	0.76	0.76
2	1.09	0.91	1.10	1.10	1.10
3	1.48	1.24	1.48	1.49	1.49
4	1.96	1.62	1.97	1.98	1.98
5	2.18	1.84	2.17	2.18	2.18
6	1.54	1.30	1.54	1.55	1.55
7	1.27	1.05	1.28	1.28	1.28
8	0.84	0.70	0.84	0.84	0.84
9	1.51	1.26	1.51	1.51	1.51
10	1.06	0.91	1.07	1.07	1.07
11	2.10	1.78	2.09	2.10	2.10
12	1.58	1.30	1.58	1.59	1.59
13	2.26	1.95	2.26	2.26	2.26
14	2.67	2.26	2.67	2.68	2.68
15	1.00	0.84	1.00	1.00	1.00
16	1.23	1.03	1.23	1.24	1.24

Bishop, Fellenius, Spencer, Janbu ve Morgenstern yöntemlerine göre belirlenen toptan göçme güvenlik sayıları irdelendiği zaman aralarında çok fazla farkların bulunmaması da göz önünde bulundurularak ve şev stabilitesi analizinde yaygın olarak kullanılması sebebiyle nümerik analizlerde toptan göçme güvenlik sayısının belirlenmesinde Bishop yöntemi seçilmiştir.

Çizelge 4.9. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı toptan göçme analiz sonuçları

Tasarım No	Güvenlik Sayısı. Fs				
	Bishop	Fellenius / Petterson	Spencer	Janbu	Morgenstern-Price
1	0.78	0.66	0.78	0.79	0.79
2	1.15	0.96	1.15	1.16	1.16
3	1.60	1.34	1.60	1.61	1.61
4	2.17	1.78	2.17	2.18	2.18
5	2.46	2.05	2.47	2.48	2.48
6	1.83	1.50	1.83	1.84	1.84
7	1.34	1.11	1.34	1.35	1.35
8	0.92	0.76	0.93	0.93	0.93
9	1.78	1.47	1.78	1.79	1.79
10	1.21	0.99	1.22	1.22	1.22
11	2.38	2.01	2.38	2.39	2.39
12	1.72	1.43	1.73	1.73	1.73
13	2.56	2.13	2.56	2.56	2.56
14	2.87	2.39	2.88	2.88	2.88
15	1.29	1.05	1.29	1.30	1.30
16	1.57	1.32	1.57	1.58	1.58

Çizelge 4.10. Dişli konsol dayanma duvarı toptan göçme analiz sonuçları

Tasarım No	Güvenlik Sayısı. Fs				
	Bishop	Fellenius / Petterson	Spencer	Janbu	Morgenstern-Price
1	0.80	0.67	0.80	0.81	0.81
2	1.21	1.01	1.22	1.22	1.22
3	1.77	1.47	1.78	1.78	1.78
4	2.54	2.07	2.55	2.56	2.56
5	2.43	2.00	2.44	2.45	2.45
6	1.70	1.41	1.70	1.71	1.71
7	1.43	1.17	1.43	1.44	1.44
8	0.96	0.78	0.96	0.96	0.96
9	1.73	1.42	1.73	1.73	1.73
10	1.22	0.99	1.22	1.22	1.22
11	2.22	1.88	2.22	2.23	2.23
12	1.70	1.41	1.70	1.71	1.71
13	2.52	2.08	2.52	2.52	2.52
14	2.86	2.39	2.86	2.87	2.87
15	1.12	0.93	1.12	1.12	1.12
16	1.33	1.11	1.32	1.33	1.33

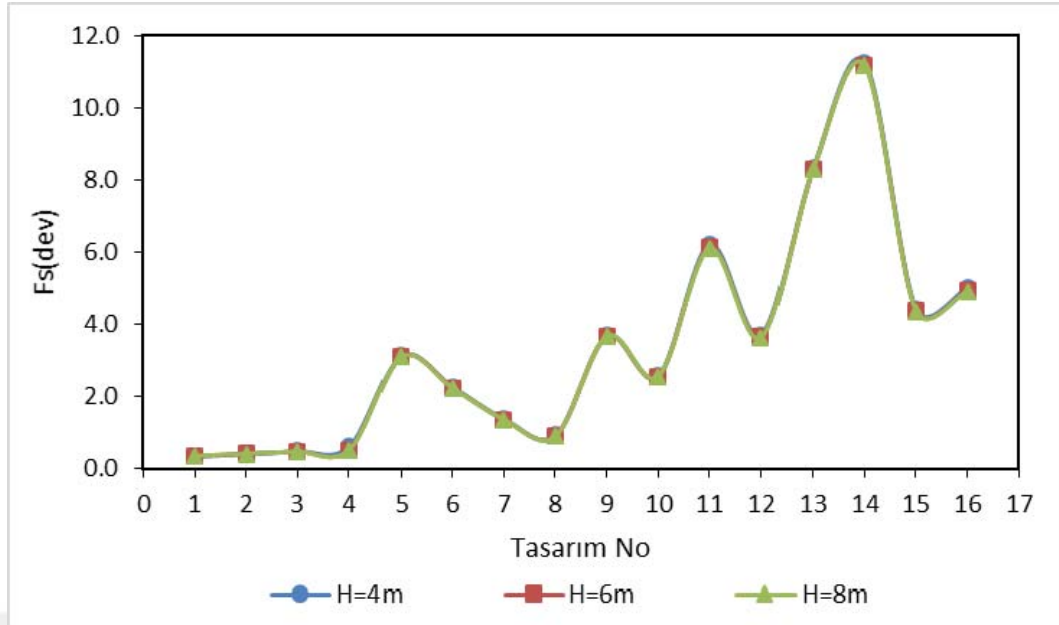
4.1.3. Dayanma duvarlarının stabilitesine farklı duvar yüksekliklerinin etkisi

Konsol dayanma duvar stabilitesi üzerinde duvar yüksekliği değişiminin etkisini araştırmak için GEO5 yazılımında analizler yapılarak kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Tasarımlarda, temel üstü gövde yükseklik olacak şekilde duvar yüksekliği $H=4\text{m}$, 6m ve 8m için Çizelge 4.5'te verilen konsol dayanma duvar tasarım parametre katsayıları kullanılarak oluşturulan L_{16} tasarım tablosu Çizelge 4.11'de verilmiştir.

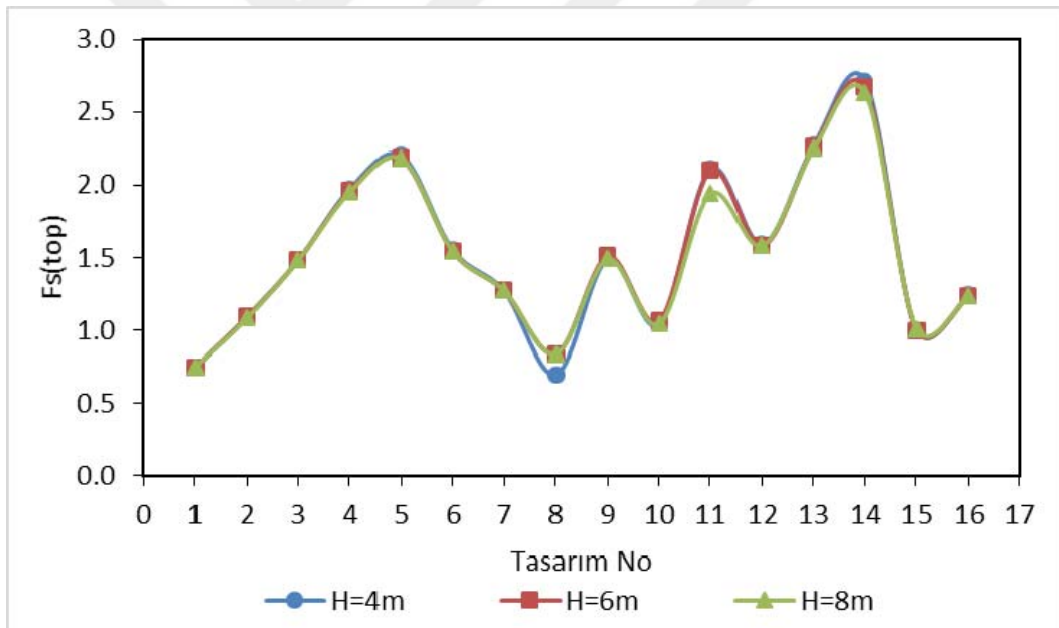
Çizelge 4.11. $H=4\text{m}$, 6m ve 8m duvar yükseklikleri için konsol dayanma duvarı L_{16} tasarım tablosu

Tasarım No	H=4m			H=6m			H=8m			H=4-6-8m	
	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	X_4 (%)	$\emptyset$ (°)
1	1.0	0.150	0.240	1.5	0.225	0.360	2.0	0.300	0.480	0	20
2	1.0	0.300	0.360	1.5	0.450	0.540	2.0	0.600	0.720	1	27
3	1.0	0.450	0.480	1.5	0.675	0.720	2.0	0.900	0.960	2	34
4	1.0	0.600	0.600	1.5	0.900	0.900	2.0	1.200	1.200	4	41
5	2.0	0.300	0.360	3.0	0.450	0.540	4.0	0.600	0.720	2	41
6	2.0	0.600	0.240	3.0	0.900	0.360	4.0	1.200	0.480	4	34
7	2.0	0.900	0.600	3.0	1.350	0.900	4.0	1.800	1.200	0	27
8	2.0	1.200	0.480	3.0	1.800	0.720	4.0	2.400	0.960	1	20
9	3.0	0.450	0.480	4.5	0.675	0.720	6.0	0.900	0.960	4	27
10	3.0	0.900	0.600	4.5	1.350	0.900	6.0	1.800	1.200	2	20
11	3.0	1.350	0.240	4.5	2.025	0.360	6.0	2.700	0.480	1	41
12	3.0	1.800	0.360	4.5	2.700	0.540	6.0	3.600	0.720	0	34
13	4.0	0.600	0.600	6.0	0.900	0.900	8.0	1.200	1.200	1	34
14	4.0	1.200	0.480	6.0	1.800	0.720	8.0	2.400	0.960	0	41
15	4.0	1.800	0.360	6.0	2.700	0.540	8.0	3.600	0.720	4	20
16	4.0	2.400	0.240	6.0	3.600	0.360	8.0	4.800	0.480	2	27

Çizelgede verilen tasarım parametrelerine göre GEO5 yazılımında farklı duvar yükseklikleri için 16 adet konsol dayanma duvarı tasarım modeli oluşturulmuştur. GEO 5 yazılımında modellenen $H=6\text{m}$ 'lık duvar yüksekliğine sahip 10 nolu tasarım Şekil 4.10'da verilmiştir. Duvar yüksekliği 4m , 6m ve 8m için 16 adet konsol dayanma duvarının stabilite analizleri sonucu elde edilen kayma, $F_{s(\text{kay})}$, devrilme, $F_{s(\text{dev})}$ ve toptan göçme, $F_{s(\text{top})}$ güvenlik sayılarının yüksekliğe göre değişim grafikleri sırasıyla



Şekil 4.12. Devrilme güvenlik sayısı-duvar yüksekliği değişimi



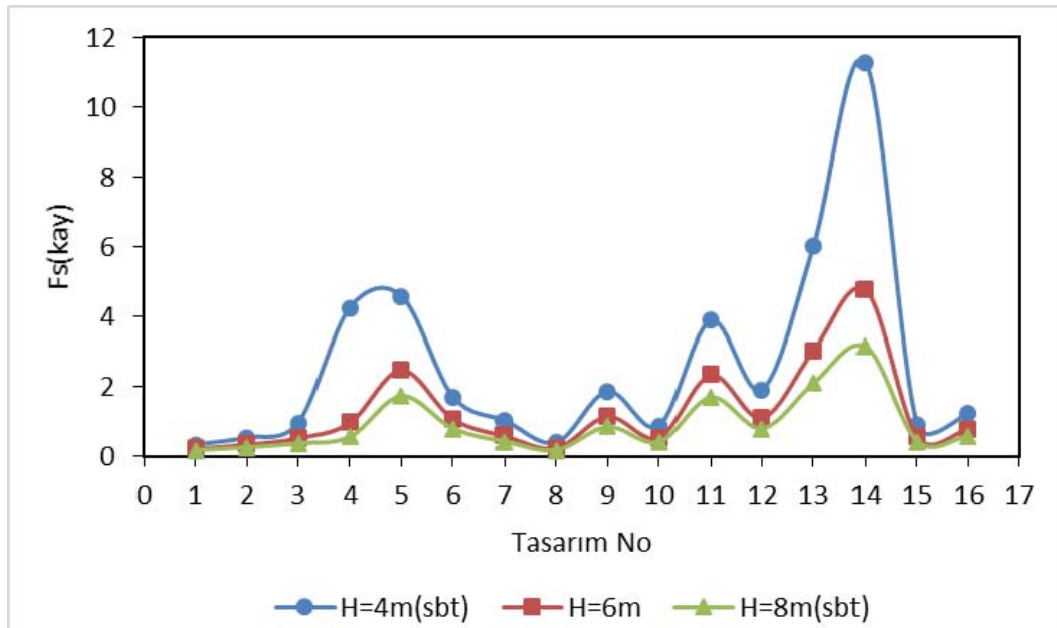
Şekil 4.13. Toptan göçme güvenlik sayısı-duvar yüksekliği değişimi

Duvar yüksekliği değişiminin etkisini daha detaylı araştırmak için Çizelge 4.11’de duvar yüksekliği H=6m olan konsol dayanma duvarı için verilen tasarım parametreleri, X_1 , X_2 , X_3 , X_4 ve $\emptyset$, aynı alınarak sadece duvar yükseklikleri H=4m ve H=8m olarak değiştirilmiştir. Bu değişikliğe göre H=4m ve H=8m için GEO5 yazılımında numerik analizler tekrarlanmış ve H=6m analiz sonuçları ile H=4m ve H=8m için sabit parametrelili sonuçları Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

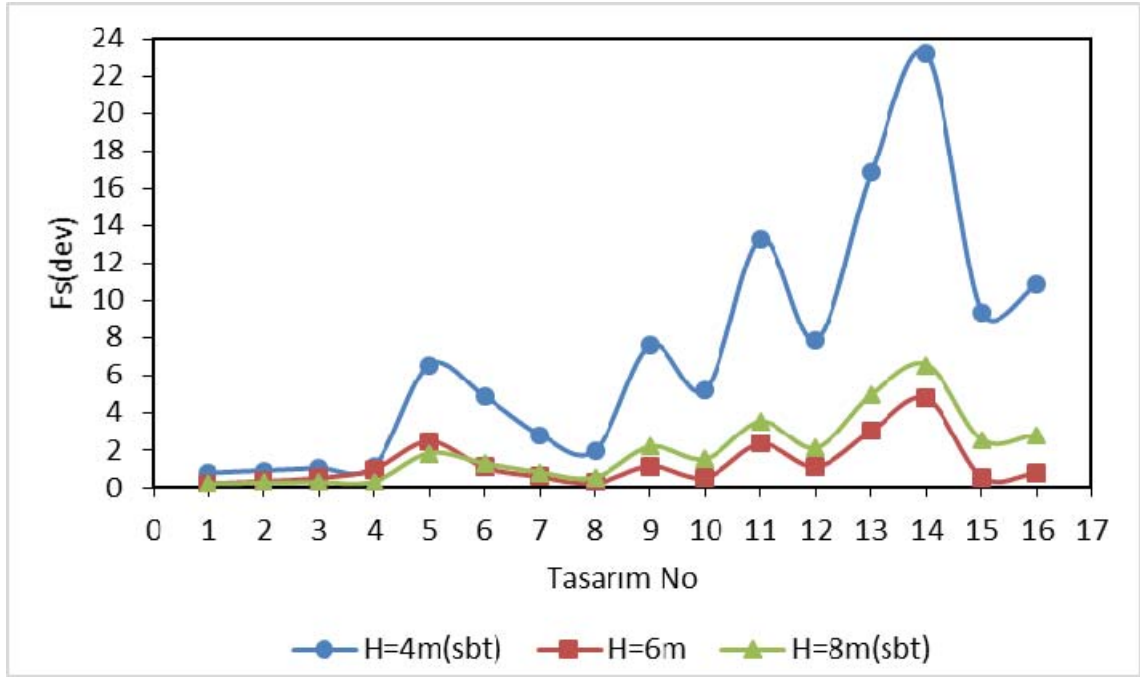
Çizelge 4.12. H=4m, H=6m ve H=8m sabit parametrelili konsol dayanma duvarları numerik analiz sonuçları

Tasarım No	Fs(kay)			Fs(dev)			Fs(top)		
	H=4m	H=6m	H=8m	H=4m	H=6m	H=8m	H=4m	H=6m	H=8m
1	0.22	0.22	0.21	0.36	0.35	0.35	0.75	0.75	0.75
2	0.35	0.34	0.33	0.43	0.42	0.41	1.09	1.09	1.08
3	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	1.48	1.48	1.48
4	1.04	0.97	0.94	0.58	0.53	0.52	1.96	1.96	1.95
5	2.52	2.48	2.46	3.13	3.11	3.09	2.2	2.18	2.18
6	1.11	1.08	1.07	2.27	2.24	2.22	1.55	1.54	1.54
7	0.60	0.59	0.58	1.39	1.36	1.35	1.27	1.27	1.27
8	0.25	0.24	0.24	0.94	0.92	0.90	0.84	0.84	0.84
9	1.16	1.15	1.15	3.69	3.67	3.67	1.49	1.51	1.49
10	0.55	0.54	0.54	2.57	2.55	2.55	1.04	1.06	1.04
11	2.37	2.34	2.32	6.21	6.14	6.09	2.1	2.10	2.09
12	1.14	1.11	1.10	3.72	3.65	3.62	1.57	1.58	1.58
13	3.06	3.04	3.03	8.33	8.31	8.30	2.26	2.26	2.25
14	4.82	4.77	4.75	11.24	11.18	11.15	2.63	2.67	2.63
15	0.58	0.57	0.57	4.43	4.38	4.36	1.00	1.00	1.00
16	0.79	0.78	0.77	5.01	4.94	4.91	1.24	1.23	1.23

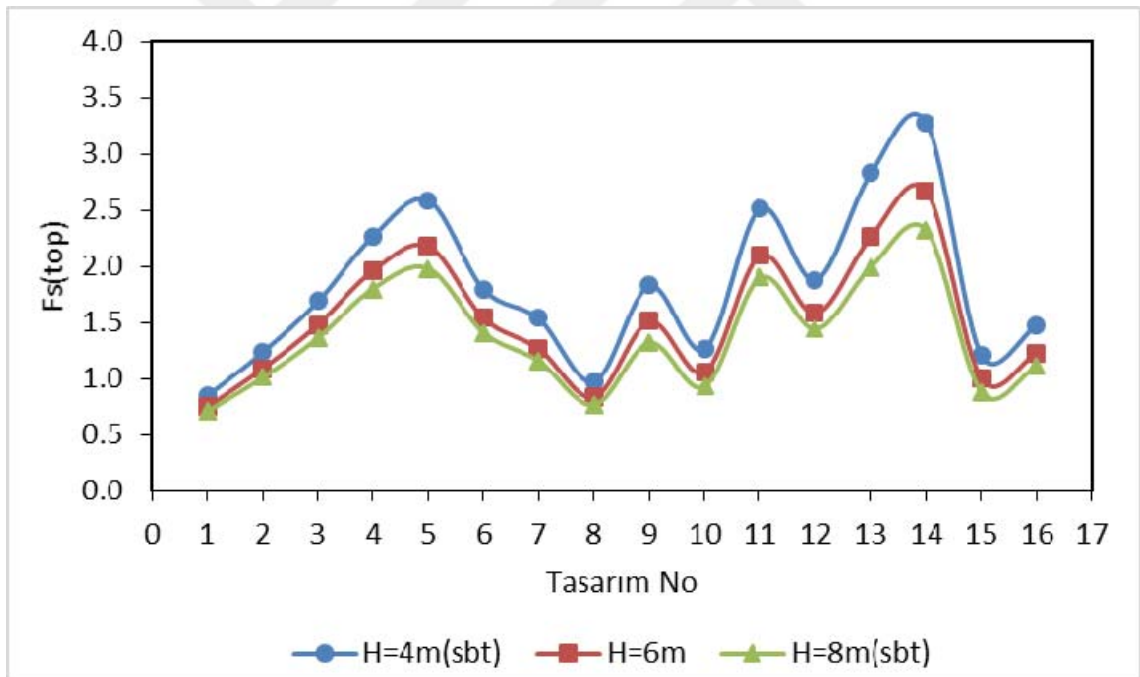
Duvar yüksekliğinin kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre grafiksel değişimleri ise sırasıyla Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da verilmiştir.



Şekil 4.14. Sabit parametrelili kayma güvenlik sayısı-duvar yüksekliği değişimi



Şekil 4.15. Sabit parametrelı devrilme güvenlik sayısı-duvar yüksekliği değişimi



Şekil 4.16. Sabit parametrelı toptan göçme güvenlik sayısı-duvar yüksekliği değişimi

Bu grafikler incelendiği zaman duvar yüksekliği değişiminin kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları üzerinde yaklaşık olarak aynı davranışı gösteren bir etkiye sahip olduğu görölmüştür. Değişimlerin yaklaşık aynı davranışı göstermesi bir sonraki aşamada yapılacak olan istatistiki analiz ve matematiksel model oluşturulmasında yol gösterici olmuştur.

4.1.4. Dayanma duvarlarının numerik analiz sonuçları

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde duvar yüksekliği değişiminin duvar stabilitesini etkilemediği varsayılarak H=6m için konsol, eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının numerik analizleri GEO5 yazılımında gerçekleştirilerek elde edilen $F_s(kay)$, $F_s(dev)$ ve $F_s(top)$ güvenlik sayıları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Konsol dayanma duvarlarının numerik analiz sonuçları (H=6 m)

Tasarım No	Konsol dayanma duvarı			Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı			Dişli konsol dayanma duvarı		
	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	0.22	0.35	0.75	0.30	0.36	0.78	0.36	0.36	0.80
2	0.34	0.42	1.09	0.50	0.43	1.15	0.65	0.44	1.21
3	0.52	0.48	1.48	0.81	0.51	1.60	1.12	0.53	1.77
4	0.97	0.53	1.96	1.49	0.59	2.17	2.04	0.65	2.54
5	2.48	3.11	2.18	3.10	3.46	2.46	2.93	3.30	2.43
6	1.08	2.24	1.54	1.67	2.65	1.83	1.38	2.37	1.70
7	0.59	1.36	1.27	0.72	1.41	1.34	0.84	1.44	1.43
8	0.24	0.92	0.84	0.39	0.99	0.92	0.42	0.99	0.96
9	1.15	3.67	1.51	1.76	4.74	1.78	1.54	4.13	1.73
10	0.54	2.55	1.06	0.91	3.04	1.21	0.85	2.88	1.22
11	2.34	6.14	2.10	2.75	6.99	2.38	2.45	6.31	2.22
12	1.11	3.65	1.58	1.29	3.90	1.72	1.22	3.76	1.70
13	3.04	8.31	2.26	3.38	9.67	2.56	3.20	9.04	2.48
14	4.77	11.18	2.67	4.89	12.10	2.87	4.72	11.67	2.82
15	0.57	4.38	1.00	1.04	6.91	1.29	0.74	4.81	1.12
16	0.78	4.94	1.23	1.20	7.03	1.57	0.87	5.19	1.33

4.2. İstatistiki analizler

Konsol, eğik taban yüzü ve dişli konsol dayanma duvarlarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesinde kullanılacak matematiksel modellerin geliştirilmesi için istatistiki analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda matematiksel modelleri oluşturmada kullanılacak ortalama “Sinyal/Gürültü (S/N)” oranları ile birlikte duvar tasarımı için belirlenen tasarım parametrelerinin tasarıma etkisi varyans analizleri ile araştırılmıştır. Ayrıca Taguchi tarafından önerilen optimizasyon analizleri de gerçekleştirilmiştir. Buna ilaveten, geliştirilen matematiksel

modellerin rölâtif hata incelemeleri ve kontrolleri bu bölümde verilmiştir. Rölâtif hata incelemelerinde tüm duvar tipleri için seçilen 4 seviyeli 5 tasarım parametresi tüm kombinasyonlarını karşılayacak şekilde 1024 (4^5) tasarım dikkate alınmıştır.

4.2.1. Konsol dayanma duvarı

Konsol dayanma duvarı tasarımını etkileyen parametrelerin araştırılmasında Çizelge 4.2’ de verilen temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3), duvar ön yüz eğimi (X_4) ve içsel sürtünme açısı ($\emptyset$) kontrol edilebilen parametreler olarak alınmıştır. Çizelge 4.12’de duvar yüksekliği $H=4\text{m}$, $H=6\text{m}$ ve $H=8\text{m}$ olan konsol dayanma duvarları için verilen kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları kullanılarak Taguchi tasarımları istatistik analiz yapan yazılım (Statistica) kullanılarak yapılmıştır. Farklı duvar yükseklikleri için Eşitlik 3.2 ile verilen “En Büyük-En İyi” durumuna göre elde edilmiş Sinyal/Gürültü (S/N) değerleri Çizelge 4.14’te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Konsol dayanma duvarı S/N değerleri

No	Fs(kay)			Fs(dev)			Fs(top)		
	H=4m	H=6m	H=8m	H=4m	H=6m	H=8m	H=4m	H=6m	H=8m
1	-13.152	-13.152	-13.556	-8.874	-9.119	-9.119	-2.499	-2.499	-2.499
2	-9.119	-9.370	-9.630	-7.331	-7.535	-7.744	0.749	0.749	0.668
3	-5.352	-5.680	-5.849	-6.021	-6.375	-6.558	3.405	3.405	3.405
4	0.172	-0.265	-0.537	-4.883	-5.514	-5.680	5.889	5.845	5.801
5	8.028	7.889	7.819	9.911	9.855	9.799	6.848	6.769	6.769
6	0.907	0.669	0.588	7.121	7.005	6.927	3.807	3.750	3.750
7	-4.437	-4.583	-4.731	2.860	2.671	2.607	2.076	2.076	2.076
8	-12.041	-12.396	-12.396	-0.537	-0.724	-0.915	-1.514	-1.514	-1.514
9	1.289	1.214	1.214	11.341	11.293	11.293	3.464	3.580	3.464
10	-5.193	-5.352	-5.352	8.199	8.131	8.131	0.341	0.506	0.341
11	7.495	7.384	7.310	15.862	15.763	15.692	6.486	6.444	6.403
12	1.138	0.907	0.828	11.411	11.246	11.174	4.028	3.973	3.973
13	9.714	9.658	9.629	18.413	18.392	18.382	7.121	7.082	7.044
14	13.661	13.570	13.534	21.015	20.969	20.946	8.659	8.530	8.399
15	-4.731	-4.883	-4.883	12.928	12.829	12.790	0.000	0.000	0.000
16	-2.048	-2.158	-2.270	13.997	13.875	13.822	1.868	1.798	1.798

Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için parametre seviyelerine göre belirlenen ortalama S/N değerleri H=4m, 6m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 4.15, Çizelge 4.16 ve Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. H=4m konsol dayanma duvarı ortalama S/N değerleri

	Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Ortalama S/N
F_s (kay)	X_1	-6.863	-1.886	1.182	4.149	-0.854
	X_2	1.470	0.064	-1.756	-3.195	
	X_3	-1.699	-1.171	-0.611	0.064	
	X_4	-0.697	-0.988	-1.141	-0.591	
	$\emptyset$	-8.779	-3.578	1.602	7.339	
F_s (dev)	X_1	-6.777	4.839	11.703	16.588	6.588
	X_2	7.698	7.251	6.407	4.997	
	X_3	7.026	6.730	6.449	6.147	
	X_4	6.603	6.602	6.521	6.627	
	$\emptyset$	2.929	5.217	7.731	10.476	
F_s (top)	X_1	1.8750	2.8042	3.5417	4.3374	3.140
	X_2	3.7239	3.3237	2.9814	2.5293	
	X_3	2.4052	2.8787	3.4384	3.8360	
	X_4	2.9736	3.1902	3.1157	3.2789	
	$\emptyset$	-0.9181	2.0392	4.5530	6.8843	

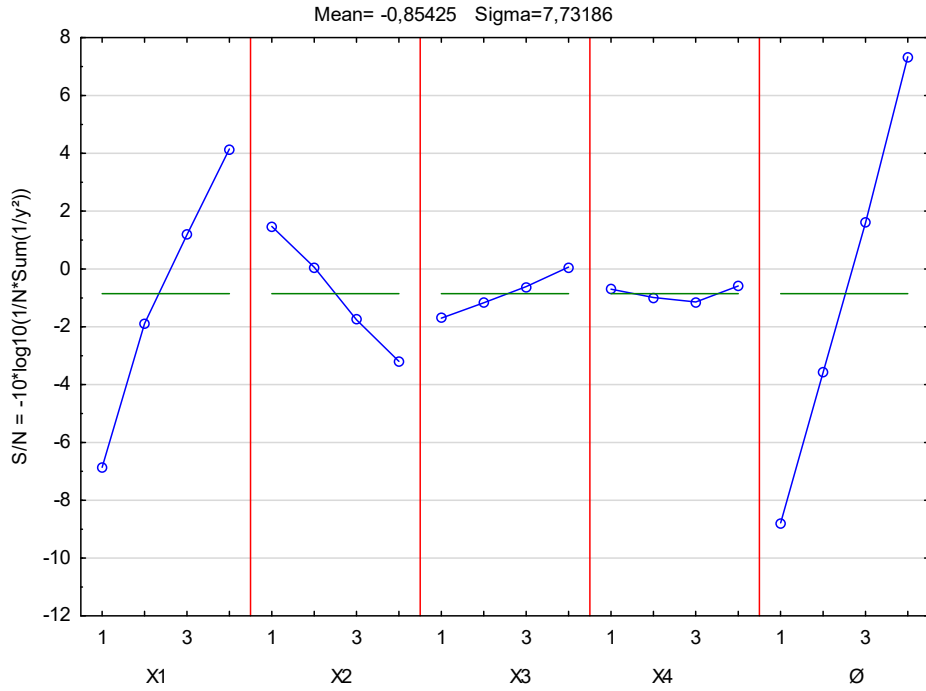
Çizelge 4.16. H=6m konsol dayanma duvarı ortalama S/N değerleri

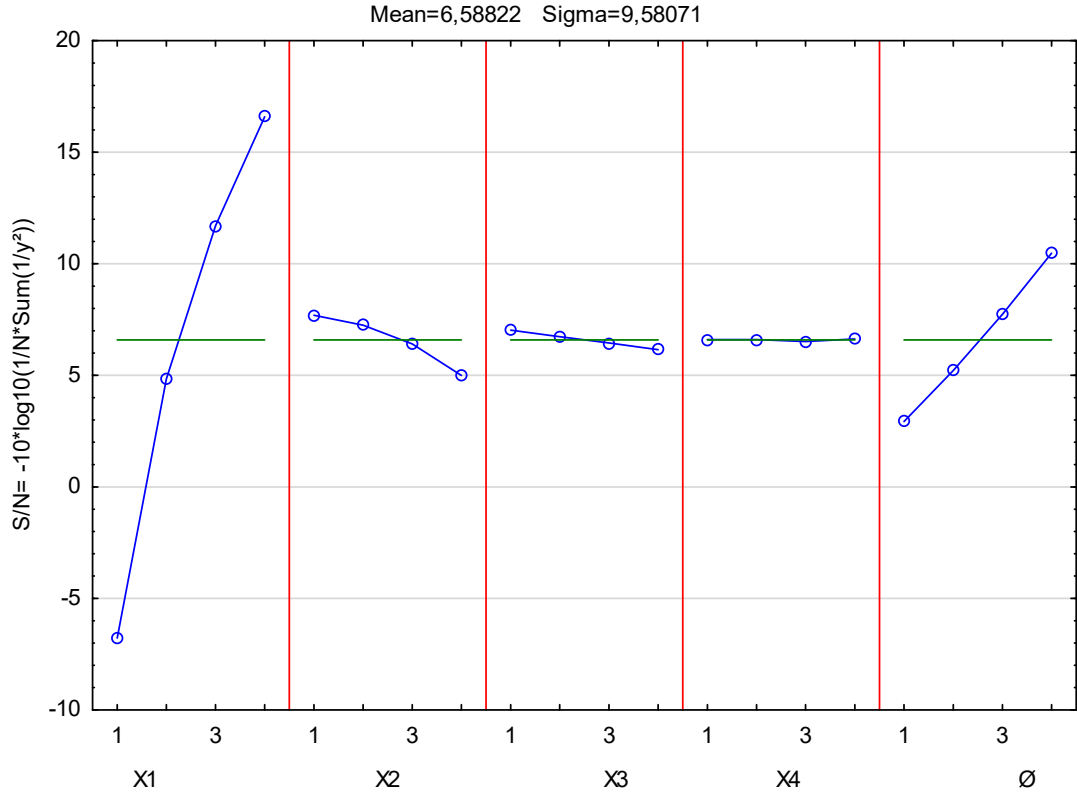
	Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Ortalama S/N
F_s (kay)	X_1	-7.117	-2.105	1.038	4.047	-1.034
	X_2	1.402	-0.121	-1.940	-3.478	
	X_3	-1.814	-1.364	-0.823	-0.136	
	X_4	-0.814	-1.181	-1.325	-0.816	
	$\emptyset$	-8.945	-3.724	1.388	7.145	
F_s (dev)	X_1	-7.136	4.702	11.608	16.516	6.423
	X_2	7.605	7.142	6.222	4.720	
	X_3	6.881	6.599	6.291	5.920	
	X_4	6.442	6.474	6.371	6.403	
	$\emptyset$	2.779	5.076	7.567	10.268	
F_s (top)	X_1	1.875	2.770	3.626	4.353	3.156
	X_2	3.733	3.384	2.981	2.525	
	X_3	2.374	2.873	3.500	3.877	
	X_4	3.020	3.190	3.120	3.294	
	$\emptyset$	-0.877	2.051	4.553	6.897	

Çizelge 4.17. H=8m konsol dayanma duvarı ortalama S/N değerleri

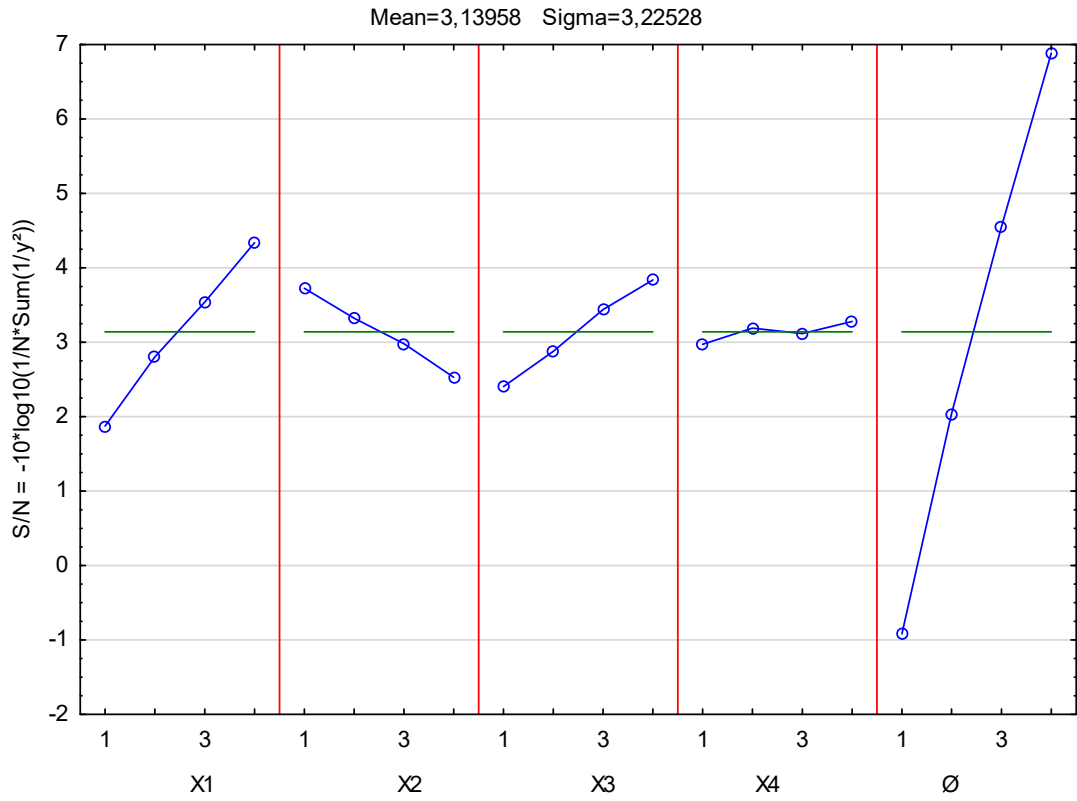
	Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Ortalama S/N
F _s (kay)	X ₁	-7.393	-2.180	1.000	4.003	-1.143
	X ₂	1.276	-0.215	-2.038	-3.594	
	X ₃	-1.982	-1.466	-0.874	-0.248	
	X ₄	-0.981	-1.272	-1.413	-0.905	
	Ø	-9.047	-3.854	1.299	7.031	
F _s (dev)	X ₁	-7.275	4.604	11.573	16.485	6.347
	X ₂	7.589	7.065	6.133	4.600	
	X ₃	6.831	6.505	6.191	5.860	
	X ₄	6.402	6.354	6.298	6.333	
	Ø	2.722	4.994	7.481	10.189	
F _s (top)	X ₁	1.8439	2.7703	3.5451	4.3102	3.117
	X ₂	3.6944	3.2897	2.9711	2.5144	
	X ₃	2.3632	2.8527	3.4384	3.8153	
	X ₄	2.9874	3.1502	3.0783	3.2537	
	Ø	-0.9181	2.0016	4.5431	6.8430	

Konsol dayanma duvar tasarımlarının ortalama S/N oranları değişimleri kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre sırasıyla H=4m için Şekil 4.17, Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’ da, H=6m için Şekil 4.20, Şekil 4.21 ve Şekil 4.22’ de ve H=8m için Şekil 4.23, Şekil 4.24 ve Şekil 4.25’de verilmiştir.

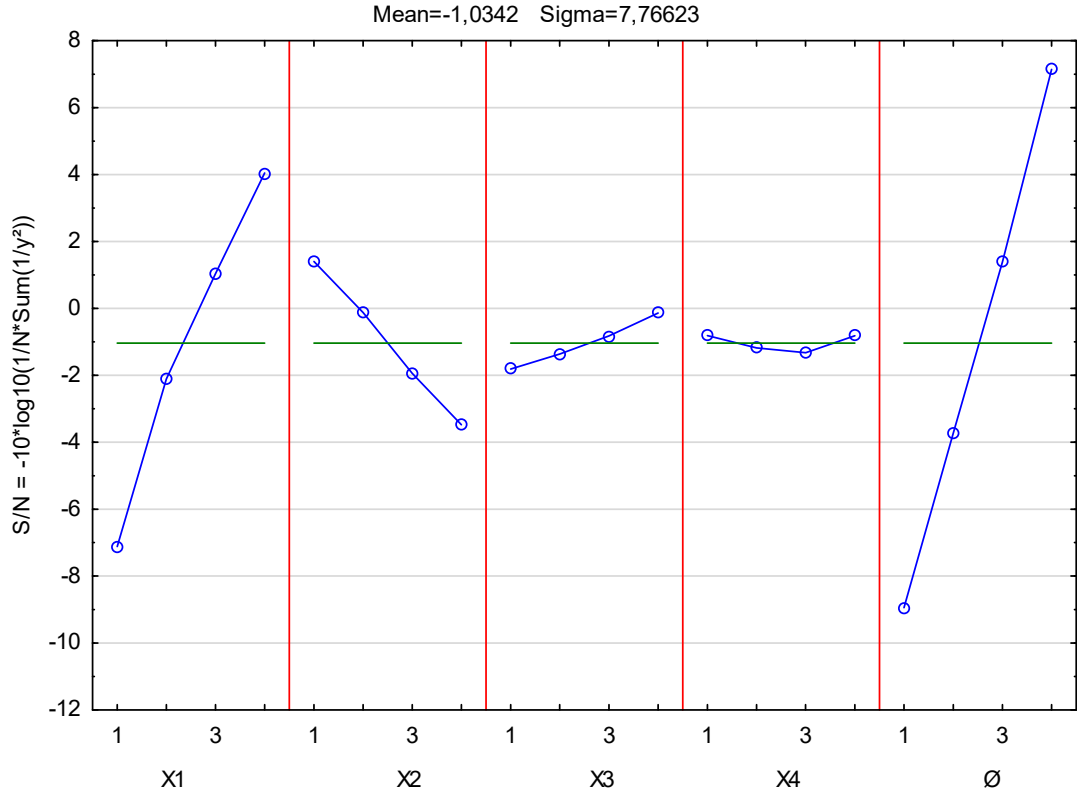
**Şekil 4.17.** Kayma güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=4m



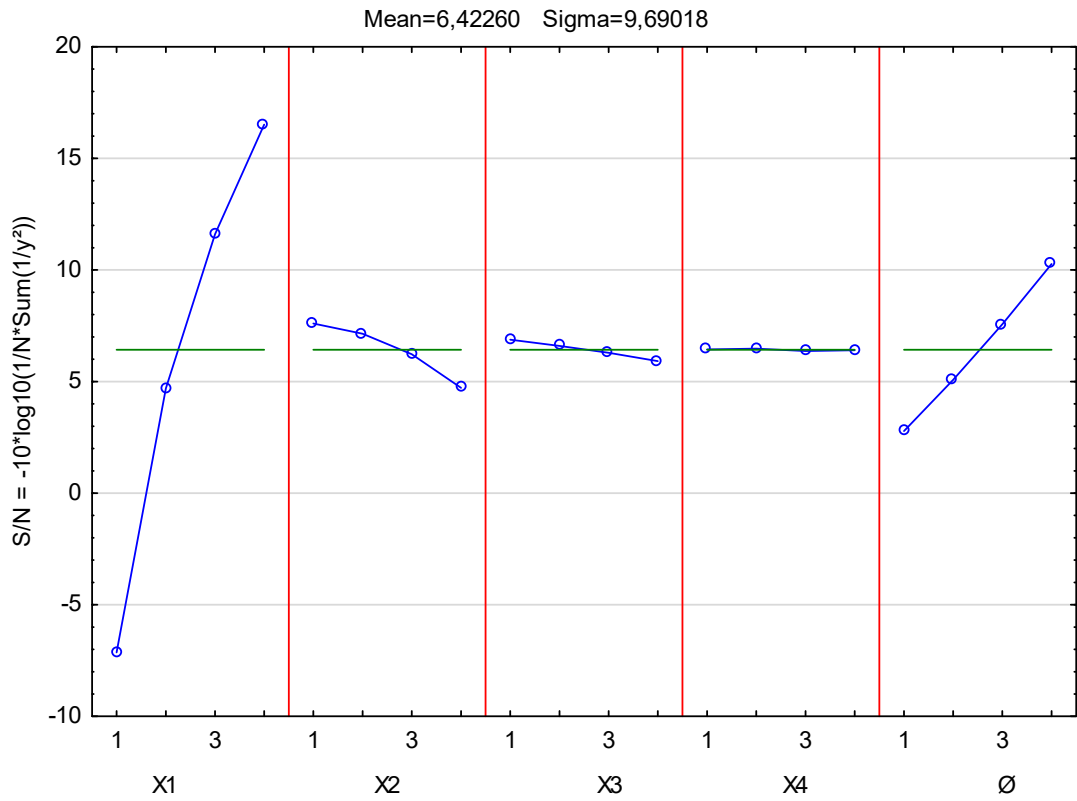
Şekil 4.18. Devrilme güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=4m



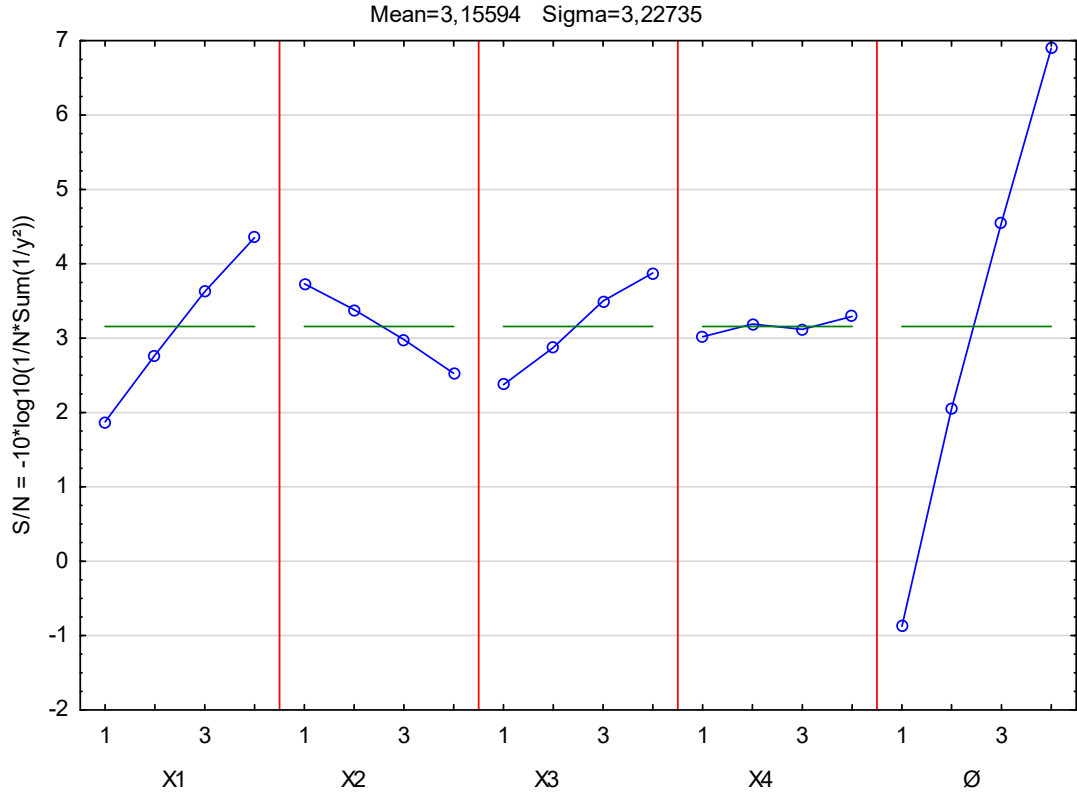
Şekil 4.19. Toptan göçme güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=4m



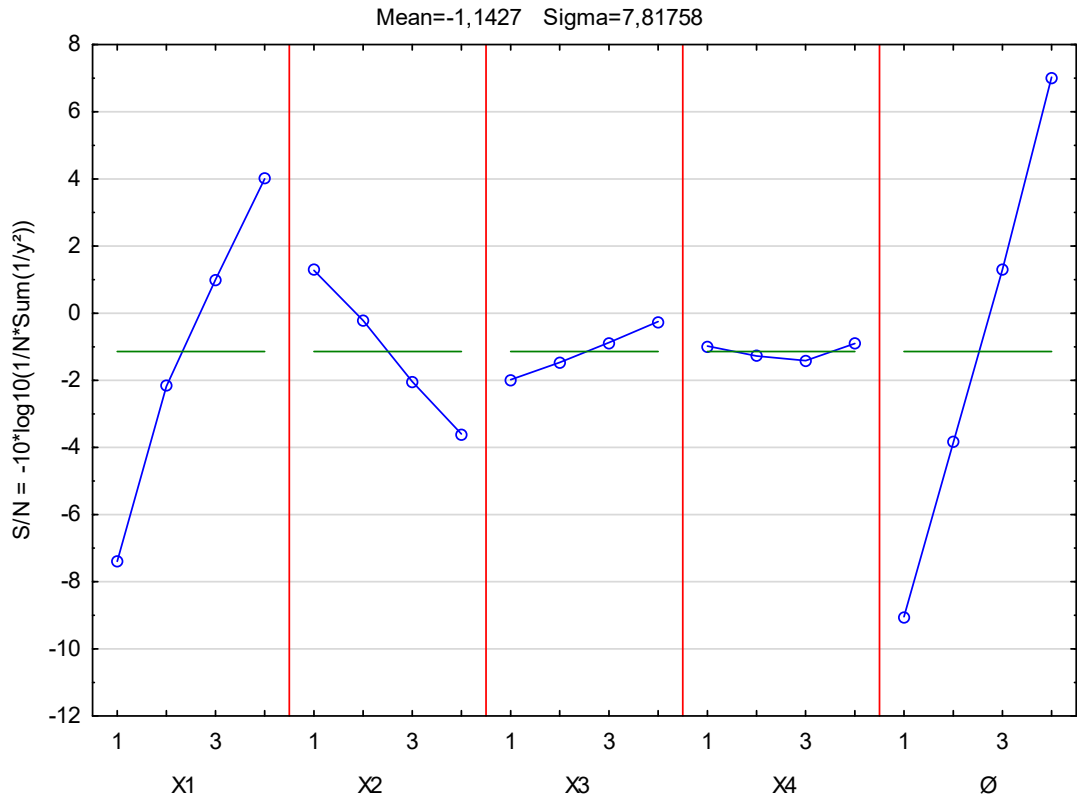
Şekil 4.20. Kayma güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=6m



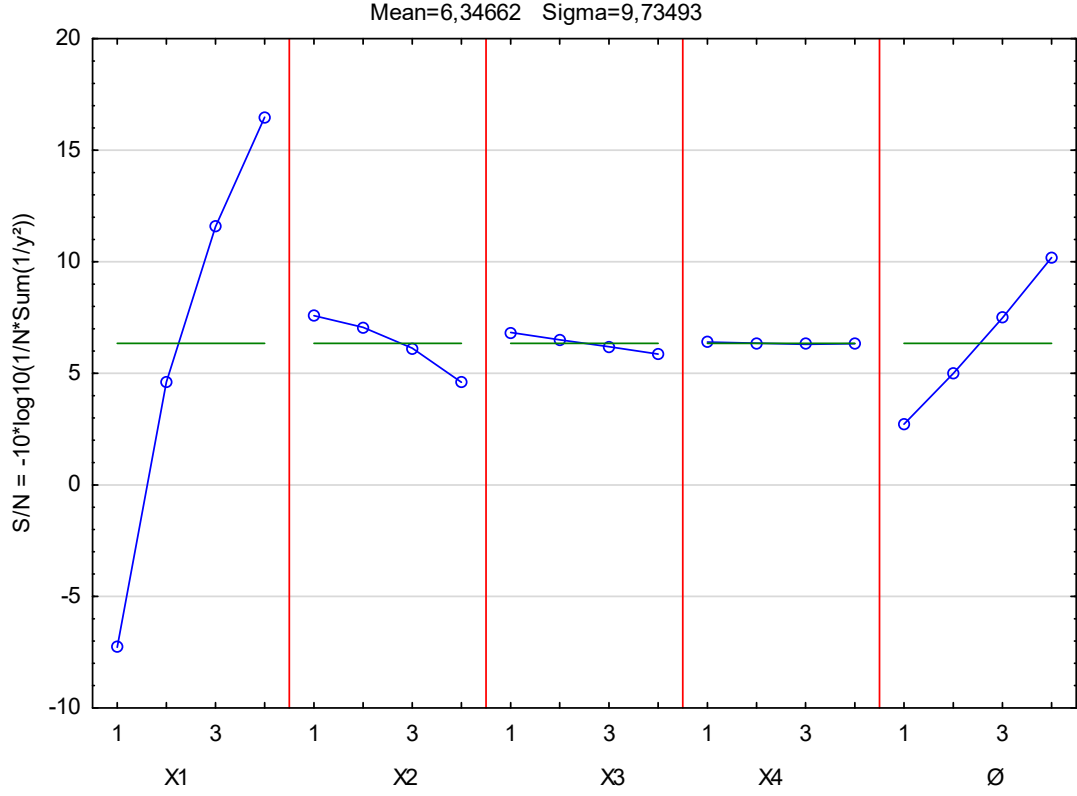
Şekil 4.21. Devrilme güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=6m



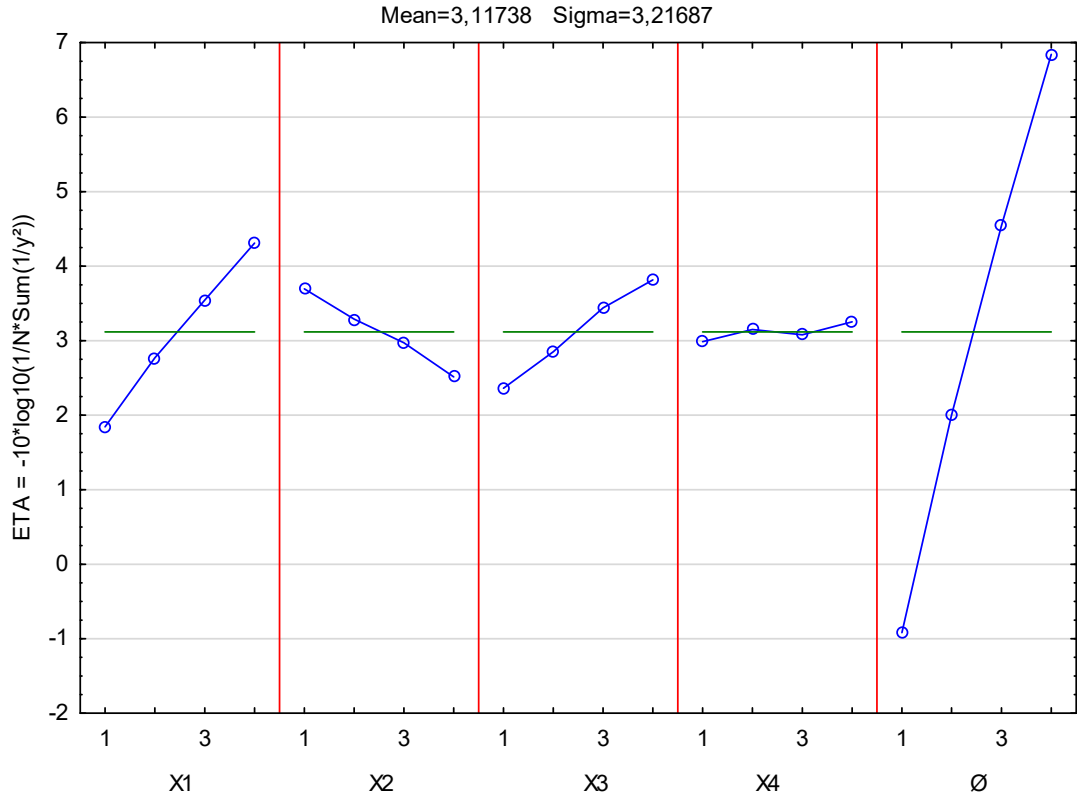
Şekil 4.22. Toptan göçme güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=6m



Şekil 4.23. Kayma güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=8m



Şekil 4.24. Devrilme güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=8m



Şekil 4.25. Toptan göçme güvenlik sayısı-S/N değişimi, H=8m

Tasarım parametrelerinin duvar stabilitesinin sağlanması açısından önemli olan güvenlik sayılarına etki oranları varyans analizi ile bulunmuştur. H=4m, 6m ve 8m için tasarım parametrelerinin güvenlik sayılarına etkileri sırasıyla Çizelge 4.18, Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. H=4m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı varyans analiz sonuçları

	Parametre	Serbestlik Derecesi (DOF)	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans	Etki oranı (P) (%)
F_s (kay)	X_1	3	265.383	88.461	29.595
	X_2	3	50.147	16.716	5.592
	X_3	3	6.869	2.290	0.766
	X_4	3	0.776	0.259	0.087
	$\emptyset$	3	573.550	191.183	63.960
F_s (dev)	X_1	3	1231.399	410.466	89.436
	X_2	3	16.940	5.647	1.230
	X_3	3	1.702	0.567	0.124
	X_4	3	0.025	0.008	0.002
	$\emptyset$	3	126.783	42.261	9.208
F_s (top)	X_1	3	13.232	4.411	8.480
	X_2	3	3.091	1.030	1.981
	X_3	3	4.727	1.576	3.029
	X_4	3	0.200	0.067	0.128
	$\emptyset$	3	134.785	44.928	86.381

Çizelge 4.19. H=6m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı varyans analiz sonuçları

	Parametre	Serbestlik Derecesi (DOF)	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans	Etki oranı (P) (%)
F_s (kay)	X_1	3	273.017	91.006	30.177
	X_2	3	54.253	18.084	5.997
	X_3	3	6.279	2.093	0.694
	X_4	3	0.809	0.270	0.089
	$\emptyset$	3	570.356	190.119	63.043
F_s (dev)	X_1	3	1262.262	420.7541	89.62
	X_2	3	19.420	6.4732	1.38
	X_3	3	2.046	0.6820	0.15
	X_4	3	0.024	0.0080	0.00
	$\emptyset$	3	124.741	41.5803	8.86
F_s (top)	X_1	3	13.769	4.590	8,813
	X_2	3	3.251	1.084	2,081
	X_3	3	5.325	1.775	3,408
	X_4	3	0.160	0.053	0,102
	$\emptyset$	3	133.731	44.577	85,595

Çizelge 4.20. H=8m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı varyans analiz sonuçları

	Parametre	Serbestlik Derecesi (DOF)	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans	Etki oranı (P) (%)
F _s (kay)	X ₁	3	284.818	94.939	31.069
	X ₂	3	54.093	18.031	5.901
	X ₃	3	6.728	2.243	0.734
	X ₄	3	0.690	0.230	0.075
	Ø	3	570.391	190.130	62.221
F _s (dev)	X ₁	3	1274.721	424.907	89.672
	X ₂	3	20.619	6.873	1.450
	X ₃	3	2.081	0.694	0.146
	X ₄	3	0.023	0.008	0.002
	Ø	3	124.088	41.363	8.729
F _s (top)	X ₁	3	13.3921	4.46402	8.63
	X ₂	3	2.9908	0.99692	1.93
	X ₃	3	4.9161	1.63869	3.17
	X ₄	3	0.1523	0.05078	0.10
	Ø	3	133.7721	44.59069	86.18

Farklı duvar yükseklikleri için verilen varyans analiz sonuçları incelendiği zaman kayma ve toptan göçme güvenlik sayılarını en çok etkileyen parametrenin içsel sürtünme açısı olduğu gözlemlenmiştir. Devrilme güvenlik sayısını en çok etkileyen parametrenin ise temel taban genişliği olduğu gözlemlenmiştir. Duvar yüksekliği değişiminin tasarım parametrelerinin etki oranlarında çok etkili olmadığı elde edilen bir diğer sonuçtur.

Taguchi yöntemi optimizasyon analizinde maksimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının elde edileceği parametre seviyeleri ve bu parametre seviye değerleri kullanılarak elde edilecek olan maksimum güvenlik sayıları tahmin edilmiştir. Bu parametre seviyelerine karşılık gelen parametre değerleri kullanılarak GEO 5 yazılımında doğrulama analizleri gerçekleştirilmiştir. Tahmini güvenlik sayıları ve doğrulama analizleri kullanılarak elde edilen rölatif hata değerleri kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre elde edilen optimizasyon sonuçları ile birlikte Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21 incelendiğinde temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, duvar ön yüz eğimi ve içsel sürtünme açısı parametreleri aynı seviye ve değerde tüm güvenlik sayıları için maksimum güvenlik sayısını vermektedir. Maksimum rölatif hata değeri kayma güvenlik sayısı için %6.8 olurken minimum rölatif hata değeri devrilme güvenlik sayısı için %2.1 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.21. H=4m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı için optimizasyon sonuçları

	Parametre	Parametre Seviyesi	Parametre Değeri	Parametre Etki Oranı	Parametre Etki Yüzdesi
F _s (kay)	X ₁ : Temel taban genişliği	4	4m	5.003	29.96
	X ₂ : Ön çıkma mesafesi	1	0.60m	2.324	13.92
	X ₃ : Temel kalınlığı	4	0.60m	0.918	5.50
	X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (%)	4	4.00	0.263	1.58
	Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41	8.193	49.05
	Maksimum kayma güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				16.70
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				15.85
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				6.20
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				6.65
	Rölatif hata (%)				6.8
F _s (dev)	X ₁ : Temel taban genişliği	4	4m	10.000	64.62
	X ₂ : Ön çıkma mesafesi	1	0.60m	1.109	7.17
	X ₃ : Temel kalınlığı	1	0.24m	0.438	2.83
	X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (%)	4	4.00	0.038	0.25
	Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41.00	3.888	25.13
	Maksimum devrilme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				15.47
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				22.06
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				12.68
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				12.95
	Rölatif hata (%)				2.1
F _s (top)	X ₁ : Temel taban genişliği	4	4m	1.198	18.83
	X ₂ : Ön çıkma mesafesi	1	0.60m	0.584	9.18
	X ₃ : Temel kalınlığı	4	0.60m	0.696	10.95
	X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (%)	4	4.00	0.139	2.19
	Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41	3.745	58.86
	Maksimum toptan göçme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				6.36
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				9.50
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				2.99
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				2.91
	Rölatif hata (%)				2.6

Kayma ve toptan göçme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre içsel sürtünme açısı (sırasıyla %49.1-%58.9), ikinci en çok etki eden parametre ise temel taban genişliği (sırasıyla %29.9-%18.8) olmuştur. Devrilme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre %64.6'lık değer ile temel taban genişliği, ikinci en çok etki eden parametre ise %25.1'lik değer ile içsel sürtünme açısıdır. Tüm güvenlik sayıları için tasarımı en az etkileyen ve aynı değere sahip olan parametre duvar ön yüz eğimi olup değeri X₄=%4 olarak elde edilmiştir.

H=6m için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre elde edilen optimizasyon sonuçları Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22 incelendiği zaman, yalnızca temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi ve içsel sürtünme açısı parametrelerinin aynı seviye ve değeri için yapılan tahkiklerde maksimum güvenlik sayıları elde edilmektedir. Maksimum rölatif hata değeri kayma güvenlik sayısı için %7.9 olurken minimum rölatif hata değeri devrilme güvenlik sayısı için %2.0 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.22. H=6m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı için optimizasyon sonuçları

	Parametre	Parametre Seviyesi	Parametre Değeri	Parametre Etki Oranı	Parametre Etki Yüzdesi
F _s (kay)	X ₁ : Temel taban genişliği	4	6m	5.081	30.22
	X ₂ : Ön çıkma mesafesi	1	0.90m	2.436	14.49
	X ₃ : Temel kalınlığı	4	0.90m	0.899	5.34
	X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (%)	1	4.00	0.220	1.31
	Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41	8.179	48.64
	Maksimum kayma güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				16.82
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				15.78
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				6.15
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				6.68
	Rölatif hata (%)				7.9
F _s (dev)	X ₁ : Temel taban genişliği	4	6m	10.094	64.57
	X ₂ : Ön çıkma mesafesi	1	0.90m	1.183	7.57
	X ₃ : Temel kalınlığı	1	0.36m	0.458	2.93
	X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (%)	2	1.00	0.051	0.33
	Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41.00	3.846	24.60
	Maksimum devrilme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				15.63
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				22.05
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				12.67
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				12.93
	Rölatif hata (%)				2.0
F _s (top)	X ₁ : Temel taban genişliği	4	6m	1.197	18.77
	X ₂ : Ön çıkma mesafesi	1	0.90m	0.577	9.05
	X ₃ : Temel kalınlığı	4	0.90m	0.721	11.32
	X ₄ : Duvar ön yüz eğimi (%)	4	4.00	0.138	2.16
	Ø: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41	3.741	58.69
	Maksimum toptan göçme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				6.37
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				9.53
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				3.00
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				2.90
	Rölatif hata (%)				3.3

Kayma ve toptan göçme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre içsel sürtünme açısı (sırasıyla %48.6-%58.7), ikinci en çok etki eden parametre ise temel taban genişliği (sırasıyla %30.2-%18.8) olmuştur. Devrilme güvenlik sayısına en çok

etki eden parametre %64.6'lık değer ile temel taban genişliği, ikinci en çok etki eden parametre ise %24.6'lık değer ile içsel sürtünme açısıdır. Tüm güvenlik sayıları için tasarımı en az etkileyen parametre duvar n yüz eğimi, X_4 dir.

$H=8m$ için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre elde edilen optimizasyon sonuçları izelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. $H=8m$ duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı için optimizasyon sonuçları

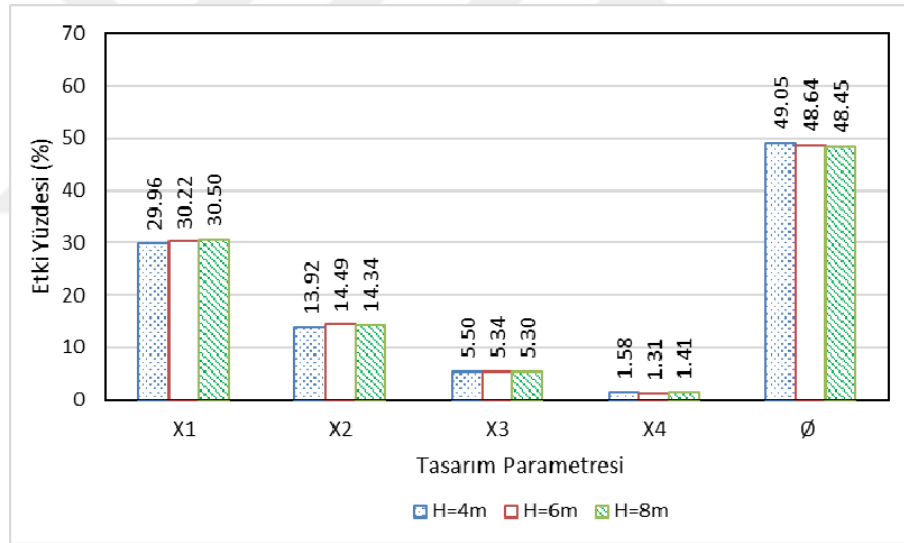
Parametre	Parametre Seviyesi	Parametre Değeri	Parametre Etki Oranı	Parametre Etki Yüzdesi
X_1 : Temel taban genişliği	4	8m	5.145	30.50
X_2 : n çıkma mesafesi	1	1.20m	2.419	14.34
X_3 : Temel kalınlığı	4	1.20m	0.895	5.30
X_4 : Duvar n yüz eğimi (%)	4	4.00	0.238	1.41
$\emptyset$: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41	8.174	48.45
F_s (kay)	Maksimum kayma güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi			16.87
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri			15.73
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)			6.12
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)			6.58
	Rölatif hata (%)			7.1
X_1 : Temel taban genişliği	4	8m	10.138	64.32
X_2 : n çıkma mesafesi	1	1.20m	1.242	7.88
X_3 : Temel kalınlığı	1	0.48m	0.484	3.07
X_4 : Duvar n yüz eğimi (%)	1	0.00	0.055	0.35
$\emptyset$: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41.00	3.843	24.38
F_s (dev)	Maksimum devrilme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi			15.76
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri			22.05
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)			12.67
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)			12.91
	Rölatif hata (%)			1.9
X_1 : Temel taban genişliği	4	8m	1.193	18.85
X_2 : n çıkma mesafesi	1	1.20m	0.577	9.12
X_3 : Temel kalınlığı	4	1.20m	0.698	11.03
X_4 : Duvar n yüz eğimi (%)	4	4.00	0.136	2.15
$\emptyset$: İçsel sürtünme açısı (°)	4	41	3.726	58.86
F_s (top)	Maksimum toptan göçme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi			6.33
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri			9.45
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)			2.97
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)			2.89
	Rölatif hata (%)			2.7

Çizelge 4.23 incelendiği zaman, yalnızca temel taban genişliği, n çıkma mesafesi ve içsel sürtünme açısı parametrelerinin aynı seviye ve değeri için yapılan tahkiklerde maksimum güvenlik sayıları elde edilmektedir. Maksimum rölatif hata

değeri kayma güvenlik sayısı için %7.1 olurken minimum rölatif hata değeri devrilme güvenlik sayısı için %1.9 olarak bulunmuştur.

Kayma ve toptan göçme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre içsel sürtünme açısı (sırasıyla %48.5-%58.9), ikinci en çok etki eden parametre ise temel taban genişliği (sırasıyla %30.5-%18.9) olmuştur. Devrilme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre %64.3 lik değer ile temel taban genişliği, ikinci en çok etki eden parametre ise %24.4 lük değer ile içsel sürtünme açısıdır. Tüm güvenlik sayıları için tasarımı en az etkileyen parametre duvar ön yüz eğimi, X_4 dir.

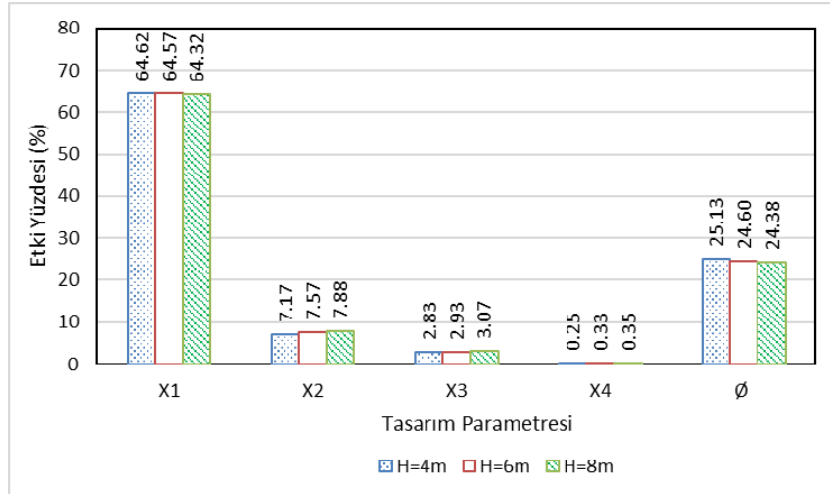
İstatistiksel analiz sonucu; kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için elde edilen parametre etki yüzdesi Şekil 4.26, Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’ de gösterilmiştir. Bu şekillerde sunulan grafikler incelendiğinde farklı duvar yükseklik değerleri için tasarım parametrelerin sonuca etkisinin birbirine yakın olduğu görülmüştür.



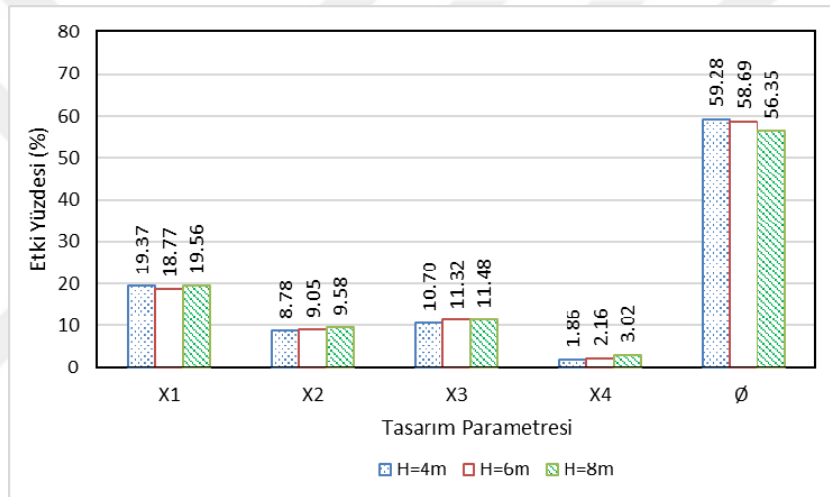
Şekil 4.26. Kayma güvenlik sayısı için parametre etki yüzdeleri

Şekil 4.30’da Taguchi optimizasyon sonucu elde edilen rölatif hata değerleri farklı duvar yükseklikleri ve güvenlik sayıları için verilmiştir.

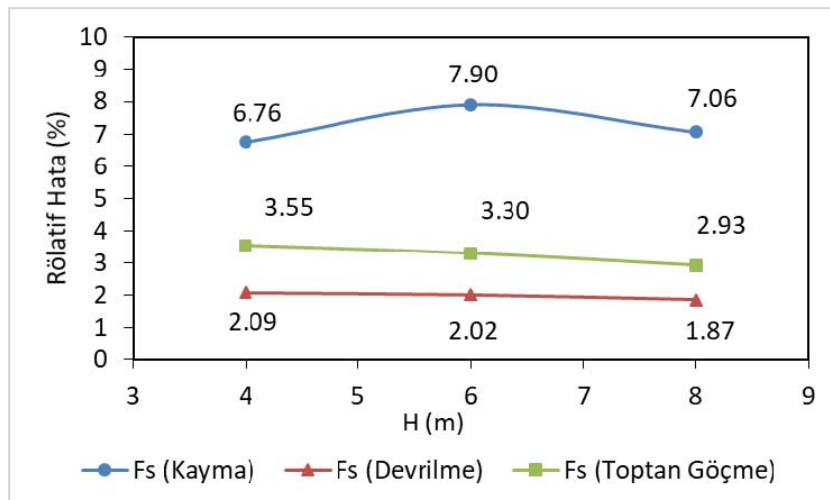
Farklı konsol dayanma duvar yüksekliğine bağlı rölatif hata değişimleri incelendiği zaman kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının yakın rölatif hata değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Farklı duvar yüksekliklerinde yakın sonuçlar elde edilmesi sebebiyle eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvar tasarımı analizler sadece H=6 m için yapılmıştır.



Şekil 4.27. Devrilme güvenlik sayısı için parametre etki yüzdeleri



Şekil 4.28. Toptan göçme güvenlik sayısı için parametre etki yüzdeleri



Şekil 4.29. Optimizasyon sonucu farklı duvar yükseklikleri için rölatif hata değerleri

4.2.2. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı

Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı tasarımını etkileyen parametrelerin araştırılmasında Çizelge 4.3'te verilen temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı(X_3), taban eğimi (m) ve içsel sürtünme açısı ($\emptyset$) kontrol edilebilen parametreler olarak alınmıştır.

Taguchi tasarımları Çizelge 4.13'te H=6m duvar yüksekliği için verilen eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları kullanılarak “En Büyük-En İyi” (Eşitlik 3.2) durumuna göre elde edilmiş S/N değerleri Çizelge 4.24'te verilmiştir.

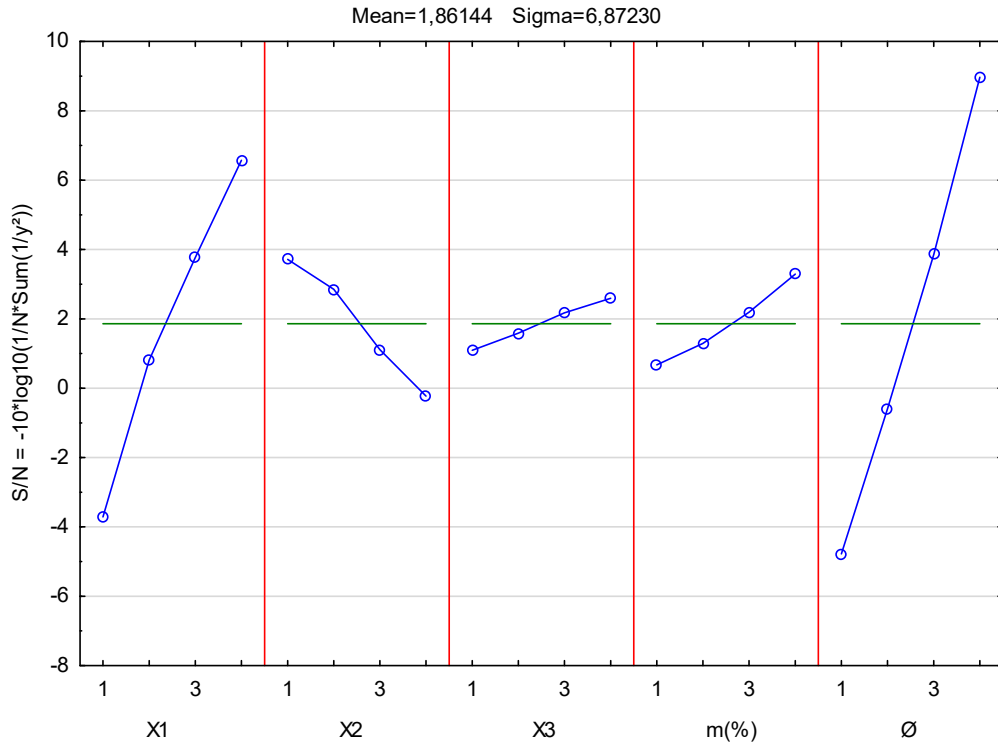
Çizelge 4.24. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı S/N değerleri

No	Fs (Kayma)	Fs (Devrilme)	Fs (Top. Göç.)
1	-10.458	-8.874	-2.158
2	-6.021	-7.331	1.214
3	-1.830	-5.849	4.082
4	3.464	-4.583	6.729
5	9.827	10.782	7.819
6	4.454	8.465	5.249
7	-2.853	2.984	2.542
8	-8.179	-0.087	-0.724
9	4.910	13.516	5.008
10	-0.819	9.657	1.656
11	8.787	16.890	7.532
12	2.212	11.821	4.711
13	10.578	19.709	8.165
14	13.786	21.656	9.158
15	0.341	16.790	2.212
16	1.584	16.939	3.918

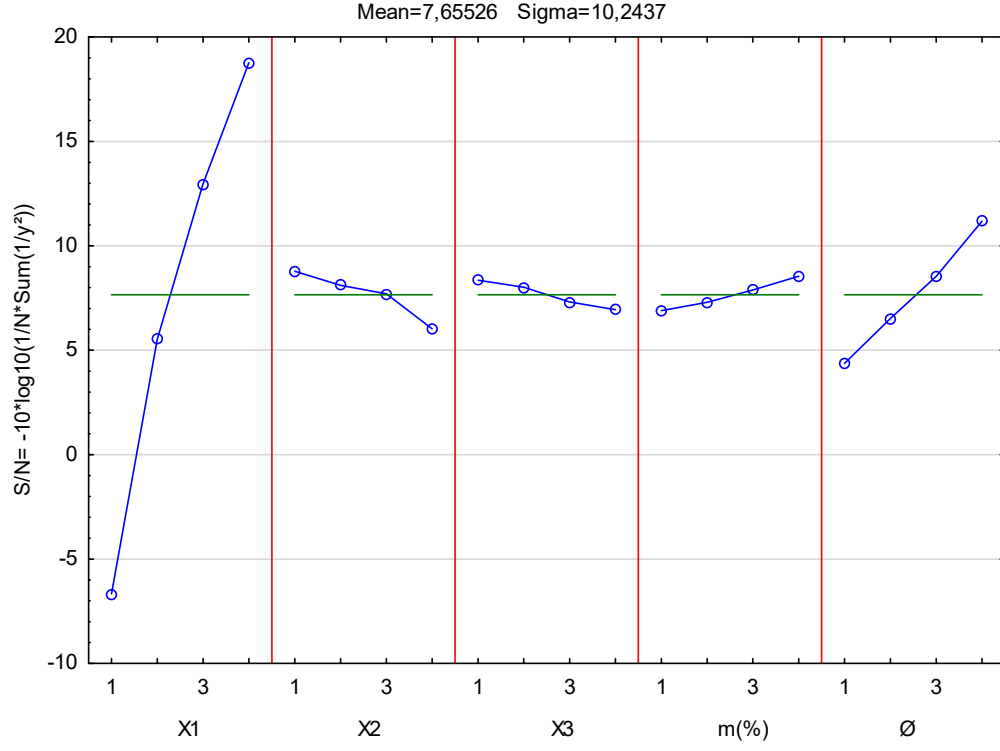
Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının ortalama S/N değerleri Çizelge 4.25'te ve ortalama S/N değerlerinin grafiksel değişimi sırasıyla Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32' de verilmiştir.

Çizelge 4.25. H=6m eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı ortalama S/N değerleri

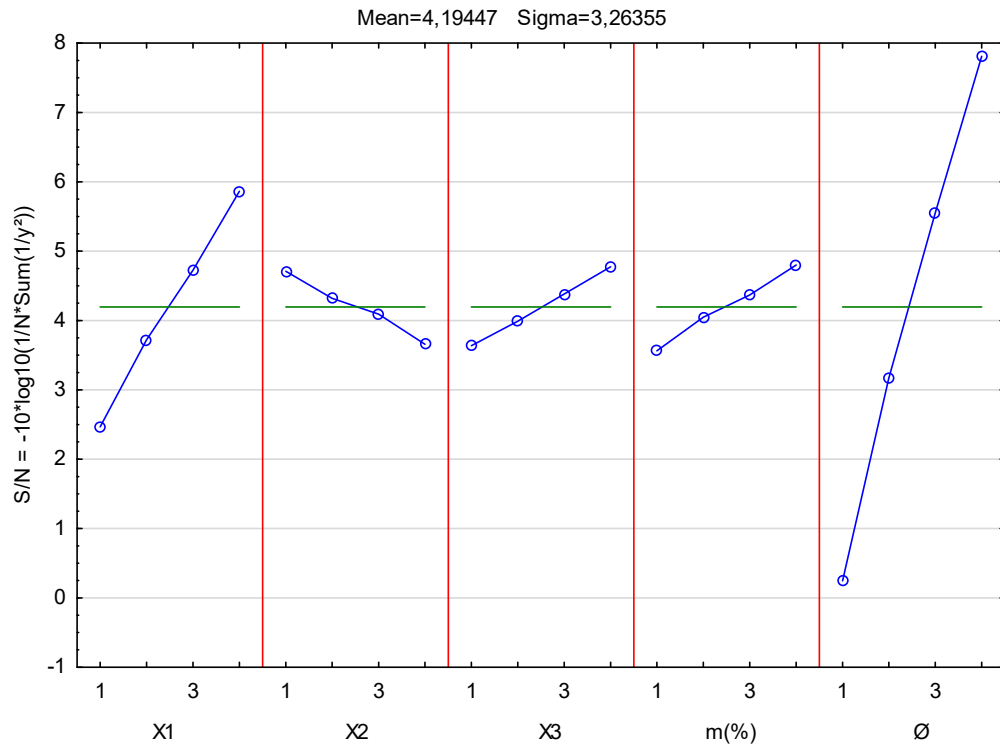
	Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Ortalama S/N
F_s (kay)	X_1	-3.711	0.812	3.772	6.572	1.861
	X_2	3.715	2.850	1.111	-0.230	
	X_3	1.092	1.590	2.172	2.592	
	m	0.672	1.291	2.190	3.292	
	$\emptyset$	-4.779	-0.595	3.854	8.966	
F_s (dev)	X_1	-6.659	5.536	12.971	18.773	7.655
	X_2	8.783	8.112	7.704	6.023	
	X_3	8.355	8.015	7.309	6.942	
	m	6.897	7.295	7.882	8.547	
	$\emptyset$	4.371	6.527	8.537	11.186	
F_s (top)	X_1	2.467	3.721	4.727	5.863	4.194
	X_2	4.708	4.319	4.092	3.658	
	X_3	3.635	3.989	4.381	4.773	
	m	3.563	4.047	4.369	4.800	
	$\emptyset$	0.246	3.171	5.552	7.809	



Şekil 4.30. Kayma güvenlik sayısı-S/N değişimi



Şekil 4.31. Devrilme güvenlik sayısı-S/N değişimi



Şekil 4.32. Toptan göçme güvenlik sayısı-S/N değişimi

Ayrıca, eğik taban yüzölçü konsol dayanma duvarı tasarımını etkileyen parametrelerin etki oranı varyans analizi ile elde edilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. H=6m duvar yüksekliğine sahip eğik taban yüzölçü konsol dayanma duvarı için varyans analiz sonuçları

	Parametre	Serbestlik Derecesi (DOF)	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans	Etki oranı (P) (%)
F_s (kay)	X_1	3	231.991	77.330	32.747
	X_2	3	37.394	12.465	5.279
	X_3	3	5.187	1.729	0.732
	m	3	15.583	5.194	2.200
	$\emptyset$	3	418.272	139.424	59.042
F_s (dev)	X_1	3	1445.027	481.6756	91.805
	X_2	3	16.593	5.5310	1.054
	X_3	3	4.993	1.6642	0.317
	m	3	6.205	2.0684	0.394
	$\emptyset$	3	101.194	33.7315	6.429
F_s (top)	X_1	3	25.1029	8.3676	15.7127
	X_2	3	2.3104	0.7701	1.4462
	X_3	3	2.8986	0.9662	1.8143
	m	3	3.2685	1.0895	2.0459
	$\emptyset$	3	126.1811	42.0604	78.9809

Taguchi tarafından önerilen optimizasyon metoduna göre maksimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını veren optimum koşullar Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27 incelendiği zaman, temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, taban eğimi ve içsel sürtünme açısı parametrelerinin aynı seviye ve değerlerinde maksimum güvenlik sayıları elde edilmektedir. Maksimum rölatif hata değeri kayma güvenlik sayısı için %17.8 olurken minimum rölatif hata değeri toptan göçme güvenlik sayısı için %2.3 olarak bulunmuştur.

Kayma ve toptan göçme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre içsel sürtünme açısı (sırasıyla %44.88-%51.78), ikinci en çok etki eden parametre ise temel taban genişliği (sırasıyla %29.76-%23.90) olmuştur. Devrilme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre %64.02’lik değer ile temel taban genişliği, ikinci en çok etki eden parametre ise %20.33’lük değer ile içsel sürtünme açısıdır. Tüm güvenlik sayıları için tasarımı en az etkileyen parametre temel kalınlığı, (X_3) olmuştur.

Çizelge 4.27. H=6m duvar yüksekliğine sahip eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı optimizasyon sonuçları

	Parametre	Parametre Seviyesi	Parametre Değeri	Parametre Etki Oranı	Etki Yüzdesi
F _s (kay)	X ₁ : Temel Taban Genişliği	4	6m	4.711	29,76
	X ₂ : Ön Çıkma Mesafesi	1	0.90m	1.853	11,71
	X ₃ : Temel Kalınlığı	4	0.90m	0.731	4,62
	m: Taban Eğimi (%)	4	26.00	1.431	9,04
	Ø: İçsel Sürtünme Açısı (°)	4	41	7.105	44,88
	Maksimum kayma güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				15.83
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				17.69
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				7.67
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				6.51
	Rölatif hata (%)				17.8
	X ₁ : Temel Taban Genişliği	4	6m	11.118	64.02
	X ₂ : Ön Çıkma Mesafesi	1	0.90m	1.128	6.49
	X ₃ : Temel Kalınlığı	1	0.36m	0.700	4.03
	m: Taban Eğimi (%)	4	26.00	0.892	5.13
F _s (dev)	Ø: İçsel Sürtünme Açısı (°)	4	41.00	3.531	20.33
	Maksimum devrilme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				17.37
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				25.02
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				17.83
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				20.05
	Rölatif hata (%)				11.1
	X ₁ : Temel Taban Genişliği	4	6m	1.669	23.90
	X ₂ : Ön Çıkma Mesafesi	1	0.90m	0.514	7.36
	X ₃ : Temel Kalınlığı	4	0.90m	0.578	8.29
	m: Taban Eğimi (%)	4	26.00	0.605	8.67
	Ø: İçsel Sürtünme Açısı (°)	4	41	3.615	51.78
	Maksimum toptan göçme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				6.98
	Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				11.18
	Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				3.62
	Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F _s (maks)				3.54
	Rölatif hata (%)				2.3

4.2.3. Dişli konsol dayanma duvarı

Dişli konsol dayanma tasarımını etkileyen parametrelerin araştırılmasında Çizelge 4.4'te verilen temel taban genişliği (X₁), ön çıkma mesafesi (X₂), temel kalınlığı (X₃), dış yüksekliği (X₅) ve içsel sürtünme açısı (Ø) kontrol edilebilen parametreler olarak alınmıştır.

Taguchi tasarımları Çizelge 4.13'te H=6m duvar yüksekliği için verilen dişli konsol dayanma duvarı kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları kullanılarak

“En Büyük-En İyi” (Eşitlik 3.2) durumuna göre elde edilmiş S/N değerleri Çizelge 4.28’de verilmiştir.

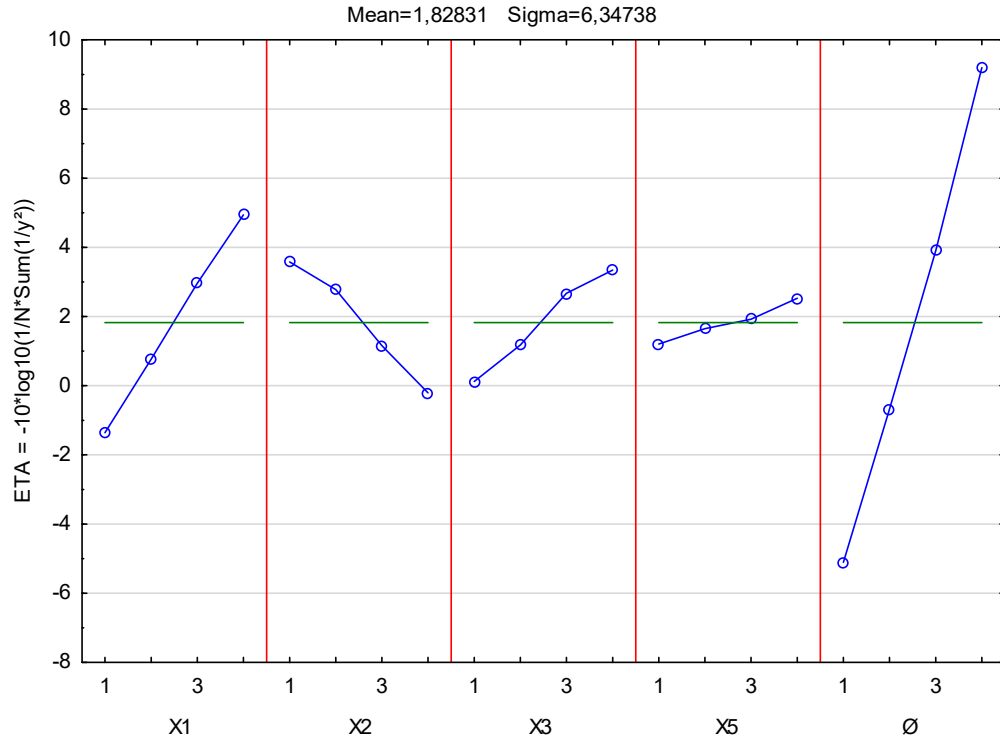
Çizelge 4.28. Dişli konsol dayanma duvarı S/N değerleri

No	F _s (Kayma)	F _s (Devrilme)	F _s (Top. Göç.)
1	-11.372	-8.874	-1.938
2	-5.514	-7.131	1.656
3	2.007	-5.514	4.959
4	31.345	-3.742	8.097
5	18.350	10.370	7.712
6	3.973	7.495	4.609
7	-2.158	3.167	3.107
8	-10.172	-0.087	-0.355
9	6.769	12.319	4.761
10	-2.270	9.188	1.727
11	9.513	16.014	6.927
12	2.076	11.504	4.609
13	18.475	19.123	8.028
14	19.672	21.334	9.127
15	-3.478	13.661	0.984
16	-1.412	14.303	2.477

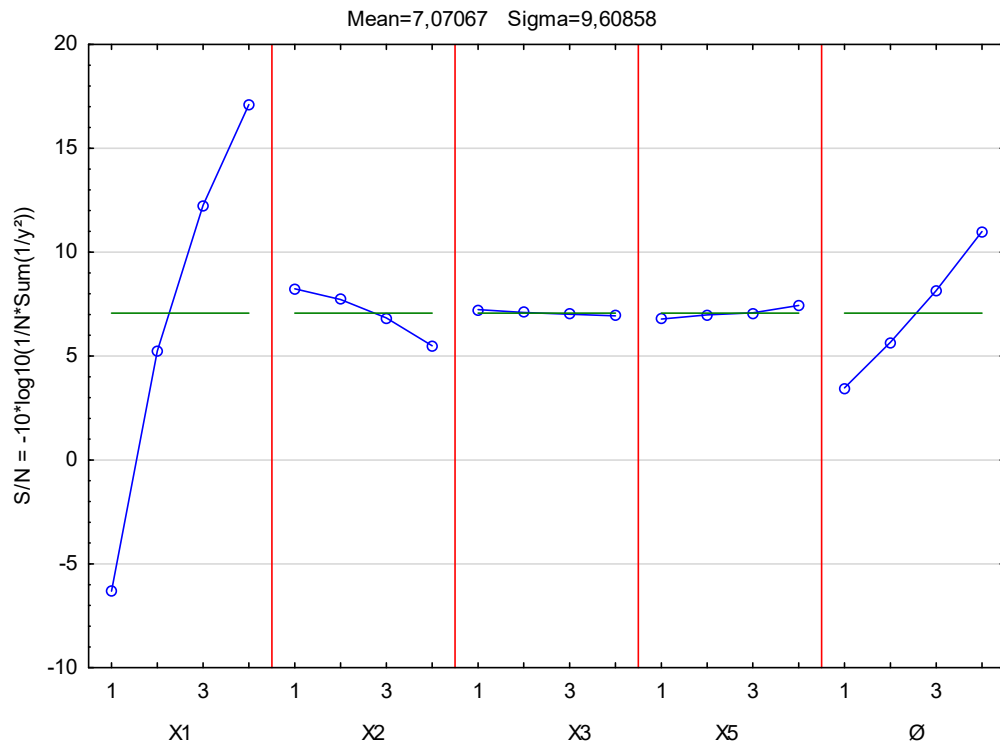
Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının ortalama S/N değerleri Çizelge 4.29’da ve ortalama S/N değerlerinin grafiksel değişimi sırasıyla Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35’ de verilmiştir.

Çizelge 4.29. H=6m dişli konsol dayanma duvarı ortalama S/N değerleri

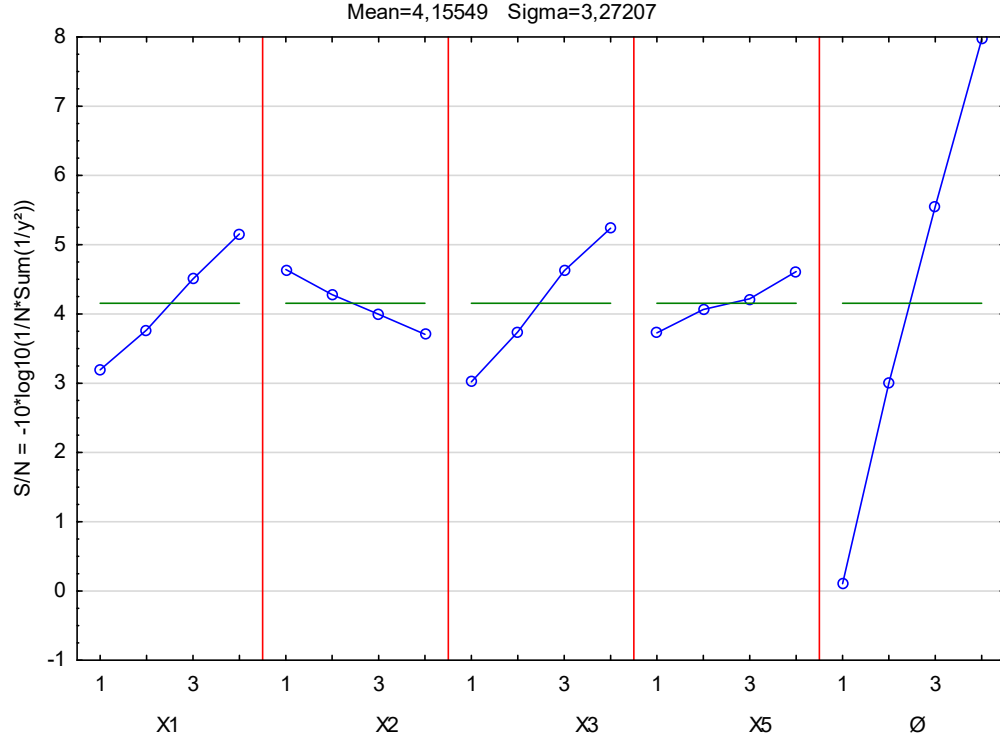
	Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Ortalama S/N
F _s (kay)	X ₁	-1.360	0.771	2.962	4.939	1.828
	X ₂	3.579	2.781	1.159	-0.206	
	X ₃	0.124	1.177	2.670	3.342	
	X ₅	1.204	1.652	1.925	2.531	
	Ø	-5.109	-0.679	3.903	9.198	
F _s (dev)	X ₁	-6.315	5.236	12.256	17.105	7.071
	X ₂	8.235	7.721	6.832	5.495	
	X ₃	7.235	7.101	7.013	6.934	
	X ₅	6.783	6.980	7.087	7.433	
	Ø	3.472	5.665	8.152	10.994	
F _s (top)	X ₁	3.193	3.768	4.506	5.154	4.155
	X ₂	4.641	4.280	3.994	3.707	
	X ₃	3.019	3.740	4.623	5.240	
	X ₅	3.726	4.064	4.219	4.613	
	Ø	0.105	3.000	5.551	7.966	



Şekil 4.33. Kayma güvenlik sayısı-S/N değişimi



Şekil 4.34. Devrilme güvenlik sayısı-S/N değişimi



Şekil 4.35. Toptan göçme güvenlik sayısı-S/N değişimi

Dişli konsol dayanma duvarı tasarımı etkileyen parametrelerin etki oranı varyans analizi ile elde edilmiş olup sonuçlar Çizelge 4.30’da verilmiştir. Taguchi tarafından önerilen optimizasyon metoduna göre maksimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını veren optimum koşullar Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.30. H=6m duvar yüksekliğine sahip dişli konsol dayanma duvarı için varyans analiz sonuçları

	Parametre	Serbestlik Derecesi (DOF)	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans	Etki oranı (P) (%)
F_s (kay)	X_1	3	88.976	29.659	14.723
	X_2	3	34.238	11.413	5.665
	X_3	3	25.313	8.438	4.189
	X_5	3	3.695	1.232	0.611
	$\emptyset$	3	452.117	150.706	74.812
F_s (dev)	X_1	3	1240.538	413.5128	89.578
	X_2	3	17.279	5.7595	1.248
	X_3	3	0.199	0.0664	0.014
	X_5	3	0.892	0.2972	0.064
	$\emptyset$	3	125.966	41.9885	9.096
F_s (top)	X_1	3	8.783	2.928	5.469
	X_2	3	1.912	0.637	1.190
	X_3	3	11.436	3.812	7.121
	X_5	3	1.623	0.541	1.011
	$\emptyset$	3	136.843	45.614	85.209

Çizelge 4.31. H=6m duvar yüksekliğine sahip dişli konsol dayanma duvarı optimizasyon sonuçları

Parametre	Parametre Seviyesi	Parametre Değeri	Parametre Etki Oranı	Etki Yüzdesi
F_s (kay)				
X ₁ : Temel Taban Genişliği	4	6m	3.111	21.53
X ₂ : Ön Çıkma Mesafesi	1	0,90m	1.751	12.12
X ₃ : Temel Kalınlığı	4	0,90m	1.514	10.48
X ₅ : Diş Yüksekliği	4	1,08m	0.703	4.87
Ø: İçsel Sürtünme Açısı (°)	4	41	7.370	51.01
Maksimum kayma güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				14.45
Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				16.28
Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)				6.51
Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)				6.11
Rölatif hata (%)				6.6
F_s (dev)				
X ₁ : Temel Taban Genişliği	4	6m	10.035	64.12
X ₂ : Ön Çıkma Mesafesi	1	0,90m	1.164	7.44
X ₃ : Temel Kalınlığı	1	0,36m	0.164	1.05
X ₅ : Diş Yüksekliği	4	0,432m	0.363	2.32
Ø: İçsel Sürtünme Açısı (°)	4	41	3.924	25.07
Maksimum devrilme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				15.65
Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				22.72
Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)				13.68
Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)				13.55
Rölatif hata (%)				0.9
F_s (top)				
X ₁ : Temel Taban Genişliği	4	6m	0.999	14.61
X ₂ : Ön Çıkma Mesafesi	1	0,90m	0.485	7.10
X ₃ : Temel Kalınlığı	4	0,90m	1.084	15.86
X ₅ : Diş Yüksekliği	4	1,08m	0.457	6.69
Ø: İçsel Sürtünme Açısı (°)	4	41	3.810	55.74
Maksimum toptan göçme güvenlik sayısı için parametrelerin toplam etkisi				6.84
Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				10.99
Bu seviyelerde beklenen maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)				3.54
Doğrulama analizi ile bulunan maksimum güvenlik sayısı F_s (maks)				3.33
Rölatif hata (%)				6.4

Çizelge 4.31 incelendiği zaman, temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, diş yüksekliği ve içsel sürtünme açısı parametrelerinin aynı seviye ve değerlerinde maksimum güvenlik sayıları elde edilmektedir. Maksimum rölatif hata değeri kayma güvenlik sayısı için %6.6 olurken minimum rölatif hata değeri devrilme güvenlik sayısı için %0.9 olarak bulunmuştur.

Kayma ve toptan göçme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre içsel sürtünme açısı (sırasıyla %51.01-%55.74) olmuştur. Kayma güvenlik sayısını ikinci en çok etki eden parametre %21.53 lük değer ile temel taban genişliği, toptan göçme

güvenlik sayısını ikinci en çok etkileyen parametre ise %15.86'lık değer ile temel kalınlığı olmuştur. Devrilme güvenlik sayısına en çok etki eden parametre %64.12'lik değer ile temel taban genişliği, ikinci en çok etki eden parametre ise %25.07'lik değer ile içsel sürtünme açısıdır. Kayma ve toptan göçme güvenlik sayıları için tasarımı en az etkileyen parametre dış yüksekliği ($X_5=1.08$ m) iken, devrilme güvenlik sayısını en az etkileyen parametre temel kalınlığı ($X_3= 0.36$ m) olarak bulunmuştur.

4.3. Konsol dayanma duvarı matematiksel model

Konsol dayanma duvarlarının numerik analizlerle elde edilen güvenlik sayıları kullanarak parametre seviyelerine göre ortalama S/N değerleri belirlenmiştir. Güvenlik sayılarının belirlenmesinde kullanılacak olan matematiksel modeller Çizelge 4.16'da verilen ortalama S/N değerleri kullanılarak geliştirilmiştir. Faydalı matematiksel modellerin geliştirilmesinde farklı fonksiyonlardan faydalanılmıştır.

Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının ortalama S/N oranları kullanılarak geliştirilen matematiksel modelin genel ifadesi Eşitlik 4.7 ile verilmiştir. Geliştirilen bu matematiksel model her güvenlik sayısı için ayrı olarak belirlenen λ katsayısına göre kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının hesaplanmasında kullanılacaktır.

$$F_s = \sqrt{\frac{1}{10^{-\lambda/10}}} \quad (4.7)$$

$$\lambda = \psi_B + \psi_{B_{on}} + \psi_d + \psi_m + \psi_\phi + \Delta \quad (4.8)$$

Burada, λ toplam etki katsayısı olup detayı Eşitlik 4.8 ile verilmiştir. Δ katsayısı ortalama S/N değeri olup H=4m, 6m ve 8m duvar yükseklikleri ve kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için ayrı olarak Çizelge 4.32 ile verilmiştir.

Çizelge 4.32. Farklı duvar yükseklikleri ve güvenlik katsayıları için Δ katsayıları

Duvar yüksekliği	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
H=4m	-0.854	6.588	3.140
H=6m	-1.034	6.423	3.156
H=8m	-1.143	6.347	3.117

ψ_B , $\psi_{B_{\text{ön}}}$, ψ_d , ψ_m ve ψ_{ϕ} sırasıyla temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, temel kalınlığı, duvar ön yüz eğimi ve içsel sürtünme açısı tasarım parametrelerine karşılık gelen etki katsayılarıdır. Her bir etki katsayısının alt-üst limitleri ile birlikte detaylı açıklamaları ve matematiksel ifadeleri $H=4\text{m}$ için Çizelge 4.33'te, $H=6\text{m}$ için Çizelge 4.34'te ve $H=8\text{m}$ için Çizelge 4.35'te verilmiştir. Çizelgelerde, matematiksel model kullanılarak hesaplanan kayma güvenlik sayısı, $F_m(\text{kay})$, devrilme güvenlik sayısı, $F_m(\text{dev})$ ve toptan göçme güvenlik sayısı, $F_m(\text{top})$ olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 4.33. $H=4\text{m}$ duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı matematiksel model etki katsayıları

Parametre	Güvenlik sayısı	Matematiksel model
$(B/H)=0.25-1.0$	$F_m(\text{kay})$	$\psi_B = 19.273(B/H)^3 - 44.176(B/H)^2 + 44.607(B/H) - 14.8706$
	$F_m(\text{dev})$	$\psi_B = 29.568(B/H)^3 - 82.36(B/H)^2 + 95.296(B/H) - 31.1856$
	$F_m(\text{top})$	$\psi_B = 2.6654(B/H)^3 - 5.5314(B/H)^2 + 6.699(B/H) - 2.007$
$(B_{\text{ön}}/B)=0.15-0.60$	$F_m(\text{kay})$	$\psi_{B_{\text{ön}}} = 39.335(B_{\text{ön}}/B)^3 - 44.61(B_{\text{ön}}/B)^2 + 4.5059(B_{\text{ön}}/B) + 2.3485$
	$F_m(\text{dev})$	$\psi_{B_{\text{ön}}} = -8.3936(B_{\text{ön}}/B)^3 - 1.2668(B_{\text{ön}}/B)^2 - 1.0854(B_{\text{ön}}/B) + 2.6466$
	$F_m(\text{top})$	$\psi_{B_{\text{ön}}} = -8.2801(B_{\text{ön}}/B)^3 + 8.7367(B_{\text{ön}}/B)^2 - 5.2955(B_{\text{ön}}/B) + 1.8379$
$(d/H)=0.06-0.10$	$F_m(\text{kay})$	$\psi_d = 512.41(d/H)^3 - 120.69(d/H)^2 + 26.955(d/H) - 2.3095$
	$F_m(\text{dev})$	$\psi_d = -234.06(d/H)^3 + 72.168(d/H)^2 - 16.706(d/H) + 2.5488$
	$F_m(\text{top})$	$\psi_d = -1531.9(d/H)^3 + 461.46(d/H)^2 - 27.236(d/H) + 0.1977$
$m=0.00-0.04$	$F_m(\text{kay})$	$\psi_m = 18615m^3 + 125.42m^2 - 32.14m - 0.0140$
	$F_m(\text{dev})$	$\psi_m = 20917m^3 - 1021.4m^2 + 7.9752m + 1.3325$
	$F_m(\text{top})$	$\psi_m = 49384m^3 - 2936.7m^2 + 46.085m + 0.4619$
$\phi=20^\circ-41^\circ$	$F_m(\text{kay})$	$\psi_{\phi} = 16.92(\tan\phi)^3 - 40.142(\tan\phi)^2 + 61.022(\tan\phi) - 25.8046$
	$F_m(\text{dev})$	$\psi_{\phi} = -3.2359(\tan\phi)^3 + 3.4653(\tan\phi)^2 + 14.56(\tan\phi) - 7.9443$
	$F_m(\text{top})$	$\psi_{\phi} = 14.401(\tan\phi)^3 - 38.654(\tan\phi)^2 + 45.764(\tan\phi) - 15.6607$

Çizelge 4.34. H=6m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı matematiksel model etki katsayıları

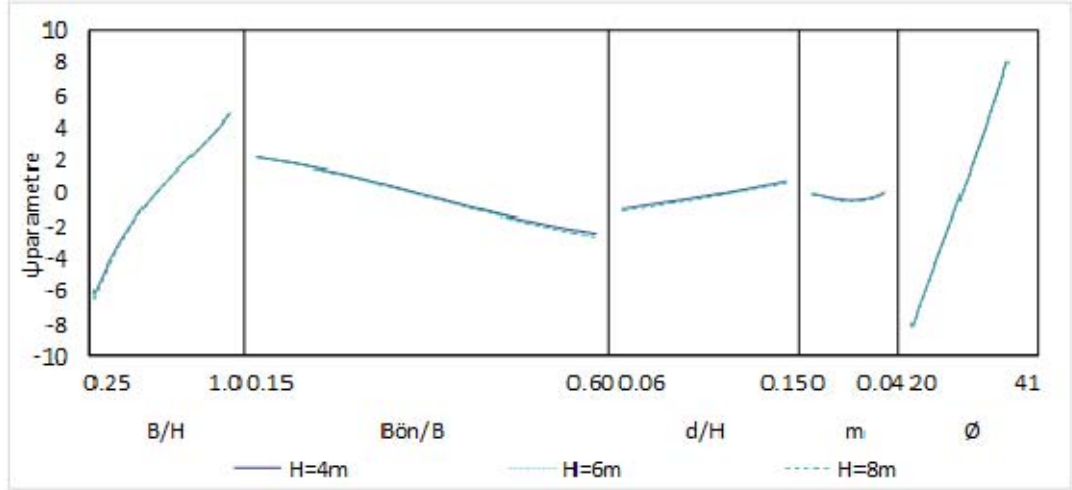
Parametre	Güvenlik sayısı	Matematiksel model
(B/H)=0.25-1.0	Fm(kay)	$\psi_B = 18.486(B/H)^3 - 42.672(B/H)^2 + 43.961(B/H) - 14.9016$
	Fm(dev)	$\psi_B = 31.275(B/H)^3 - 86.36(B/H)^2 + 98.437(B/H) - 31.9741$
	Fm(top)	$\psi_B = -0.9481(B/H)^3 + 1.104(B/H)^2 + 3.1679(B/H) - 1.4958$
(B _{ön} /B)=0.15-0.60	Fm(kay)	$\psi_{B_{ön}} = 28.534(B_{ön}/B)^3 - 32.262(B_{ön}/B)^2 - 0.1304(B_{ön}/B) + 2.8788$
	Fm(dev)	$\psi_{B_{ön}} = -6.1339(B_{ön}/B)^3 - 4.6395(B_{ön}/B)^2 - 0.0334(B_{ön}/B) + 2.5975$
	Fm(top)	$\psi_{B_{ön}} = -0.0165(B_{ön}/B)^3 - 1.1675(B_{ön}/B)^2 - 1.8(B_{ön}/B) + 1.5046$
(d/H)=0.06-0.10	Fm(kay)	$\psi_d = 334.17(d/H)^3 - 39.307(d/H)^2 + 15.177(d/H) - 1.8281$
	Fm(dev)	$\psi_d = -226.44(d/H)^3 + 46.681(d/H)^2 - 12.536(d/H) + 2.376$
	Fm(top)	$\psi_d = -2336.4(d/H)^3 + 702.1(d/H)^2 - 48.723(d/H) + 0.7493$
m=0.00-0.04	Fm(kay)	$\psi_m = 5415.9m^3 + 950.03m^2 - 46.71m + 0.0130$
	Fm(dev)	$\psi_m = 26766m^3 - 1478m^2 + 15.336m + 1.3036$
	Fm(top)	$\psi_m = 43197m^3 - 2498.5m^2 + 37.666m + 0.4955$
Ø=20°-41°	Fm(kay)	$\psi_{\phi} = 23.23(\tan\phi)^3 - 51.682(\tan\phi)^2 + 67.598(\tan\phi) - 26.9956$
	Fm(dev)	$\psi_{\phi} = -2.4364(\tan\phi)^3 + 1.584(\tan\phi)^2 + 15.801(\tan\phi) - 8.2024$
	Fm(top)	$\psi_{\phi} = 14.299(\tan\phi)^3 - 38.059(\tan\phi)^2 + 45.098(\tan\phi) - 15.4637$

Tüm konsol dayanma duvar gövde yükseklikleri için elde edilen parametre etki katsayılarının matematiksel modelin tanımlı olduğu parametrenin alt-üst sınırları içinde değişimi kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre sırasıyla Şekil 4.36, Şekil 4.37 ve Şekil 4.38’de verilmiştir. Bu grafikler incelendiği zaman H=4m, H=6m ve H=8m için geliştirilen matematiksel modellerin yaklaşık olarak aynı güvenlik sayı değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Bu sebeple H=6m için geliştirilen matematiksel modelin H=4-8m arasında yükseklikler için de kullanılabilir olduğu görülmüştür.

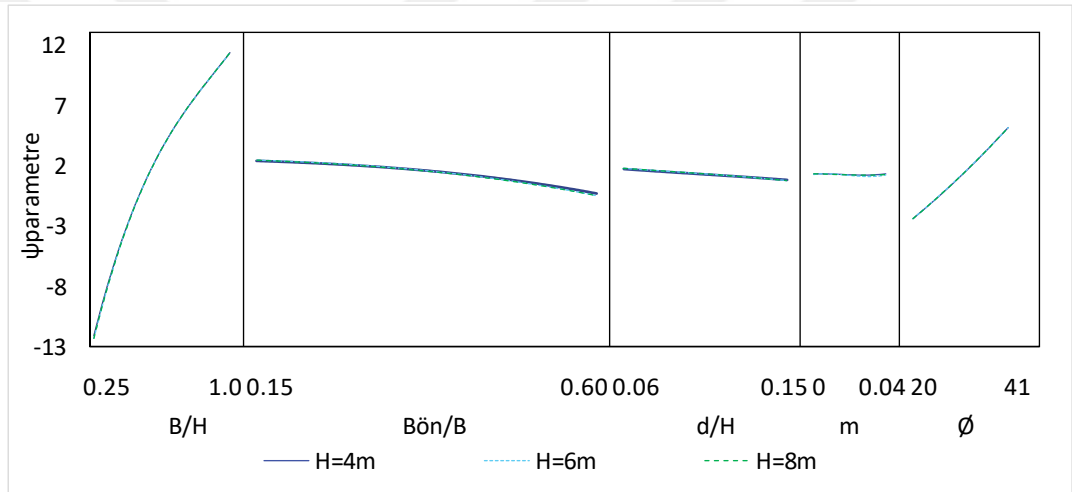
Çizelge 4.35. H=8m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı matematiksel model etki katsayıları

Parametre	Güvenlik sayısı	Matematiksel model
(B/H)=0.25-1.0	Fm(kay)	$\psi_B = 19.788(B/H)^3 - 45.943(B/H)^2 + 46.65(B/H) - 15.5789$
	Fm(dev)	$\psi_B = 30.455(B/H)^3 - 84.974(B/H)^2 + 97.925(B/H) - 31.9993$
	Fm(top)	$\psi_B = 1.5133(B/H)^3 - 3.4825(B/H)^2 + 5.6554(B/H) - 1.8698$
(B _{ön} /B)=0.15-0.60	Fm(kay)	$\psi_{B_{ön}} = 29.58(B_{ön}/B)^3 - 33.99(B_{ön}/B)^2 + 0.6932(B_{ön}/B) + 2.7516$
	Fm(dev)	$\psi_{B_{ön}} = -9.5026(B_{ön}/B)^3 - 0.5141(B_{ön}/B)^2 - 1.766(B_{ön}/B) + 2.8201$
	Fm(top)	$\psi_{B_{ön}} = -11.073(B_{ön}/B)^3 + 11.88(B_{ön}/B)^2 - 6.3005(B_{ön}/B) + 1.9157$
(d/H)=0.06-0.10	Fm(kay)	$\psi_d = -264.15(d/H)^3 + 113.88(d/H)^2 + 4.6242(d/H) - 1.6984$
	Fm(dev)	$\psi_d = -191.25(d/H)^3 + 58.654(d/H)^2 - 16.392(d/H) + 2.5669$
	Fm(top)	$\psi_d = -1883.2(d/H)^3 + 561.92(d/H)^2 - 35.767(d/H) + 0.3992$
m=0.00-0.04	Fm(kay)	$\psi_m = 14331m^3 + 315.35m^2 - 33.626m - 0.0672$
	Fm(dev)	$\psi_m = 6887.4m^3 - 241.13m^2 - 3.1091m + 1.3246$
	Fm(top)	$\psi_m = 42630m^3 - 2452.1m^2 + 36.535m + 0.4935$
Ø=20°-41°	Fm(kay)	$\psi_{\phi} = 18.338(\tan\phi)^3 - 42.673(\tan\phi)^2 + 62.355(\tan\phi) - 26.0589$
	Fm(dev)	$\psi_{\phi} = -2.9937(\tan\phi)^3 + 2.8948(\tan\phi)^2 + 14.814(\tan\phi) - 7.9866$
	Fm(top)	$\psi_{\phi} = 9.8747(\tan\phi)^3 - 30.275(\tan\phi)^2 + 40.801(\tan\phi) - 14.7279$

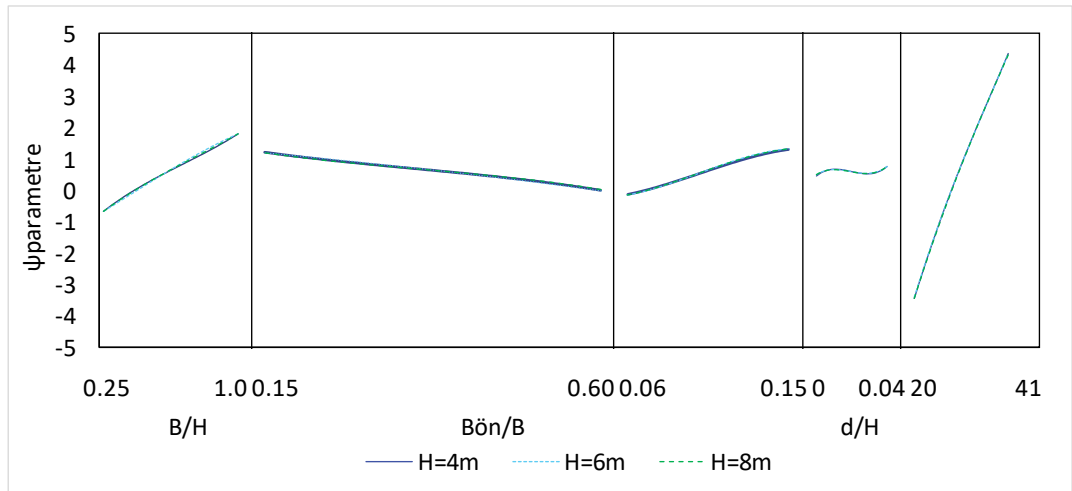
Verilen matematiksel modellerde ψ_B , duvar yüksekliğine bağlı temel taban genişliği etki katsayısına, $\psi_{B_{ön}}$, temel taban genişliğine bağlı ön çıkma mesafesi etki katsayısına, ψ_d , duvar yüksekliğine bağlı temel kalınlığı etki katsayısına, ψ_m , duvar ön yüz eğimi etki katsayısına ve ψ_{ϕ} , içsel sürtünme açısı etki katsayısına karşılık gelmektedir. B, temel taban genişliği, B_{ön}, ön çıkma mesafesi, d, temel kalınlığı, m, duvar ön yüz eğimi ve Ø, içsel sürtünme açısı olarak tanımlanmıştır.



Şekil 4.36. Kayma güvenlik sayısı parametre etki katsayılarının yüksekliğe göre değişimi



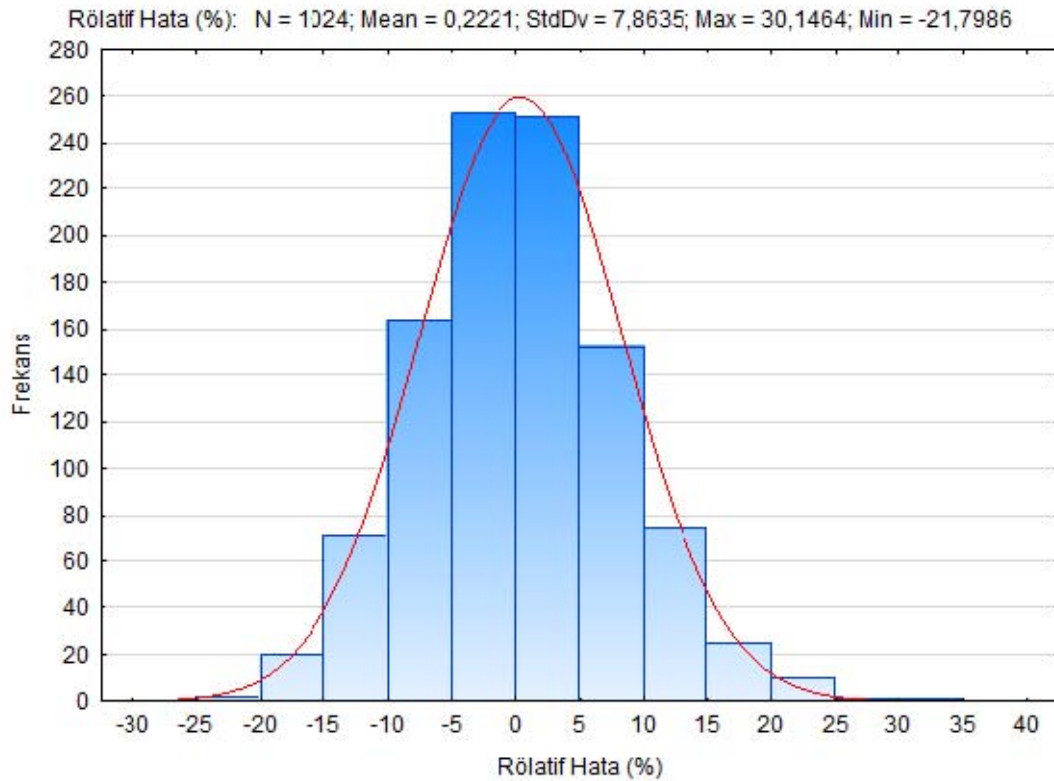
Şekil 4.37. Devrilme güvenlik sayısı parametre etki katsayılarının yüksekliğe göre değişimi



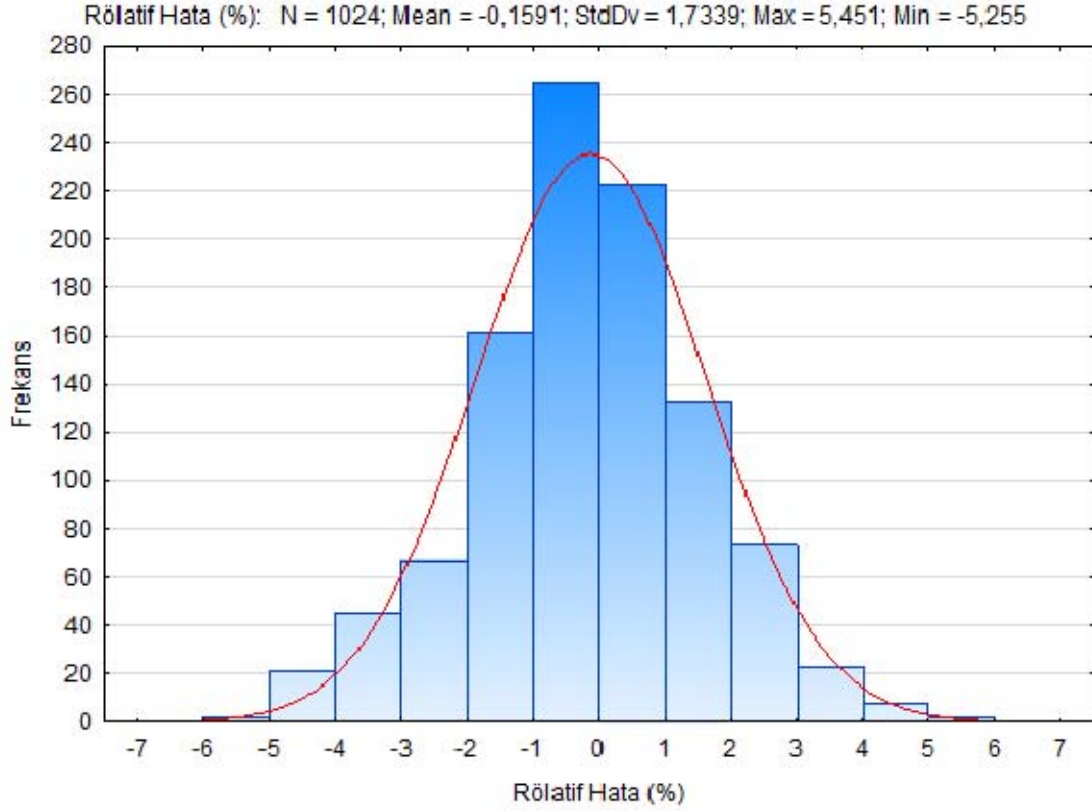
Şekil 4.38. Toptan göçme güvenlik sayısı parametre etki katsayılarının yüksekliğe göre değişimi

4.3.1. Matematiksel modelde rölatif hata incelemesi

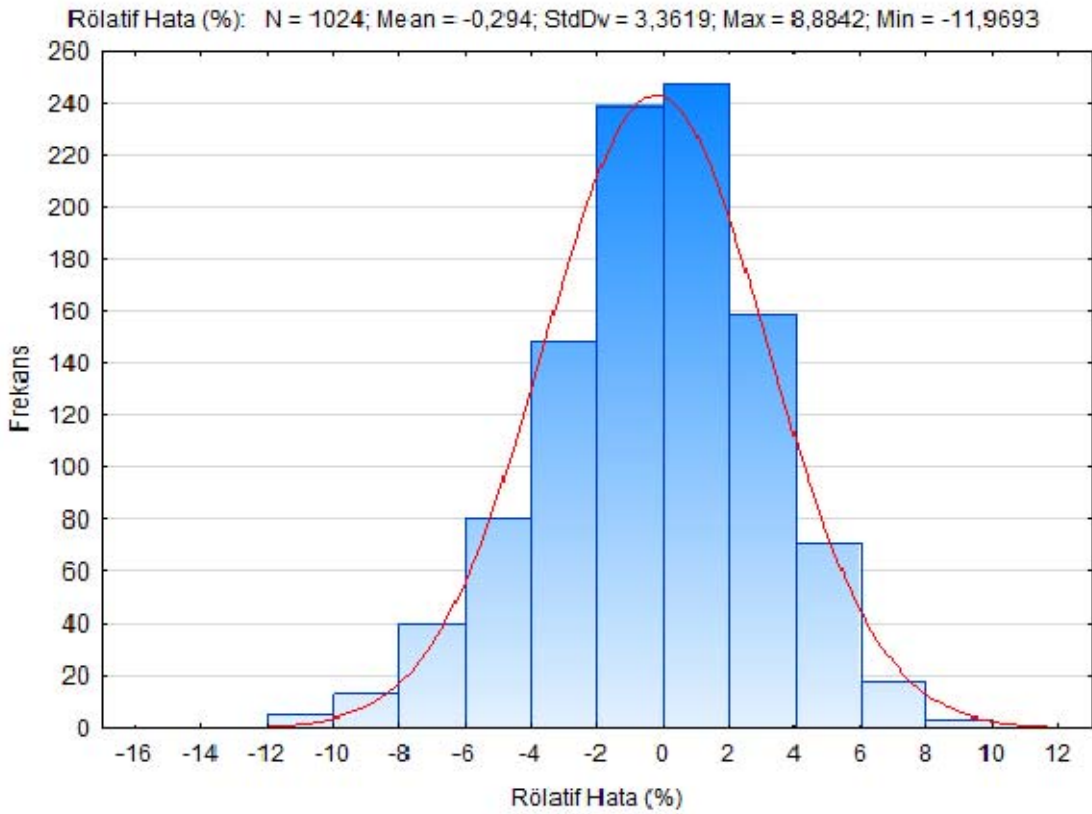
H=4m, H=6m ve H=8m duvar yükseklikleri için geliştirilen matematiksel modellerin kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesinde etkili ve güvenilir bir şekilde kullanılabilmesi araştırılmıştır. Bu kapsamda numerik analizlerle elde edilen güvenlik sayıları ile matematiksel modelle hesaplanan güvenlik sayıları kullanılarak rölatif hata değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 3.6). 4 farklı seviyeye sahip 5 parametrenin tüm tasarım kombinasyonlarını kapsayan 1024 (4^5) tasarım elde edilmiştir. Elde edilen 1024 tasarım verisi kullanılarak hem numerik analizleri ile hem de matematiksel modeller ile kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Elde edilen numerik analizi güvenlik sayılarını ve matematiksel model güvenlik sayılarını karşılaştırabilmek için rölatif ve mutlak hata değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan rölatif hata değerleri kullanılarak rölatif hata histogramları normal dağılım eğrileri ile birlikte çizilmiştir. H=4m, H=6m ve H=8m konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre rölatif hata histogramları kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla Şekil 4.39-Şekil 4.47’de verilmiştir.



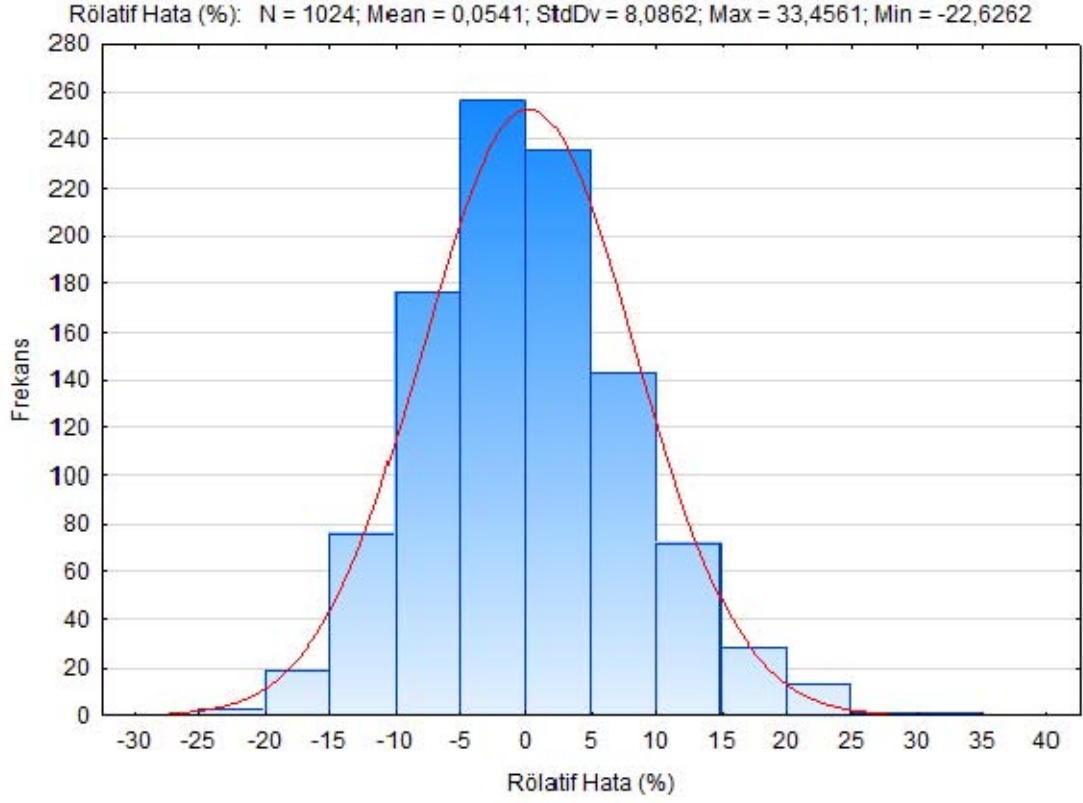
Şekil 4.39. Konsol dayanma duvarında kayma güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=4m



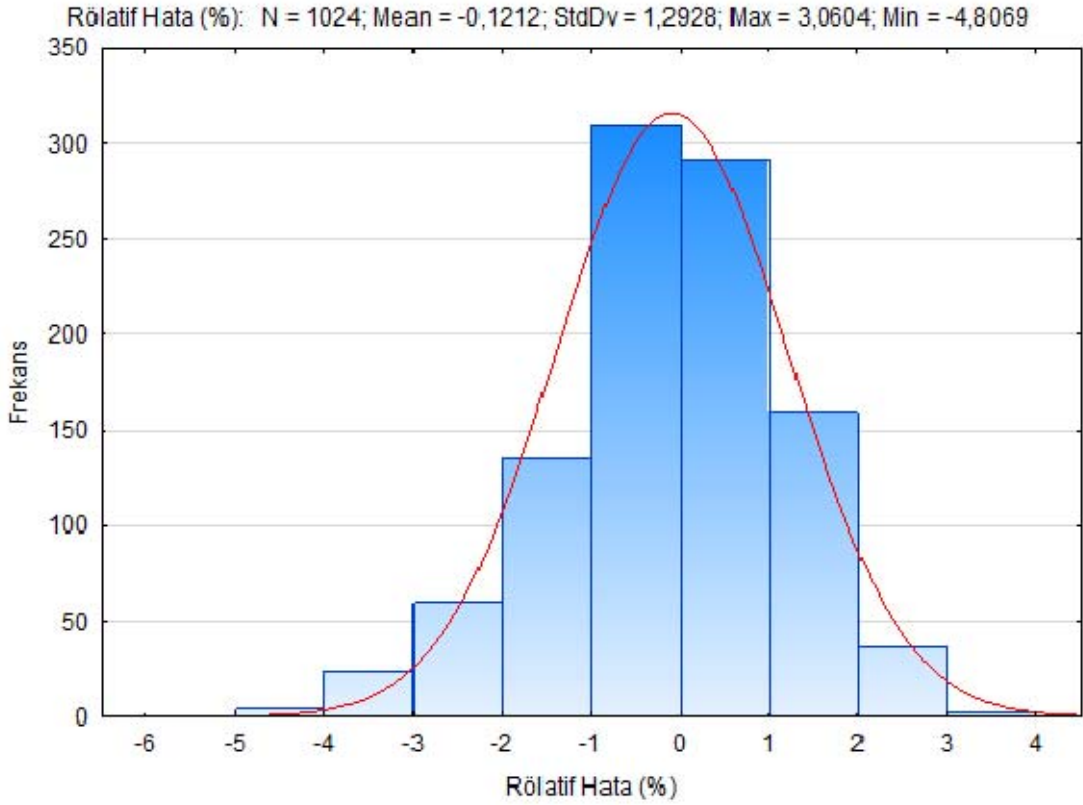
Şekil 4.40. Konsol dayanma duvarında devrilme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=4m



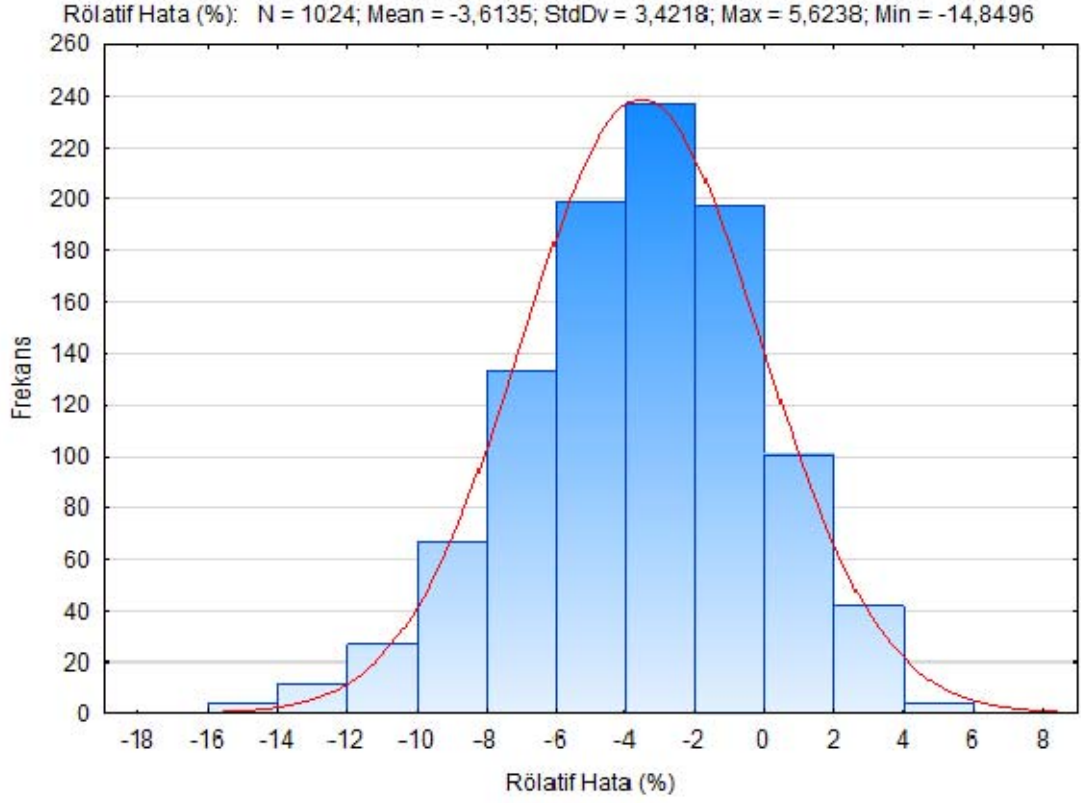
Şekil 4.41. Konsol dayanma duvarında toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=4m



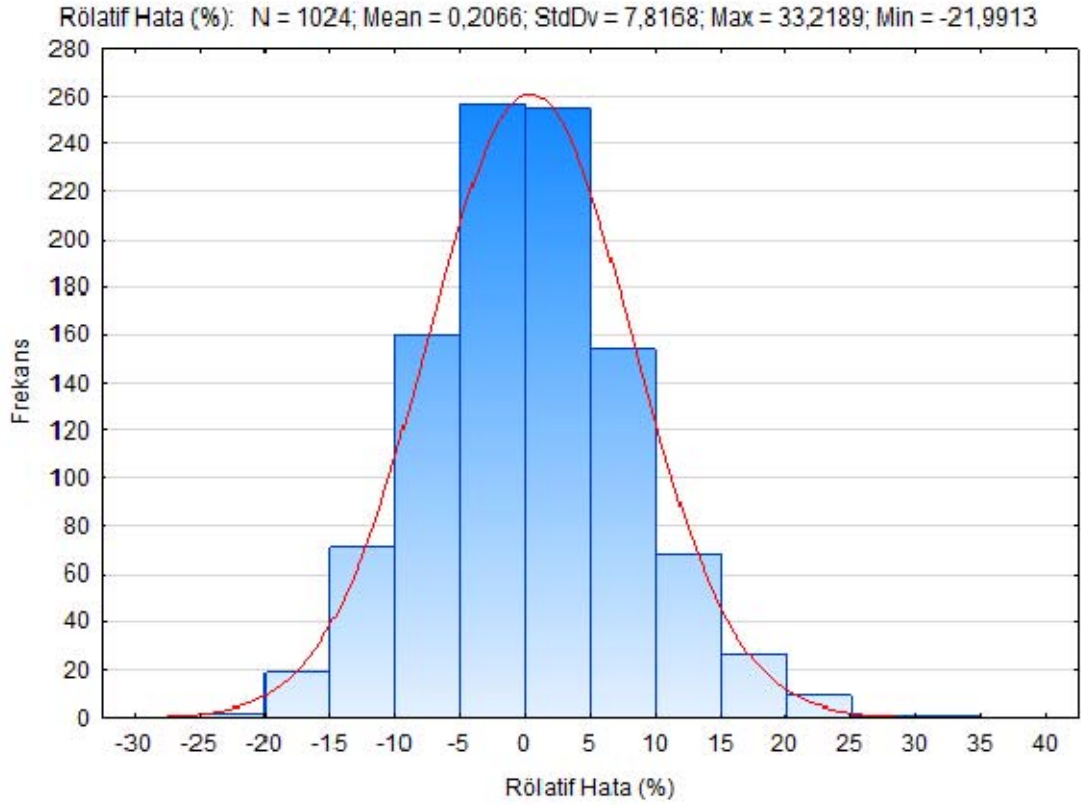
Şekil 4.42. Konsol dayanma duvarında kayma güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



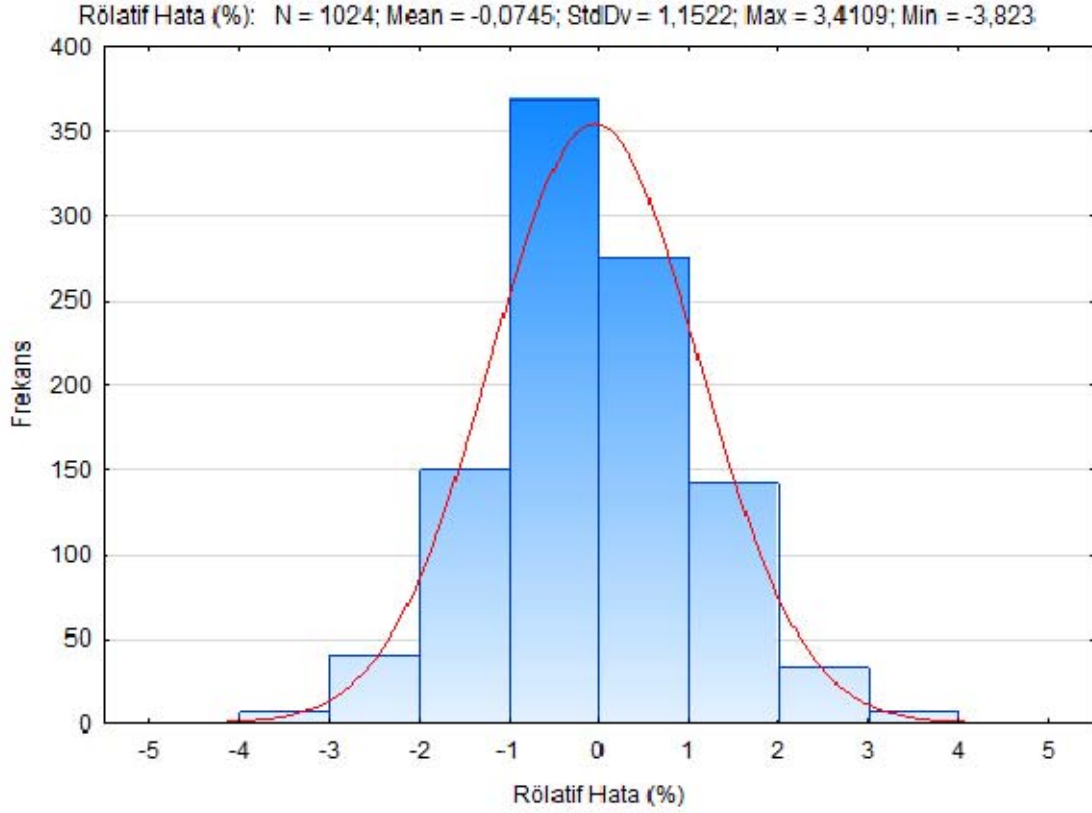
Şekil 4.43. Konsol dayanma duvarında devrilme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



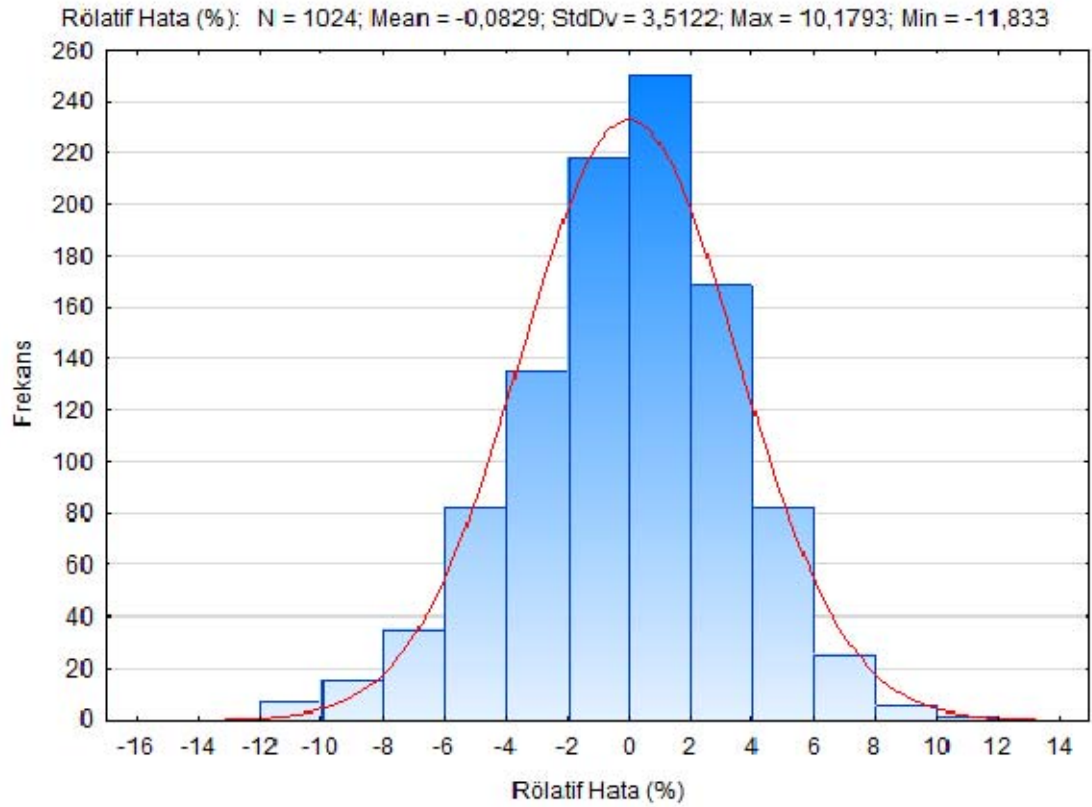
Şekil 4.44. Konsol dayanma duvarında toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



Şekil 4.45. Konsol dayanma duvarında kayma güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=8m



Şekil 4.46. Konsol dayanma duvarında devrilme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=8m



Şekil 4.47. Konsol dayanma duvarında toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=8m

Çalışması yapılan veri setinin istatistiksel olarak sonuçların yorumlanmasında normal dağılıma sahip olması elde edilen matematiksel modelinin kullanılabilirliği açısından önemlidir. Ayrıca bu durum belli bir dağılıma sahip olmayan veri setinde parametrik testlerin uygulanması açısından da önemlidir. Verilen rölatif hata dağılımlarının aritmetik ortalama, mod, medyan, çarpıklık ve basıklık katsayı değerleri $H=4m$, $H=6m$ ve $H=8m$ için sırasıyla Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.36. $H=4m$, $H=6m$ ve $H=8m$ histogram normal dağılım değerlendirmesi

	H=4m	Kayma Güvenlik Sayısı	Devrilme Güvenlik Sayısı	Toptan Göçme Güvenlik Sayısı
H=4m	Medyan	0.036	-0.142	-0.081
	Mod	0.000	0.000	0.000
	Ortalama	0.222	-0.159	-0.294
	Basıklık Katsayısı	0.159	0.237	0.179
	Çarpıklık Katsayısı	0.255	-0.122	-0.356
H=6m	Medyan	0.005	-0.050	0.344
	Mod	0.000	0.000	0.000
	Ortalama	0.354	-0.121	0.192
	Basıklık Katsayısı	0.300	0.371	0.099
	Çarpıklık Katsayısı	0.324	-0.419	-0.365
H=8m	Medyan	0.020	-0.155	0.118
	Mod	0.000	0.000	1.000
	Ortalama	0.207	-0.074	-0.083
	Basıklık Katsayısı	0.350	0.238	0.166
	Çarpıklık Katsayısı	0.264	0.105	-0.312

Çizelgede verilen değerler incelendiği zaman medyan, mod ve ortalama değerlerinin yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmektedir. Başka bir deyişle güvenlik sayılarının rölatif hata dağılımları yaklaşık olarak normal dağılıma sahiptir. Tüm duvar yüksekliklerinde kayma güvenlik katsayısı için az miktarda sağa çarpıklık, toptan göçme güvenlik sayısı için ise sola çarpıklık bulunmaktadır. Tüm duvar yükseklikleri ve güvenlik sayılarının normal dağılımlarının basıklık katsayıları incelendiği zaman sivri dağılım görülmektedir.

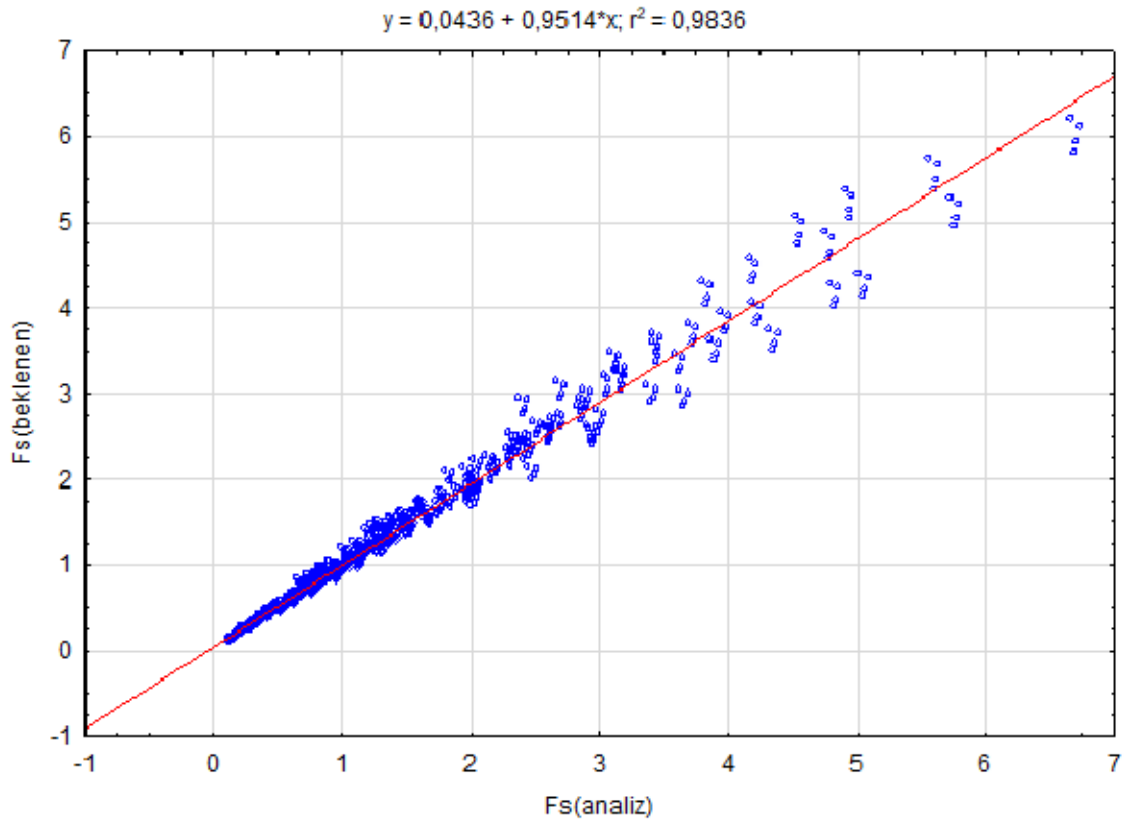
Tüm konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre 1024 duvar tasarımına ait numerik analiz sonucu elde edilen $F_s(\text{analiz})$ ile matematiksel modelle hesaplanan

Fs(beklenen) güvenlik sayılarının saçılım grafikleri kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla Şekil 4.48-4.56' da verilmiştir.

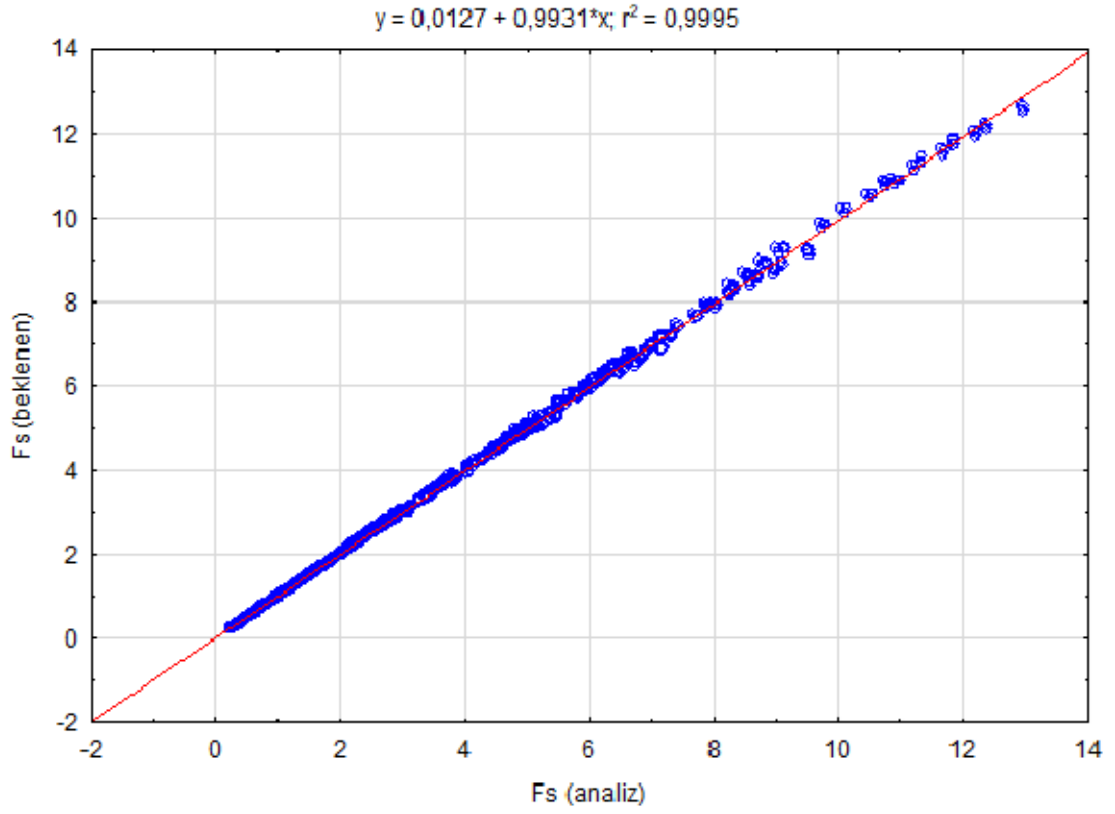
Farklı duvar yükseklikleri için elde edilen matematiksel modellerin kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına göre ortalama mutlak hata değerleri Çizelge 4.37' de verilmiştir. Çizelgedeki ortalama mutlak hata değerleri incelendiğinde maksimum hata değeri %6 olup elde edilen matematiksel modellerin güvenlik sayılarının belirlenmesinde güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.37. Matematiksel modeller mutlak hata değerleri (%)

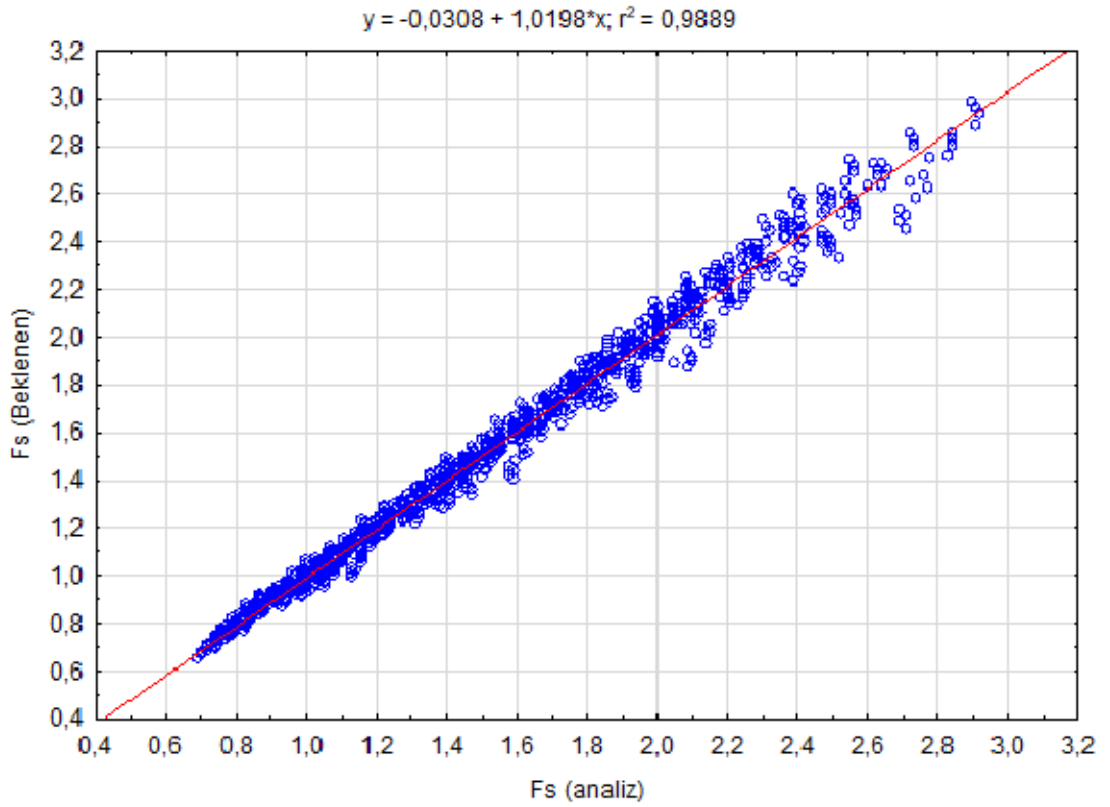
H(m)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
4	6	1	3
6	6	1	3
8	6	1	3



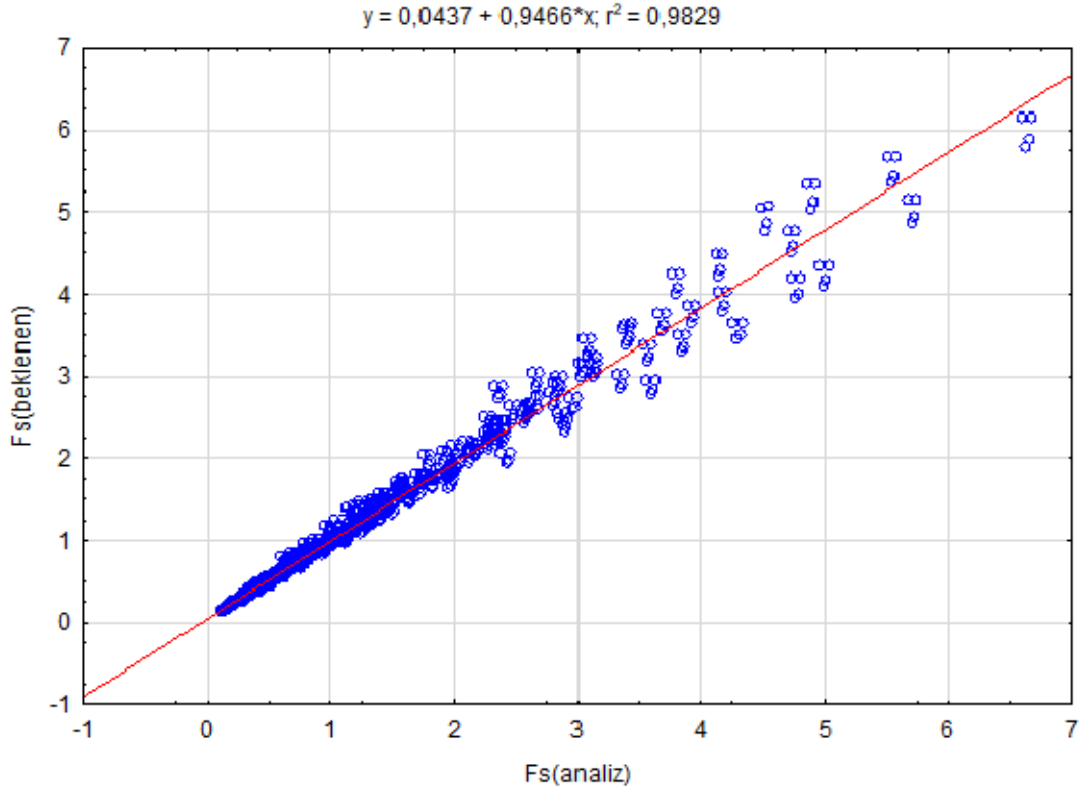
Şekil 4.48. Kayma güvenlik sayısı için Fs(analiz) ve Fs(beklenen) dağılımı, H=4m



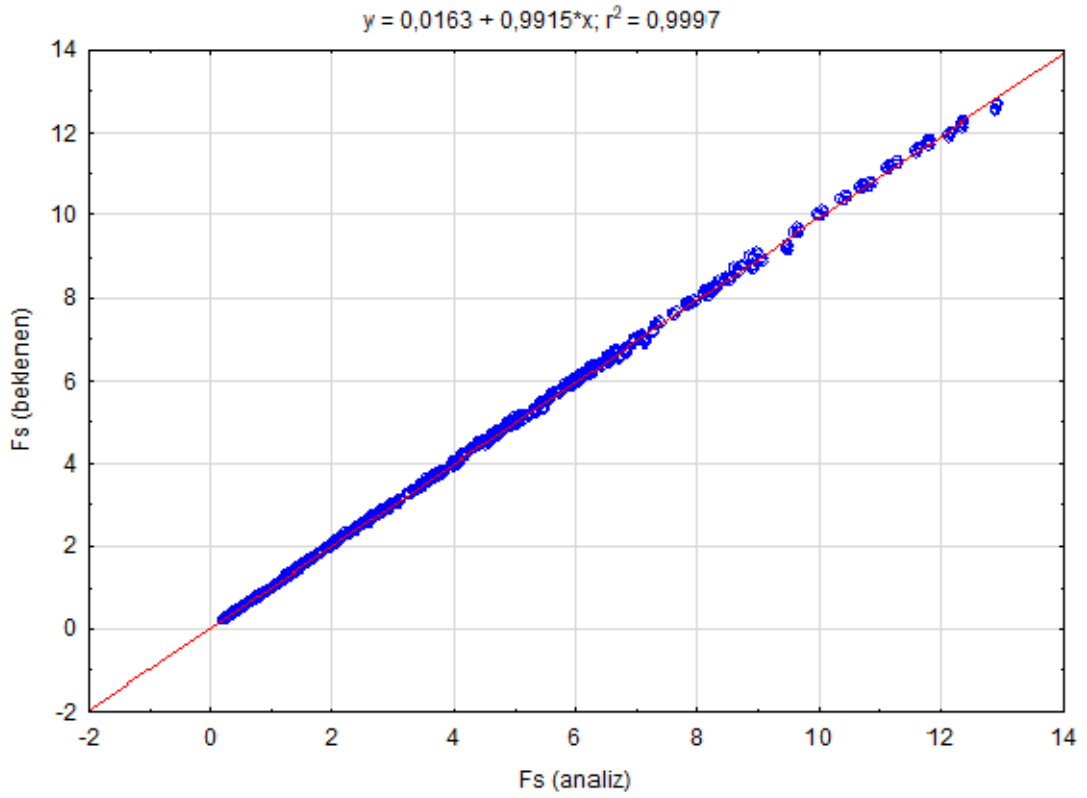
Şekil 4.49. Devrilme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=4m$



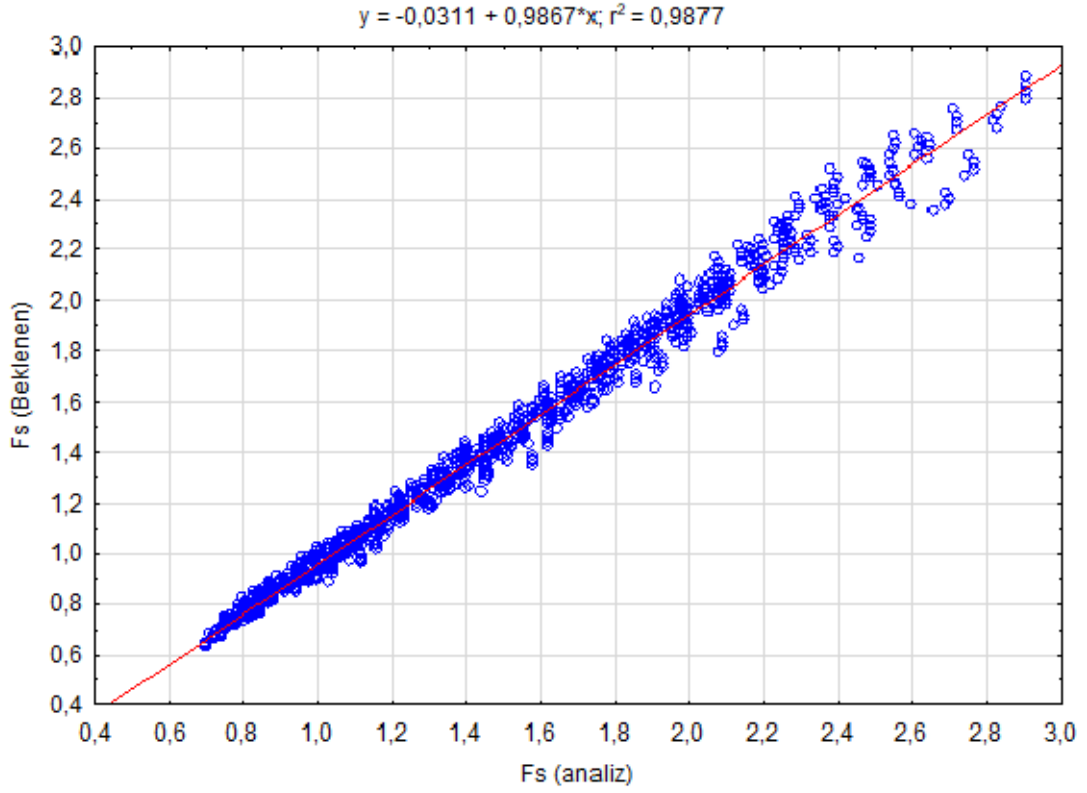
Şekil 4.50. Toptan göçme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=4m$



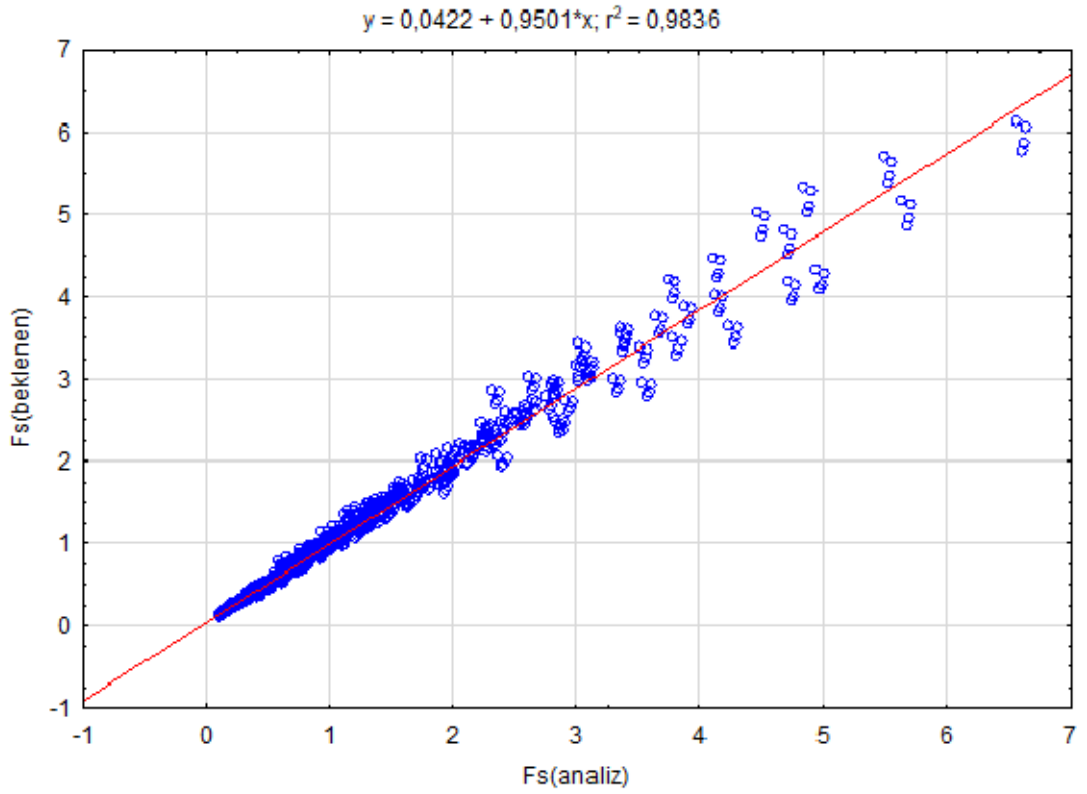
Şekil 4.51. Kayma güvenlik sayısı için $F_s(\text{analiz})$ ve $F_s(\text{beklenen})$ dağılımı, $H=6\text{m}$



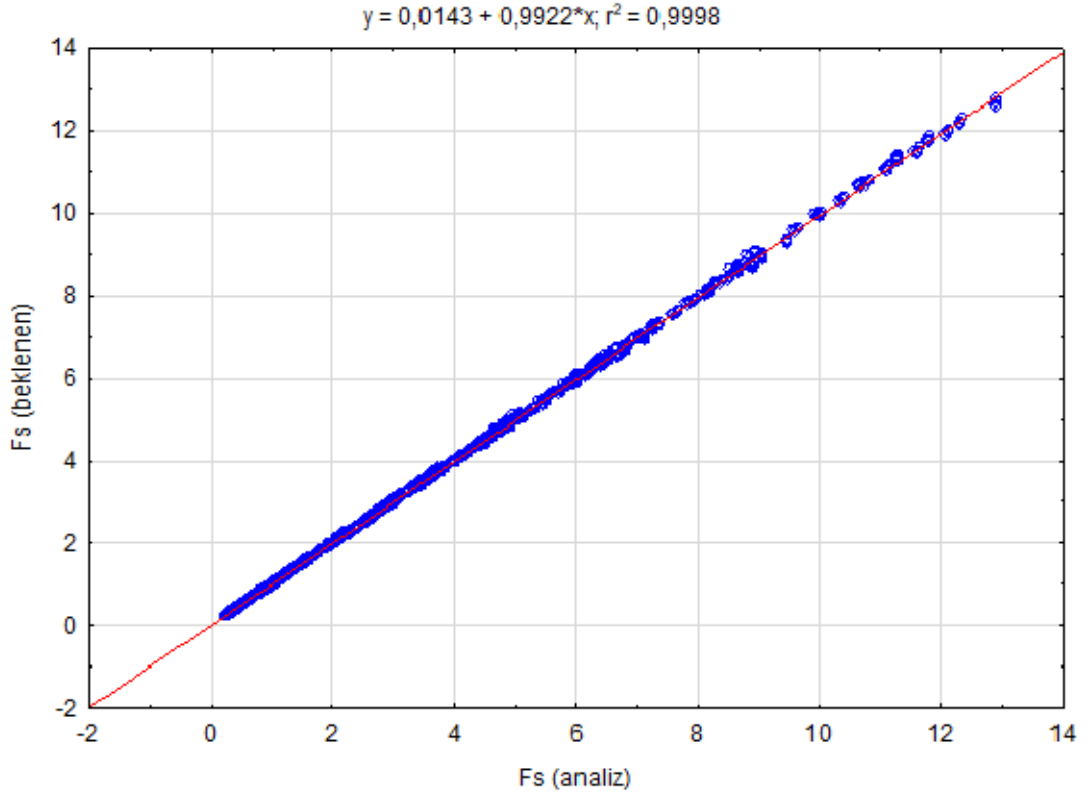
Şekil 4.52. Devrilme güvenlik sayısı için $F_s(\text{analiz})$ ve $F_s(\text{beklenen})$ dağılımı, $H=6\text{m}$



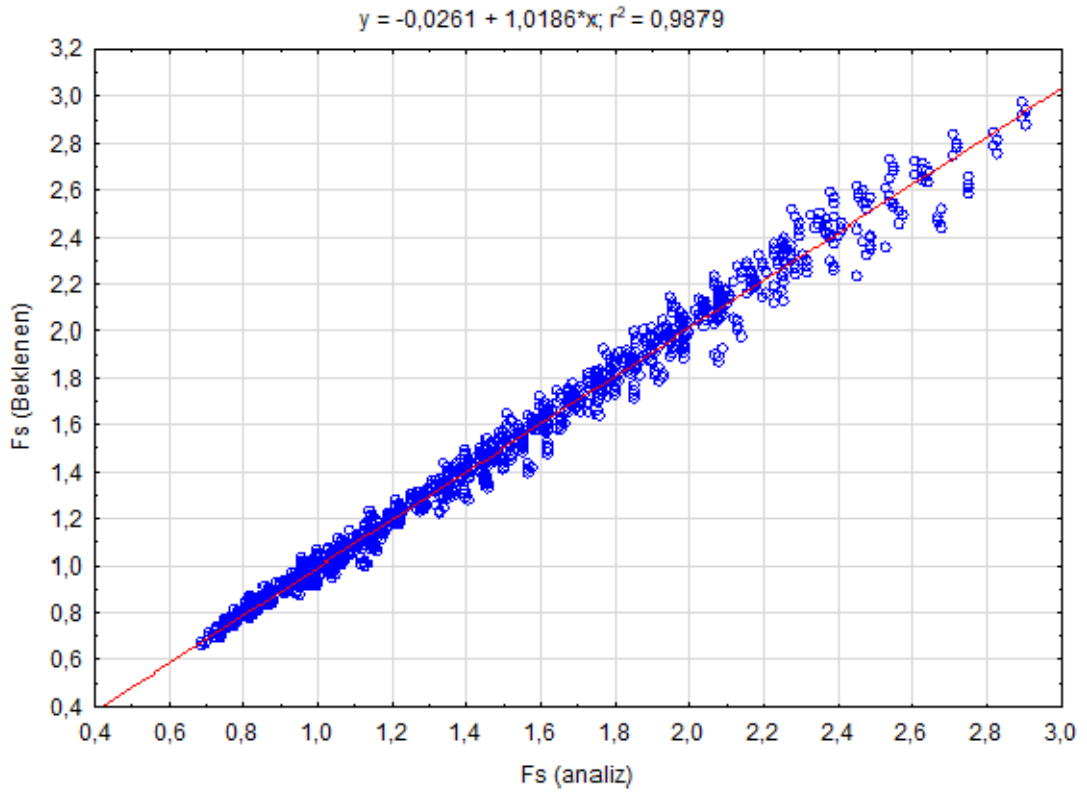
Şekil 4.53. Toptan göçme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=6m$



Şekil 4.54. Kayma güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=8m$



Şekil 4.55. Devrilme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=8m$



Şekil 4.56. Toptan göçme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=8m$

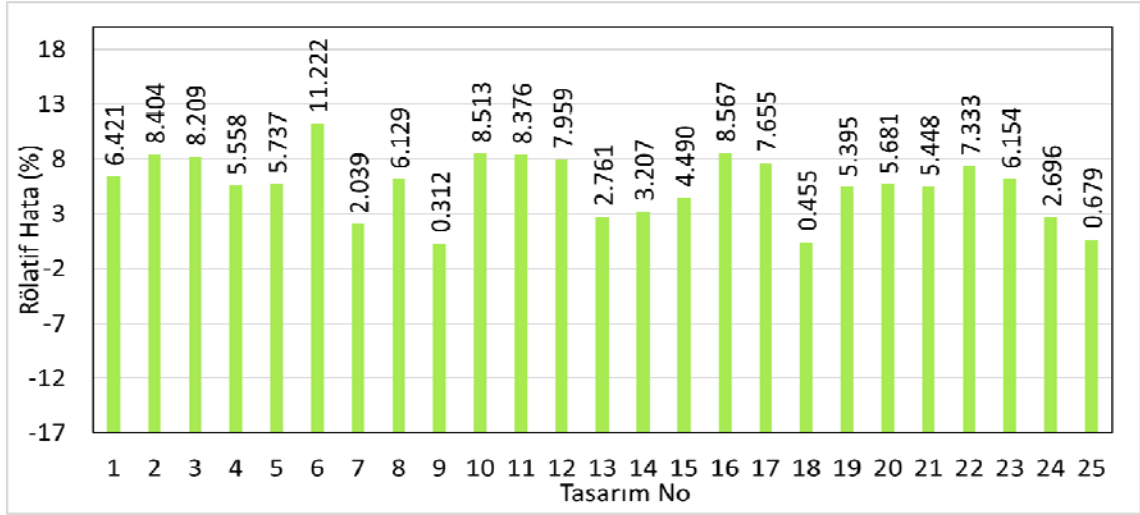
4.3.2. Matematiksel model ile örnek tasarım

Yapılan analizler ve incelemeler sonucu konsol dayanma duvarı yüksekliği $H=4\text{m}$, 6m ve 8m için elde edilen matematiksel modellerden $H=6\text{m}$ matematiksel modelinin $H=4\text{m}-8\text{m}$ aralığında kullanılabileceği görülmüştür. $H=6\text{m}$ konsol dayanma duvarında kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları hesabı için elde edilen matematiksel modelin doğruluğunu kontrol etmek için 25 veri seti rastgele seçilmiştir. Veri seti oluşturulurken Çizelge 4.2’de verilen kontrol edilebilen parametre seviye değerlerinden farklı ve alt-üst sınır değerleri arasında olacak şekilde parametre değerleri rastgele olarak yazılımda (MATLAB) “rand” fonksiyonu kullanılarak elde edilmiştir. Seçilen 25 tasarım için matematiksel model güvenlik sayıları hesaplanmış ve aynı değerler için GEO5 yazılımında numerik analizlerle güvenlik sayıları elde edilmiştir (Çizelge 4.38). Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için elde edilen mutlak rölatif hata değerleri sırasıyla Şekil 4.58, Şekil 4.59 ve Şekil 4.60’da verilmiştir.

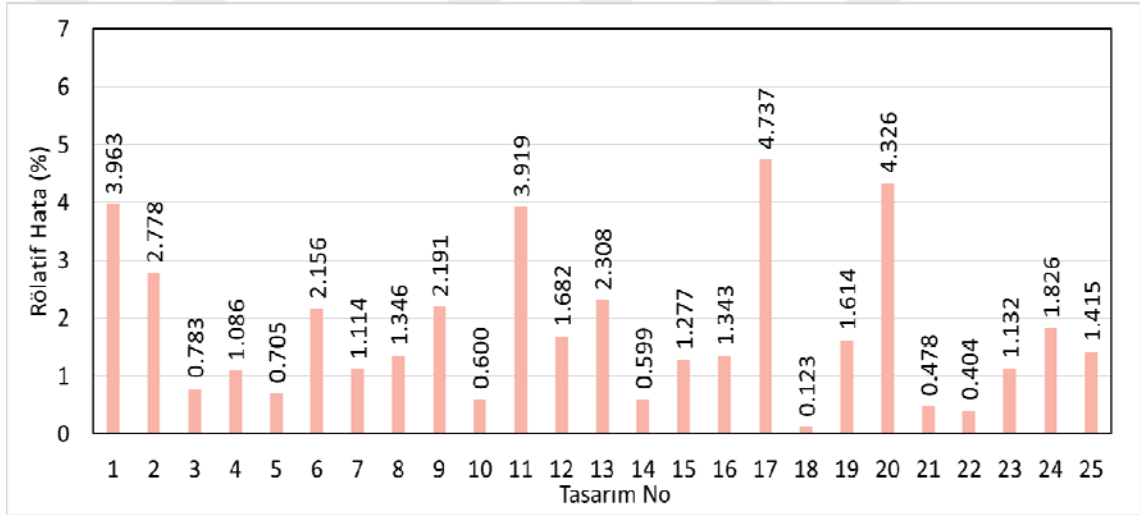
Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için verilen rölatif hata grafikleri (Şekil 4.57-4.59) incelendiği zaman $H=6\text{m}$ için geliştirilen matematiksel modelin $H=4-8\text{m}$ arasında duvar gövde yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarı stabilite analizlerinde kullanılabileceği görülmüştür. Rastgele parametre değerleri için hesaplanan mutlak rölatif hata değerleri kayma güvenlik sayısı için maksimum %11, devrilme güvenlik sayısı için %5 ve toptan göçme güvenlik sayısı için ise %9 olarak elde edilmiştir. 25 adet rastgele tasarıma ait ortalama mutlak rölatif hata kayma güvenlik sayısı için %6, devrilme güvenlik sayısı için %2 ve toptan göçme güvenlik sayısı için ise %4 olarak bulunmuştur. Bu değerler Çizelge 4.37’ de verilen 1024 adet tasarıma ait ortalama mutlak hata değerleri ile karşılaştırıldığında analizlerde kullanılan parametre seviye değerleri dışındaki parametre değerleri içinde matematiksel modelin kullanılabileceği görülmektedir. Elde edilen mutlak rölatif hata değerleri incelendiği zaman, $H=6\text{m}$ için elde edilen matematiksel modelin konsol dayanma duvarı tasarım değişkenlerinin belirli alt ve üst sınır değerleri arasında kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesinde güvenilir ve etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.38. Matematiksel modelle örnek tasarımda 25 adet konsol dayanma duvarı tasarım sonuçları

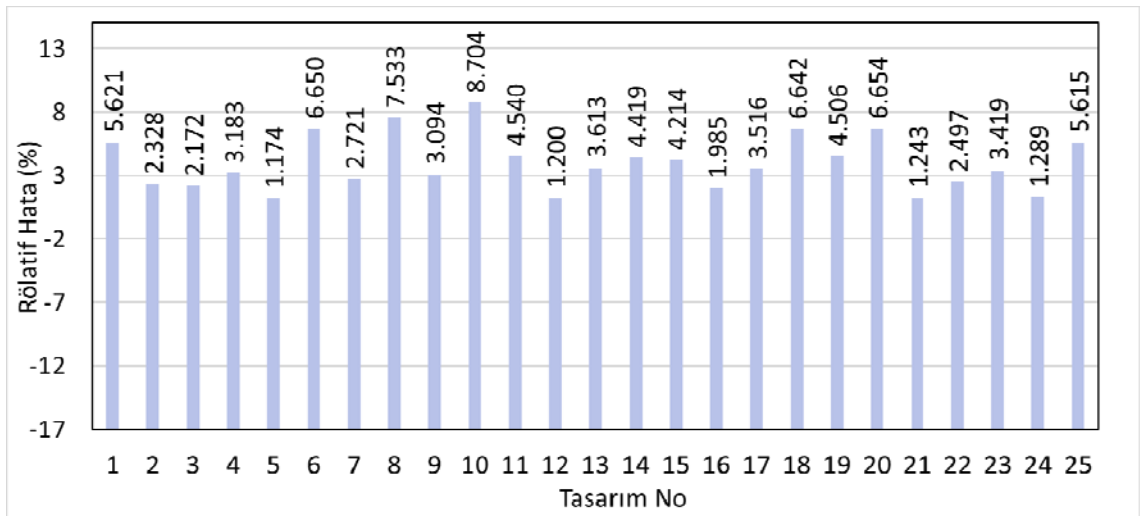
No	Tasarım Parametreleri						Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
	H (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄	Ø (°)	Fm(k)	Fm(d)	Fm(tg)	Fs(k)	Fs(d)	Fs(tg)
1	4	1.20	0.24	0.28	0.011	22	0.28	0.52	0.88	0.30	0.54	0.83
2	5	1.75	0.39	0.50	0.039	39	1.42	1.36	1.81	1.31	1.40	1.77
3	6	2.70	1.35	0.78	0.022	35	0.88	1.48	1.65	0.96	1.49	1.61
4	7	4.55	1.82	0.70	0.031	40	2.12	4.37	2.10	2.24	4.32	2.03
5	8	7.20	3.96	0.88	0.012	24	0.61	3.60	1.16	0.64	3.63	1.15
6	5	4.00	1.40	0.50	0.025	25	0.73	3.58	1.27	0.83	3.66	1.19
7	7	2.80	1.23	0.98	0.034	26	0.43	0.83	1.16	0.42	0.84	1.13
8	4	2.20	0.62	0.32	0.028	37	1.54	3.03	1.85	1.64	3.07	1.71
9	6	5.70	1.37	0.78	0.036	30	1.75	6.21	1.78	1.74	6.35	1.72
10	8	4.80	1.25	0.56	0.018	33	1.17	3.12	1.63	1.28	3.10	1.49
11	4	2.80	1.18	0.40	0.026	28	0.51	1.16	1.35	0.56	1.21	1.18
12	5	1.95	0.66	0.65	0.038	21	0.32	0.68	0.93	0.30	0.69	0.92
13	6	5.10	0.87	0.78	0.035	31	1.78	5.30	1.84	1.83	5.43	1.77
14	7	3.15	1.42	0.56	0.013	38	1.12	1.90	1.73	1.16	1.89	1.65
15	8	7.36	4.12	0.56	0.024	32	1.11	5.27	1.53	1.16	5.33	1.47
16	6	1.68	0.32	0.60	0.038	23	0.32	0.45	0.95	0.29	0.46	0.93
17	4	1.48	0.64	0.44	0.025	36	0.85	1.13	1.64	0.93	1.19	1.58
18	8	3.36	1.88	0.64	0.032	29	0.43	0.98	1.17	0.42	0.98	1.09
19	7	6.72	1.88	0.98	0.022	34	2.35	7.28	2.02	2.48	7.40	2.02
20	5	1.80	0.56	0.35	0.032	21	0.26	0.66	0.77	0.28	0.69	0.77
21	6	1.68	0.64	0.84	0.014	38	0.95	0.73	1.79	1.00	0.73	1.79
22	8	6.16	3.33	0.88	0.027	23	0.47	2.57	1.03	0.51	2.58	1.03
23	4	2.24	1.19	0.40	0.034	35	0.99	2.31	1.56	1.05	2.33	1.56
24	5	4.10	2.42	0.70	0.039	22	0.49	2.53	1.06	0.48	2.58	1.06
25	7	3.01	0.84	0.49	0.024	39	1.47	2.03	1.73	1.46	2.06	1.73



Şekil 4.57. Rastgele seçilen tasarımların kayma güvenlik sayısı mutlak rölatif hata değerleri



Şekil 4.58. Rastgele seçilen tasarımların devrilme güvenlik sayısı mutlak rölatif hata değerleri



Şekil 4.59. Rastgele seçilen tasarımların toptan göçme güvenlik sayısı mutlak rölatif hata değerleri

4.4. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı

Önceki bölümlerde yapılan analizlerle konsol dayanma duvar tasarımında duvar yüksekliği değişiminin duvar stabilitesinde (güvenlik sayıları) etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca $H=6$ m için geliştirilen matematiksel modelin $H=4-8$ m arasında duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvar tasarımlarında güvenilir bir şekilde kullanılabileceği görülmüştür. Bu sebeple eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı tasarımında güvenlik sayılarının hesaplanması için kullanılacak matematiksel model $H=6$ m için geliştirilmiş ve $H=4$ m ve $H=8$ m arasındaki duvar yüksekliklerine sahip olan duvar tasarımlarında kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Parametre seviyeleri ve ortalama S/N değerlerini (Çizelge 4.25) kullanarak Eşitlik 4.7 ve Eşitlik 4.8 ile kayma güvenlik sayısı, $F_m(kay)$, devrilme güvenlik sayısı, $F_m(dev)$ ve toptan göçme güvenlik sayısı, $F_m(top)$ belirlenmiştir. Eşitlik 4.8’de ortalama S/N değerine bağlı bir katsayısı olan “ Δ ”, hesaplamalarda kayma güvenlik sayısı için 1.861, devrilme güvenlik sayısı için 7.655 ve toptan göçme güvenlik sayısı için 4.195 olarak alınacaktır.

Eşitlik 4.8’de toplam etki katsayısı olarak tanımlanan “ λ ”, ψ_B , $\psi_{Bön}$, ψ_d , ψ_{mt} ve ψ_0 sırasıyla temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, temel kalınlığı, taban eğimi ve içsel sürtünme açısı parametre etki katsayılarının “ Δ ” ile toplanmasıyla elde edilmektedir. Parametre etki katsayılarının matematiksel ifadeleri açıklamaları ile birlikte Çizelge 4.39’da verilmiştir.

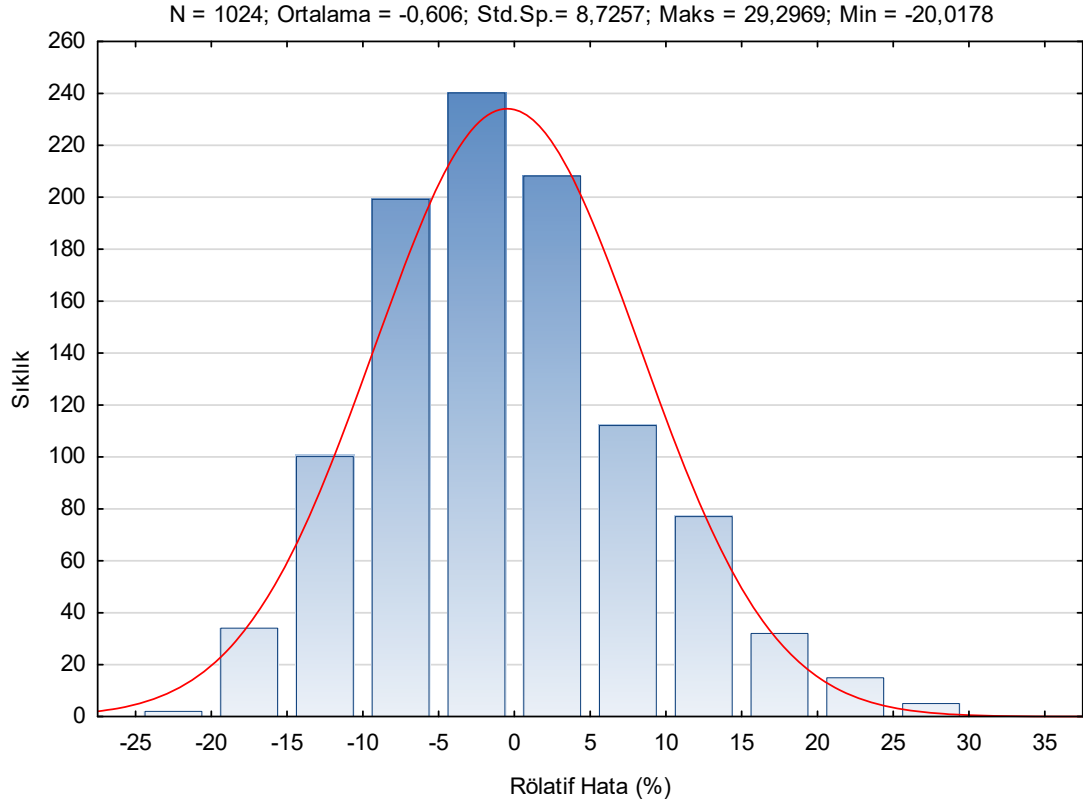
4.4.1. Matematiksel modelde rölatif hata incelemesi

Duvar yüksekliği $H=6$ m olan eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesi için geliştirilen matematiksel modellerin güvenilirliği araştırılmıştır. 4 farklı seviyeye sahip 5 parametrenin tüm tasarım kombinasyonlarını kapsayan 1024 (4^5) tasarım elde edilmiştir. Elde edilen 1024 tasarım verisi kullanılarak hem numerik analizleri ile hem de matematiksel modeller ile kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Elde edilen numerik analizi güvenlik sayılarını ve matematiksel model güvenlik sayılarını karşılaştırabilmek için rölatif hata değerleri Eşitlik 3.6 ile hesaplanmıştır. Hesaplanan rölatif hata değerleri kullanılarak normal dağılım eğrileri ile

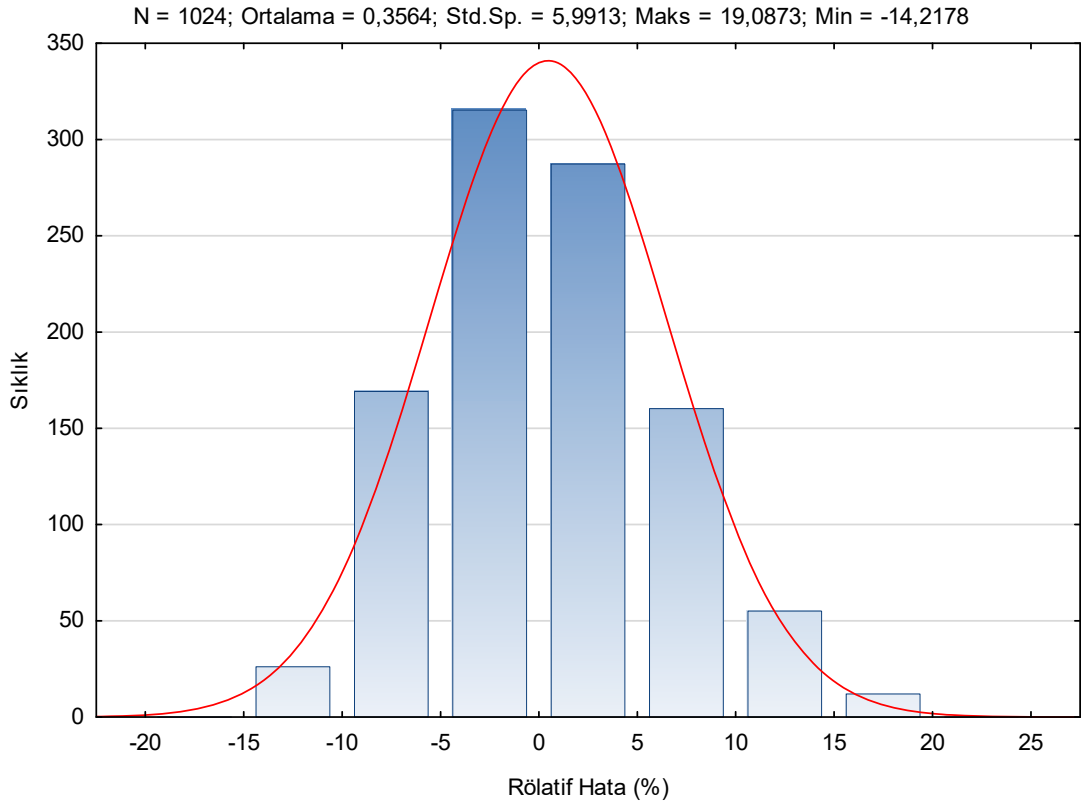
birlikte çizilen rölatif hata histogramları kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla Şekil 4.60, Şekil 4.61 ve Şekil 4.62’ de verilmiştir.

Çizelge 4.39. H=6m duvar yüksekliğine sahip eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı matematiksel model etki katsayıları (ψ)

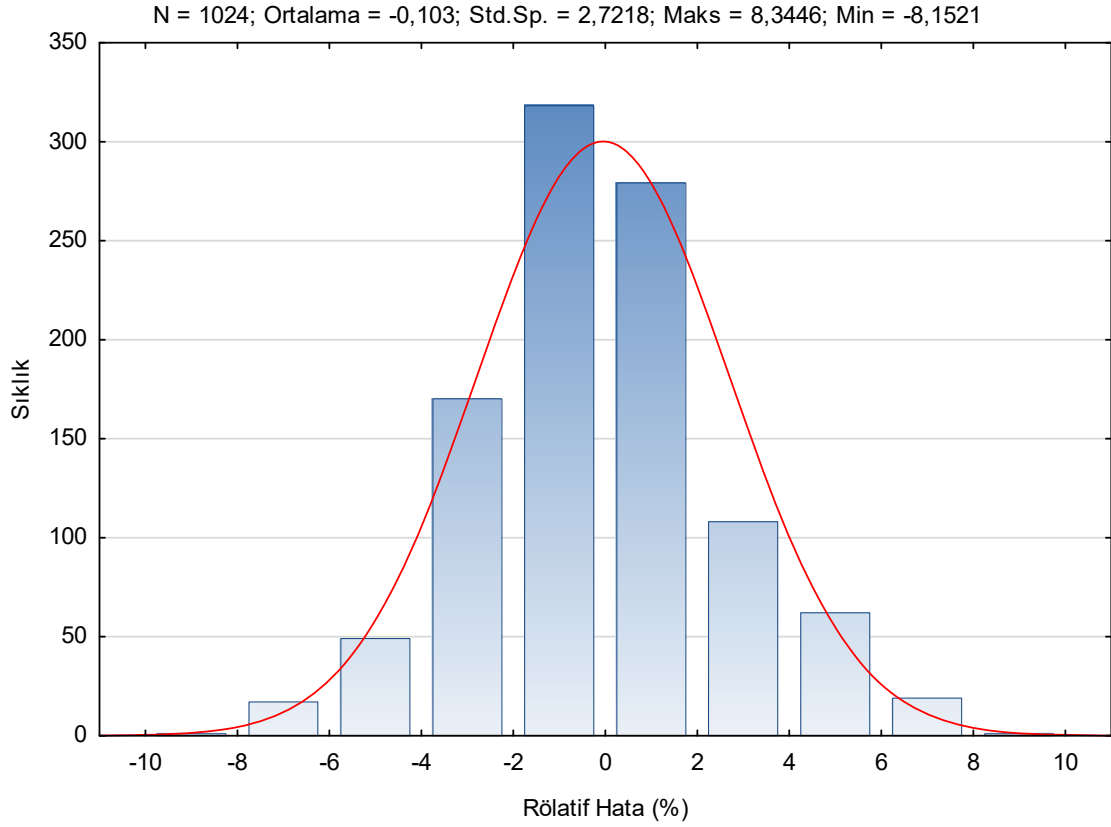
Parametre	Güvenlik sayısı	Matematiksel model
(B/H)=0.25-1.0	Fm(kay)	$\psi_B = 14.969(B/H)^3 - 34.962(B/H)^2 + 37.767(B/H) - 12.6912$
	Fm(dev)	$\psi_B = 33.355(B/H)^3 - 88.111(B/H)^2 + 100.27(B/H) - 32.8652$
	Fm(top)	$\psi_B = 4.061(B/H)^3 - 8.0864(B/H)^2 + 9.3063(B/H) - 2.7734$
(B _{ön} /B)=0.15-0.60	Fm(kay)	$\psi_{B_{ön}} = 62.881(B_{ön}/B)^3 - 76.035(B_{ön}/B)^2 + 18.549(B_{ön}/B) + 0.9415$
	Fm(dev)	$\psi_{B_{ön}} = -75.849(B_{ön}/B)^3 + 74.107(B_{ön}/B)^2 - 25.875(B_{ön}/B) + 5.1288$
	Fm(top)	$\psi_{B_{ön}} = -18.207(B_t/B)^3 + 19.992(B_t/B)^2 - 8.7245(B_t/B) + 2.2732$
(d/H)=0.06-0.10	Fm(kay)	$\psi_d = -1516.2(d/H)^3 + 456.07(d/H)^2 - 25.883(d/H) - 0.15875$
	Fm(dev)	$\psi_d = 4362.5(d/H)^3 - 1381.8(d/H)^2 + 121.36(d/H) - 1.0186$
	Fm(top)	$\psi_d = -241.02(d/H)^3 + 86.548(d/H)^2 + 2.9274(d/H) - 0.1556$
mt=0.08-0.26	Fm(kay)	$\psi_{mt} = -910.06m^3 + 523.16m^2 - 77.041m + 2.4636$
	Fm(dev)	$\psi_{mt} = -86.502m^3 + 62.603m^2 - 3.9186m + 0.7298$
	Fm(top)	$\psi_{mt} = 208.33m^3 - 109.9m^2 + 24.485m - 1.1547$
Ø=20°-41°	Fm(kay)	$\psi_{\phi} = 7.3975(\tan\phi)^3 - 17.181(\tan\phi)^2 + 39.478(\tan\phi) - 18.7172$
	Fm(dev)	$\psi_{\phi} = 24.587(\tan\phi)^3 - 46.532(\tan\phi)^2 + 41.255(\tan\phi) - 11.7895$
	Fm(top)	$\psi_{\phi} = 20.428(\tan\phi)^3 - 49.844(\tan\phi)^2 + 51.831(\tan\phi) - 16.3566$
ψ_B	Duvar yüksekliğine bağlı temel taban genişliği etki katsayısı, $X_1(H)$	
$\psi_{B_{ön}}$	Temel taban genişliğine bağlı ön çıkma mesafesi etki katsayısı, $X_2(X_1)$	
ψ_d	Duvar yüksekliğine bağlı temel kalınlığı etki katsayısı, $X_3(H)$	
ψ_{mtt}	Duvar taban eğimi etki katsayısı, X_4	
ψ_{ϕ}	İçsel sürtünme açısı etki katsayısı, ϕ	
B	Temel taban genişliği	
B _{ön}	Ön çıkma mesafesi	
d	Temel kalınlığı	
mt	Taban eğimi	
Ø	İçsel sürtünme açısı	



Şekil 4.60. Kayma güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



Şekil 4.61. Devrilme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



Şekil 4.62. Toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m

Daha önceki bölümde de bahsedildiği gibi veri setinin normal dağılıma sahip olması elde edilen matematiksel modelinin kullanılabilirliği açısından önemlidir. Verilen rölatif hata dağılımlarının aritmetik ortalama, mod, medyan, çarpıklık ve basıklık katsayı değerleri Çizelge 4.40’da verilmiştir.

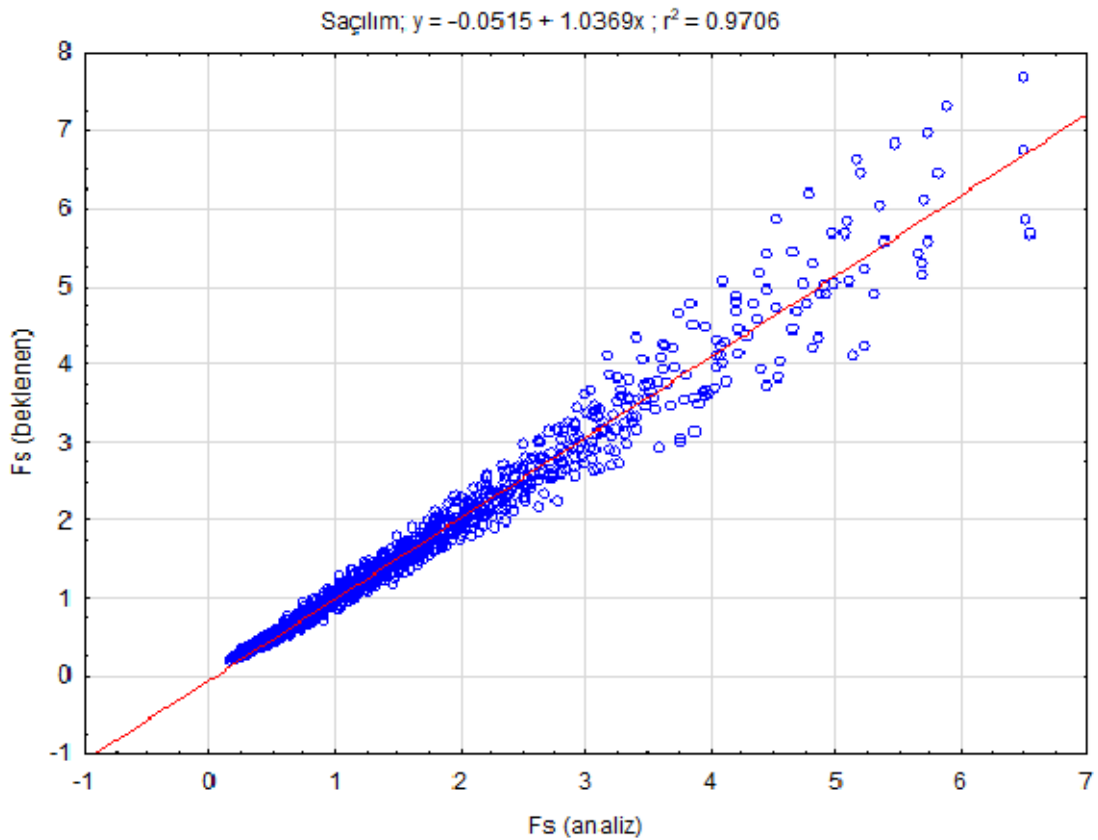
Çizelge 4.40. H=6m histogram normal dağılım değerlendirme

	Kayma Güvenlik Sayısı	Devrilme Güvenlik Sayısı	Toptan Göçme Güvenlik Sayısı
Medyan	-1.305	0.036	-0.181
Mod	-3.00	0.000	0.000
Ortalama	-0.606	0.356	-0.103
Basıklık katsayısı	0.203	-0.133	0.351
Çarpıklık katsayısı	0.486	0.298	0.235

Çizelgede verilen değerler incelendiği zaman medyan, mod ve ortalama değerlerinin kayma güvenlik sayısı hariç yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmektedir. Kayma güvenlik sayısı bu kriteri sağlamamakla birlikte 1024 verinin

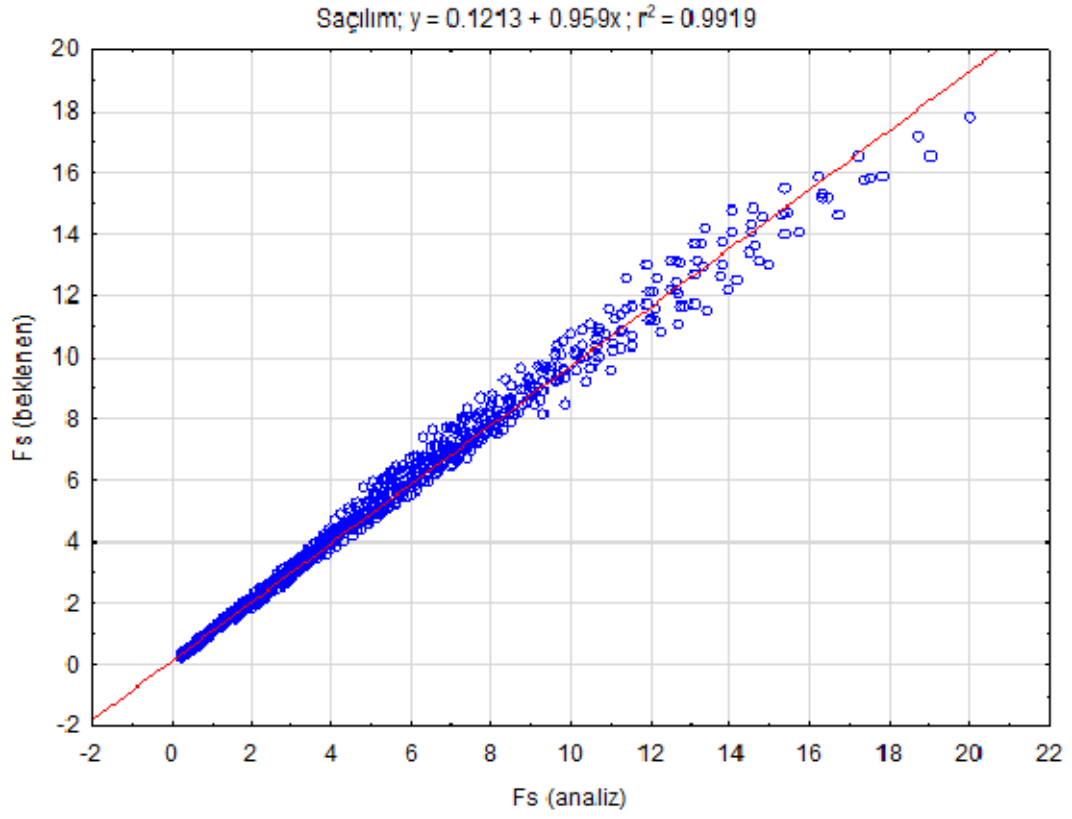
ortalama rölâtif hatası-0.606 olarak belirlenmiştir. Güvenlik sayılarının rölâtif hata dağılımları yaklaşık olarak normal dağılıma sahiptir.

Tüm eğik taban yüzölü konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre 1024 duvar tasarımına ait numerik analiz sonucu elde edilen $F_s(\text{analiz})$ ile matematiksel modelle hesaplanan $F_s(\text{beklenen})$ güvenlik sayılarının saçılım grafikleri kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla Şekil 4.63, Şekil 4.64 ve Şekil 4.65’de verilmiştir.

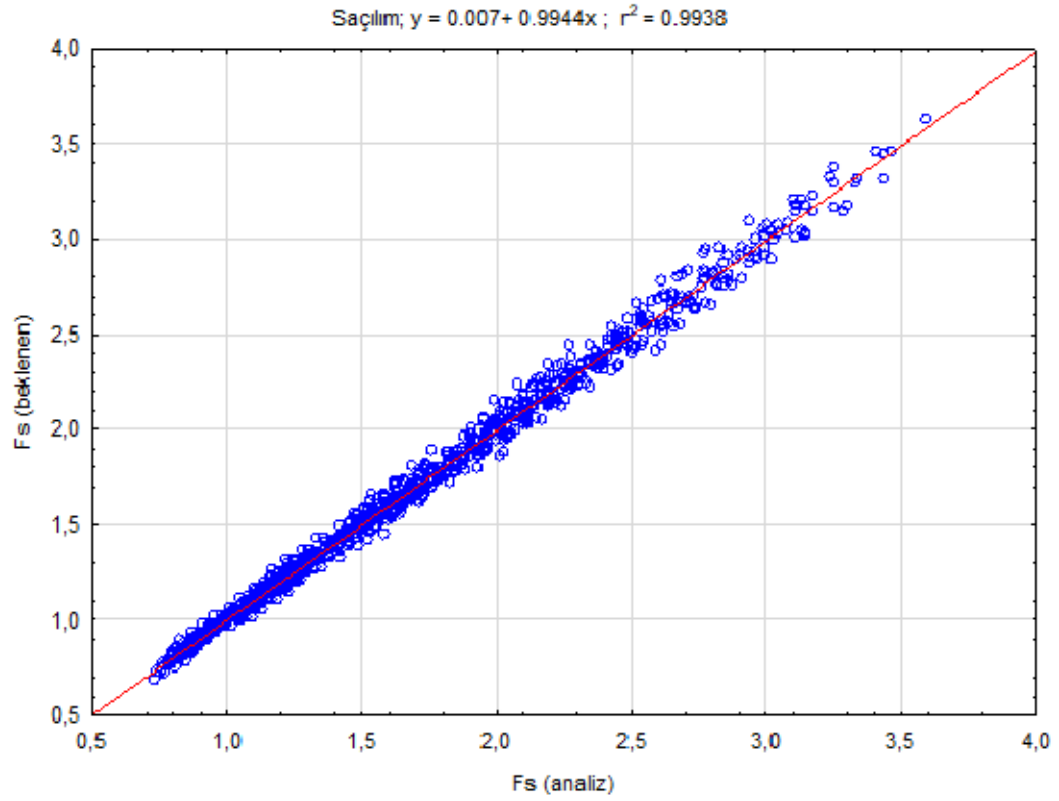


Şekil 4.63. Kayma güvenlik sayısı için $F_s(\text{analiz})$ ve $F_s(\text{beklenen})$ dağılımı, $H=6\text{m}$

Duvar yüksekliği $H=6\text{m}$ olan eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarının 1024 tasarım verisinin ortalama mutlak rölâtif hata değerleri kayma güvenlik sayısı için %7, devrilme güvenlik sayısı için %5 ve toptan göçme güvenlik sayısı için %2 olarak elde edilmiştir. Tüm güvenlik sayıları için elde edilen ortalama mutlak rölâtif hata değerleri %10’ dan küçük olup geliştirilen matematiksel modeller eğik taban yüzölü konsol dayanma duvar tasarımında güvenilir bir şekilde kullanılabilir.



Şekil 4.64. Devrilme güvenlik sayısı için $F_s(\text{analiz})$ ve $F_s(\text{beklenen})$ dağılımı, $H=6\text{m}$



Şekil 4.65. Toptan göçme güvenlik sayısı için $F_s(\text{analiz})$ ve $F_s(\text{beklenen})$ dağılımı, $H=6\text{m}$

4.4.2. Matematiksel model ile örnek tasarım

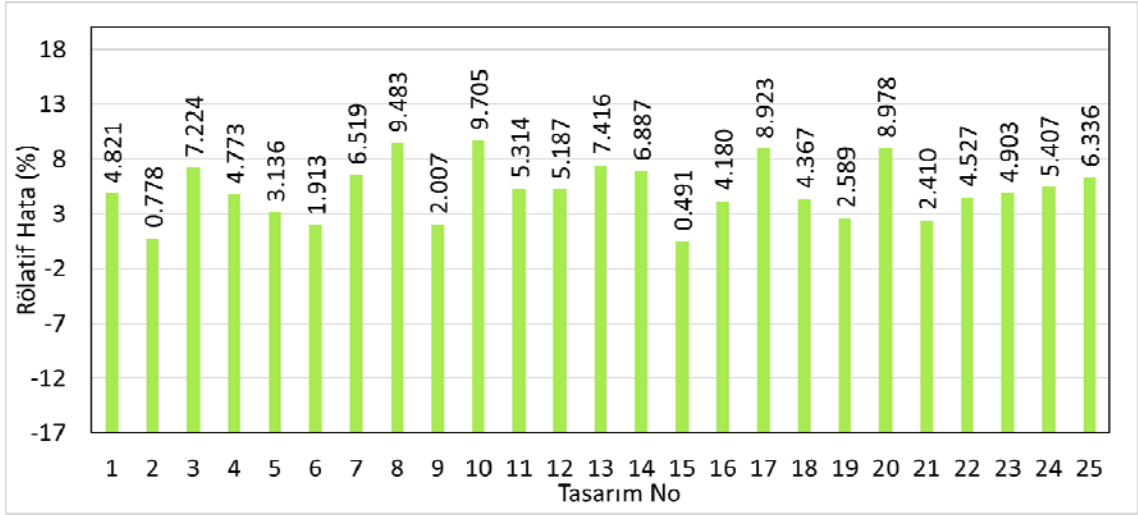
Konsol dayanma duvar için yapılan matematiksel model incelemesinde $H=6\text{m}$ duvar yüksekliği için geliştirilen matematiksel modelin $H=4\text{m}$ ve $H=8\text{m}$ için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı varsayımla eğik konsol dayanma duvarında $H=6\text{ m}$ için geliştirilen matematiksel modelin duvar yüksekliği 4m ile 8m arasında olan duvar tasarımlarında kullanılabilmesi için incelemeler yapılmıştır. Bu kapsamda $H=4\text{-}8\text{m}$ arasında ve diğer tasarım parametreleri Çizelge 4.3'te belirtilen parametre seviyelerinden farklı ve parametre alt-üst limitlerini geçmemesi koşuluyla 25 tasarım verisi seçilmiştir. Tasarım parametrelerinin rastgele seçilme işlemi MATLAB yazılımında “rand” fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. 25 adet rastgele tasarım için matematiksel model güvenlik sayıları hesaplanmış ve aynı değerler için GEO5 yazılımında numerik analizlerle güvenlik sayıları elde edilmiş ve tasarım parametreleri ile birlikte Çizelge 4.41'de verilmiştir. Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için elde edilen mutlak rölatif hata değerleri sırasıyla Şekil 4.66, Şekil 4.67 ve Şekil 4.68'de verilmiştir.

Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için verilen rölatif hata grafikleri (Şekil 4.66-4.68) incelendiği zaman $H=6\text{m}$ için geliştirilen matematiksel modelin $H=4\text{-}8\text{m}$ arasında duvar gövde yüksekliğine sahip eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvarı stabilite analizlerinde kullanılabileceği görülmüştür. Rastgele parametre değerleri için hesaplanan mutlak rölatif hata değerleri kayma güvenlik sayısı için maksimum %10, devrilme güvenlik sayısı için %8 ve toptan göçme güvenlik sayısı için ise %4 olarak elde edilmiştir. 25 adet rastgele tasarıma ait ortalama mutlak hata kayma güvenlik sayısı için %5, devrilme güvenlik sayısı için %3 ve toptan göçme güvenlik sayısı için ise %1 olarak bulunmuştur.

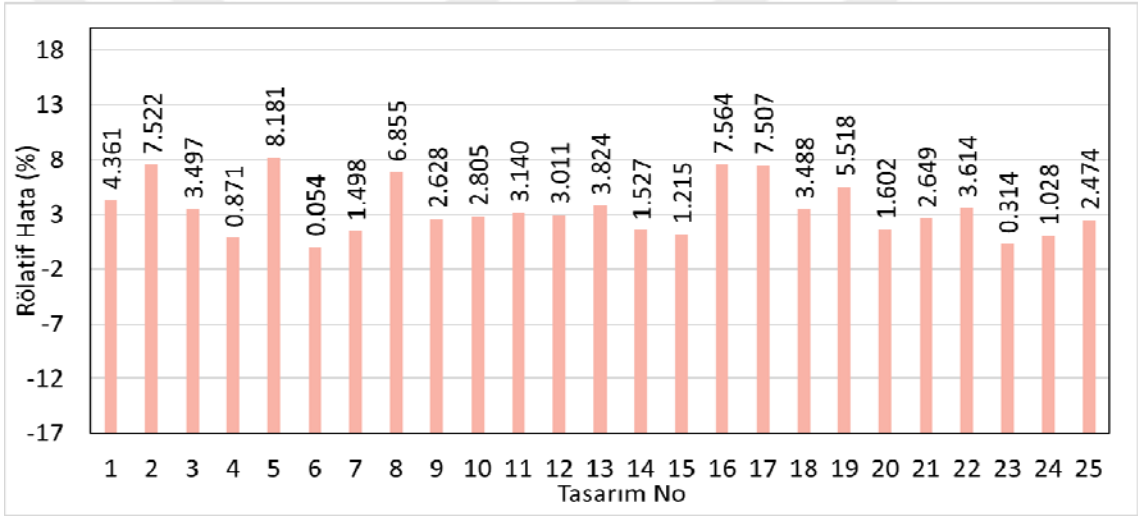
Elde edilen mutlak rölatif hata değerleri incelendiği zaman, $H=6\text{m}$ için elde edilen matematiksel modelin eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvarı tasarım parametrelerinin tanımlı alt ve üst sınır değerleri arasında ve $H=4\text{-}8\text{m}$ için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesinde güvenilir ve etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.41. 25 eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı tasarım sonuçları

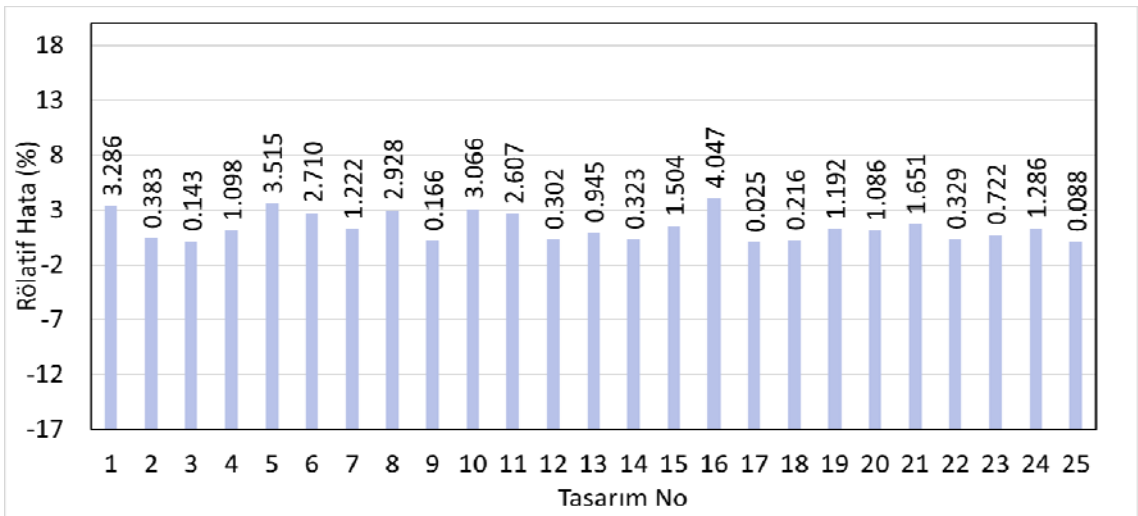
No	Tasarım Parametreleri						Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
	H (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)	Ø (°)	Fm(k)	Fm(d)	Fm(tg)	Fs(k)	Fs(d)	Fs(tg)
1	4	1.20	0.24	0.28	0.09	22	0.39	0.53	0.90	0.41	0.55	0.93
2	5	1.75	0.39	0.40	0.19	37	1.60	1.23	1.92	1.62	1.33	1.91
3	6	2.70	1.35	0.78	0.18	35	1.23	1.58	1.85	1.32	1.63	1.85
4	7	4.55	1.82	0.70	0.22	40	3.00	5.16	2.45	2.86	5.21	2.48
5	8	7.20	3.96	0.88	0.10	24	0.81	4.38	1.32	0.84	4.05	1.28
6	5	4.00	1.40	0.50	0.25	25	1.30	4.86	1.52	1.33	4.86	1.56
7	7	2.80	1.23	0.98	0.17	26	0.62	0.93	1.30	0.66	0.91	1.28
8	4	2.20	0.62	0.32	0.13	37	1.82	3.08	1.96	2.01	3.31	2.02
9	6	5.70	1.37	0.78	0.11	30	2.01	6.91	1.96	2.06	7.10	1.96
10	8	4.80	1.25	0.56	0.16	33	1.51	3.36	1.75	1.67	3.46	1.81
11	4	1.76	0.74	0.44	0.24	28	1.27	3.91	1.62	1.34	3.79	1.66
12	5	1.90	0.61	0.70	0.15	21	0.46	0.76	1.00	0.49	0.78	1.00
13	6	5.10	0.87	0.78	0.10	31	1.97	5.68	1.96	2.13	5.91	1.98
14	7	3.15	1.42	0.56	0.12	38	1.33	1.97	1.86	1.43	2.00	1.87
15	8	7.36	4.12	0.56	0.21	32	1.65	7.27	1.90	1.66	7.36	1.93
16	6	1.68	0.32	0.60	0.23	23	0.55	0.52	1.08	0.57	0.49	1.04
17	4	1.48	0.64	0.44	0.16	36	1.14	1.17	1.79	1.25	1.26	1.79
18	8	3.36	1.88	0.64	0.10	29	0.55	1.08	1.25	0.57	1.04	1.25
19	7	6.72	1.88	0.98	0.13	34	2.75	8.03	2.35	2.83	8.49	2.32
20	5	1.80	0.56	0.35	0.11	21	0.38	0.71	0.88	0.41	0.72	0.89
21	6	1.68	0.64	0.84	0.23	38	1.49	0.76	2.01	1.45	0.78	1.98
22	8	6.16	3.33	0.88	0.25	23	0.88	3.59	1.33	0.92	3.46	1.33
23	4	2.24	1.19	0.40	0.21	35	1.44	2.72	1.89	1.51	2.73	1.90
24	5	4.10	2.42	0.70	0.15	22	0.70	3.02	1.24	0.74	3.05	1.22
25	7	3.01	0.84	0.49	0.22	39	2.15	2.23	2.08	2.02	2.29	2.08



Şekil 4.66. Rastgele seçilen tasarımların kayma güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



Şekil 4.67. Rastgele seçilen tasarımların devrilme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



Şekil 4.68. Rastgele seçilen tasarımların toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

4.5. Dışli konsol dayanma duvarı

4.5.1. Matematiksel modelde rölatif hata incelemesi

Dayanma duvar yüksekliğinin $H=6\text{m}$ olduğu durum için geliştirilen matematiksel modelin duvar yüksekliği değişiminin stabiliteyi etkilemediği yapılan analizler elde edilen sonuçlardan biridir. Bu sebeple $H=6\text{m}$ duvar yüksekliğinde dışli konsol dayanma duvar için geliştirilen matematiksel model önceki bölümlerde konsol ve eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı için yapılan analizlere benzer olarak tekrarlanmıştır ve elde edilen sonuçlar bu bölümde verilmiştir.

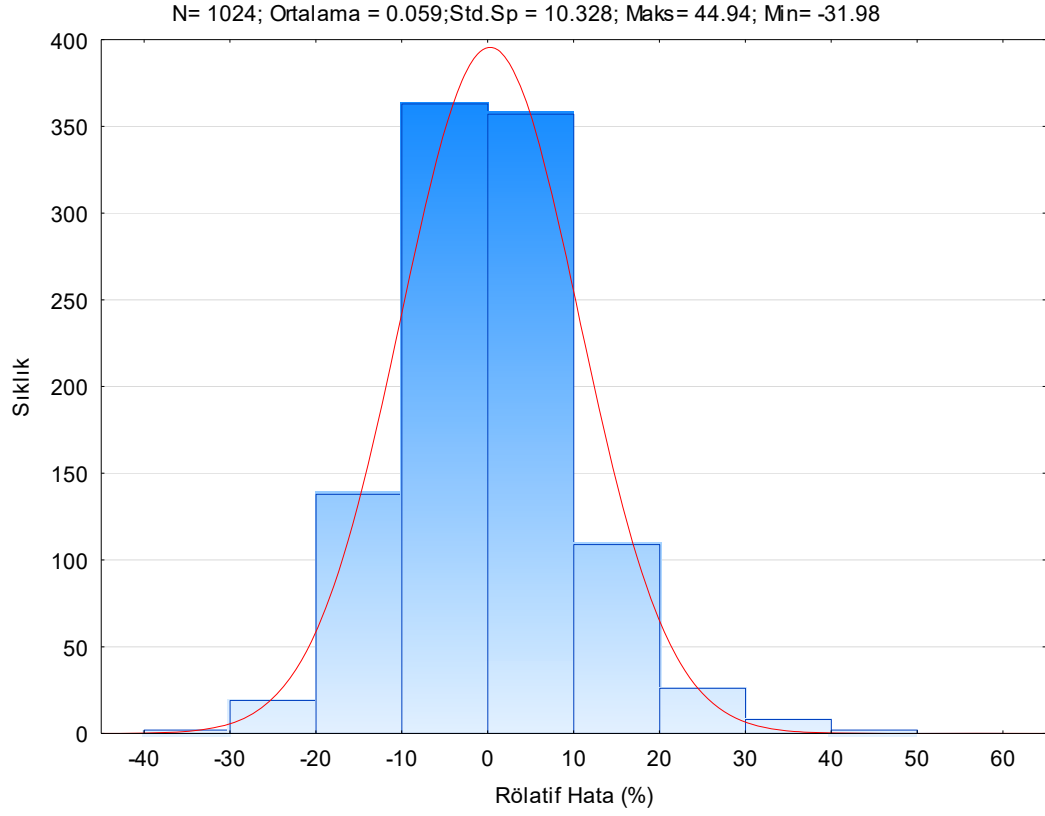
Parametre seviyeleri ve ortalama S/N değerlerini (Çizelge 4.29) kullanarak Eşitlik 4.7 ve Eşitlik 4.8 ile kayma güvenlik sayısı, $F_m(\text{kay})$, devrilme güvenlik sayısı, $F_m(\text{dev})$ ve toptan göçme güvenlik sayısı, $F_m(\text{top})$ belirlenmiştir. Eşitlik 4.8’de ortalama S/N değerine bağlı bir katsayısı olan “ Δ ”, hesaplamalarda kayma güvenlik sayısı için 1.828, devrilme güvenlik sayısı için 7.071 ve toptan göçme güvenlik sayısı için 4.155 olarak alınmıştır.

Eşitlik 4.8’de toplam etki katsayısı olarak tanımlanan “ λ ”, ψ_B , $\psi_{B\text{ön}}$, ψ_d , ψ_k ve ψ_ϕ sırasıyla temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, temel kalınlığı, dış yüksekliği ve içsel sürtünme açısı parametre etki katsayılarının “ Δ ” ile toplanmasıyla elde edilmektedir. Parametre etki katsayılarının matematiksel ifadeleri açıklamaları ile birlikte Çizelge 4.42’de verilmiştir.

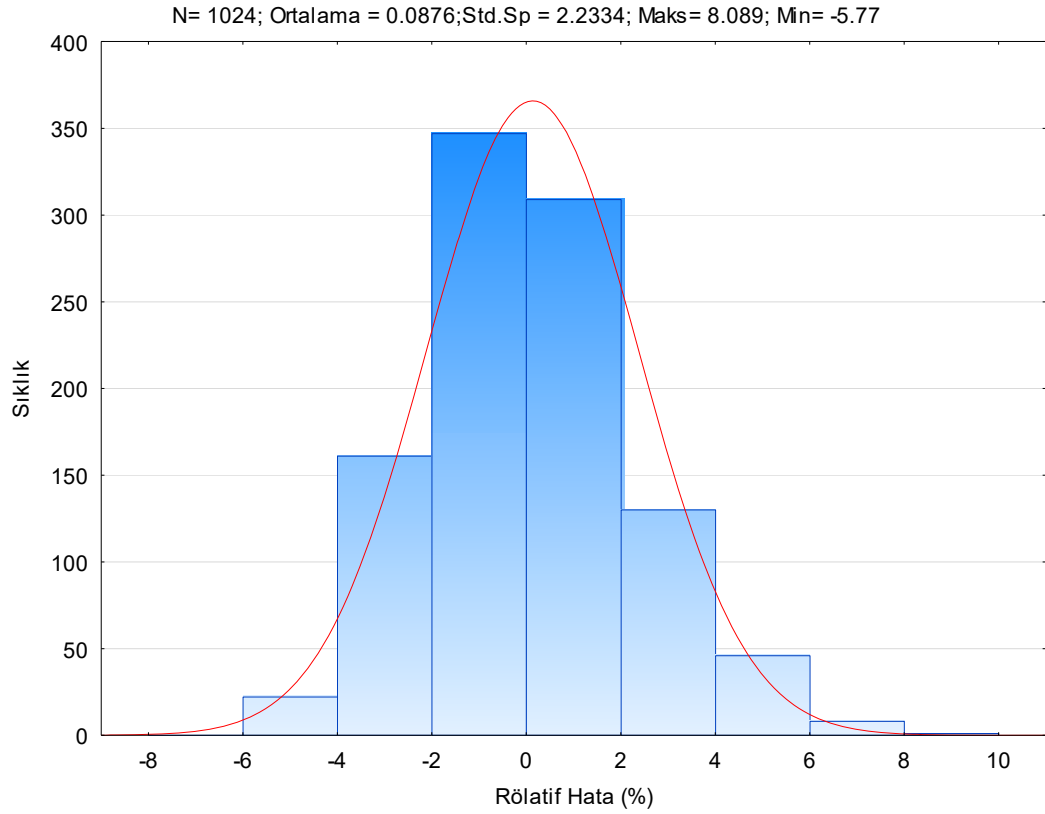
Duvar yüksekliği $H=6\text{m}$ olan dışli konsol dayanma duvarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesi için geliştirilen matematiksel modellerin güvenilirliği araştırılmıştır. 4 farklı seviyeye sahip 5 parametrenin tüm tasarım kombinasyonlarını kapsayan 1024 (4^5) tasarım elde edilmiştir. Elde edilen 1024 tasarım verisi kullanılarak hem numerik analizleri ile hem de matematiksel modeller ile kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Elde edilen numerik analiz güvenliğini ve matematiksel model güvenliğini karşılaştırabilmek için rölatif hata değerleri Eşitlik 3.6 ile hesaplanmıştır. Hesaplanan rölatif hata değerleri kullanılarak normal dağılım eğrileri ile birlikte çizilen rölatif hata histogramları kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla Şekil 4.69, Şekil 4.70 ve Şekil 4.71’ de verilmiştir.

Çizelge 4.42. H=6m duvar yüksekliğine sahip dişli konsol dayanma duvarı matematiksel model etki katsayıları (ψ)

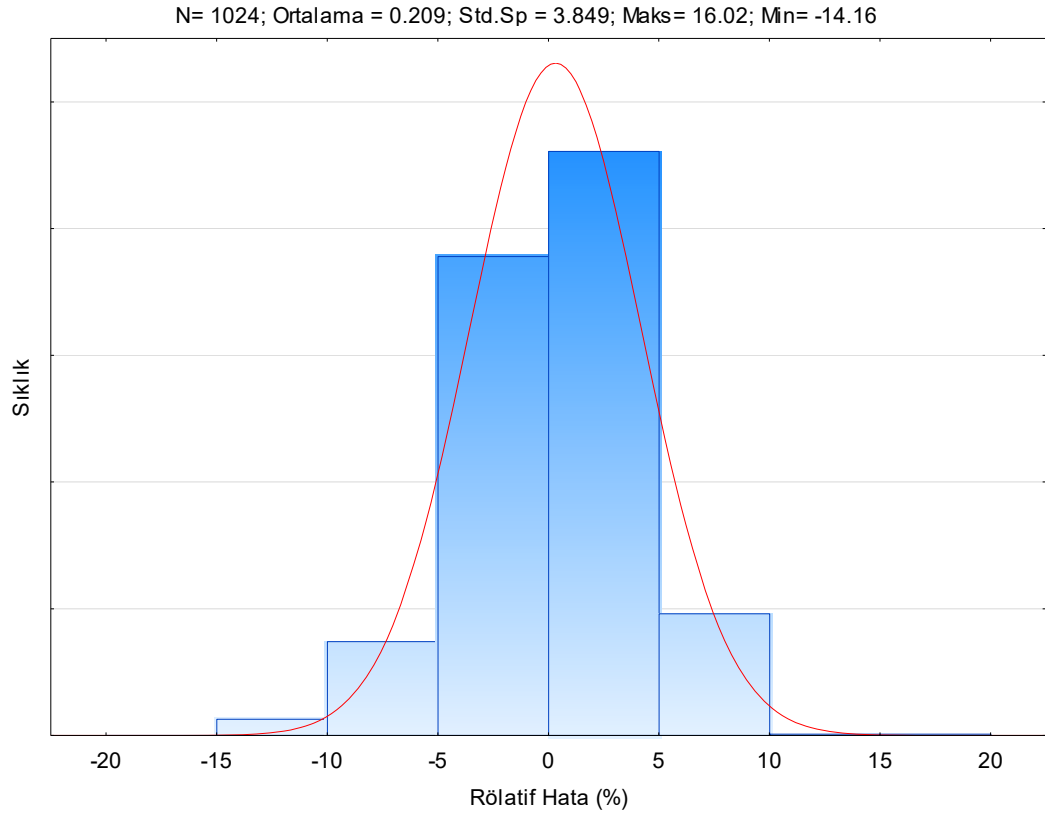
Parametre	Güvenlik sayısı	Matematik model
(B/H)=0.25-1.0	Fm(kay)	$\psi_B = -2.9222(B/H)^3 + 4.8625(B/H)^2 + 6.1558(B/H) - 4.61955$
	Fm(dev)	$\psi_B = 25.183(B/H)^3 - 74.027(B/H)^2 + 90.709(B/H) - 30.4155$
	Fm(top)	$\psi_B = -2.6924(B/H)^3 + 5.3412(B/H)^2 - 0.5284(B/H) - 0.2906$
(B _{ön} /B)=0.15-0.60	Fm(kay)	$\psi_{B_{ön}} = 53.257(B_{ön}/B)^3 - 66.217(B_{ön}/B)^2 + 16.087(B_{ön}/B) + 1.0137$
	Fm(dev)	$\psi_{B_{ön}} = -3.5462(B_{ön}/B)^3 - 5.1692(B_{ön}/B)^2 - 0.5368(B_{ön}/B) + 2.7870$
	Fm(top)	$\psi_{B_{ön}} = -3.8265(B_t/B)^3 + 5.122(B_t/B)^2 - 4.1083(B_t/B) + 1.8302$
(d/H)=0.06-0.10	Fm(kay)	$\psi_d = -7779.7(d/H)^3 + 2345.1(d/H)^2 - 183.65(d/H) - 2.9186$
	Fm(dev)	$\psi_d = -221.39(d/H)^3 + 85.031(d/H)^2 - 13.424(d/H) + 2.1253$
	Fm(top)	$\psi_d = -2642.2(d/H)^3 + 803.07(d/H)^2 - 51.226(d/H) + 0.4476$
k=0.60-1.20	Fm(kay)	$\psi_k = 10.598(k/d)^3 - 27.626(k/d)^2 + 25.231(k/d) - 7.7408$
	Fm(dev)	$\psi_k = 6.8728(k/d)^3 - 17.623(k/d)^2 + 15.485(k/d) - 3.3055$
	Fm(top)	$\psi_k = 8.7879(k/d)^3 - 23.378(k/d)^2 + 21.412(k/d) - 5.9276$
Ø=20°-41°	Fm(kay)	$\psi_{\phi} = 13.751(\tan\phi)^3 - 29.866(\tan\phi)^2 + 48.583(\tan\phi) - 20.9606$
	Fm(dev)	$\psi_{\phi} = -2.7265(\tan\phi)^3 + 4.2554(\tan\phi)^2 + 12.922(\tan\phi) - 7.3203$
	Fm(top)	$\psi_{\phi} = 11.344(\tan\phi)^3 - 31.821(\tan\phi)^2 + 41.136(\tan\phi) - 14.5234$
ψ_B	Duvar yüksekliğine bağlı temel taban genişliği etki katsayısı, $X_1(H)$	
$\psi_{B_{ön}}$	Temel taban genişliğine bağlı ön çıkma mesafesi etki katsayısı, $X_2(X_1)$	
ψ_d	Duvar yüksekliğine bağlı temel kalınlığı etki katsayısı, $X_3(H)$	
ψ_k	Diş yüksekliği etki katsayısı, X_5	
ψ_{ϕ}	İçsel sürtünme açısı etki katsayısı, ϕ	
B	Temel taban genişliği	
B _{ön}	Ön çıkma mesafesi	
d	Temel kalınlığı	
k	Diş yüksekliği	
Ø	İçsel sürtünme açısı	



Şekil 4.69. Kayma güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



Şekil 4.70. Devrilme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m



Şekil 4.71. Toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata dağılımı, H=6m

Daha önceki bölümde de bahsedildiği gibi veri setinin normal dağılıma sahip olması elde edilen matematiksel modelinin kullanılabilirliği açısından önemlidir. Verilen rölatif hata dağılımlarının aritmetik ortalama, mod, medyan, çarpıklık ve basıklık katsayı değerleri Çizelge 4.43’de verilmiştir.

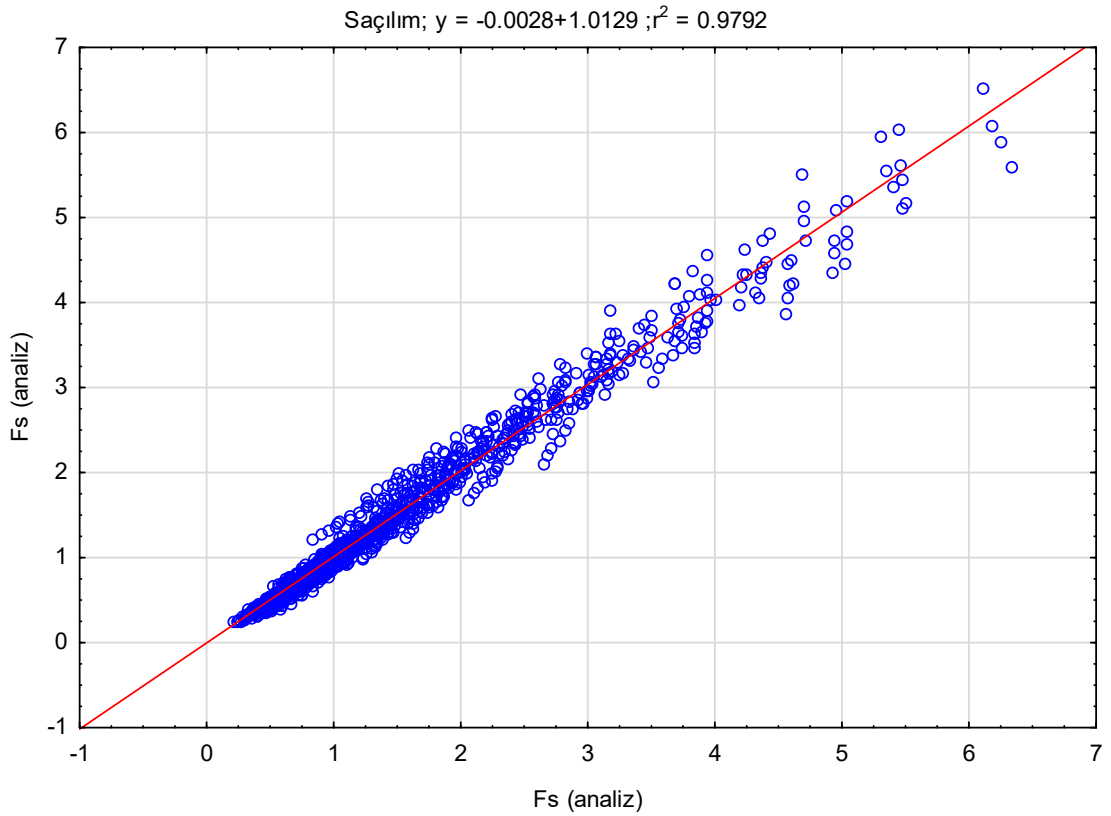
Çizelge 4.43. H=6m histogram normal dağılım değerlendirme

	Kayma Güvenlik Sayısı	Devrilme Güvenlik Sayısı	Toptan Göçme Güvenlik Sayısı
Medyan	-0.112	-0.061	0.427
Mod	0.000	0.000	0.000
Ortalama	0.059	0.088	0.209
Basıklık katsayısı	0.157	0.151	0.645
Çarpıklık katsayısı	0.422	0.395	-0.379

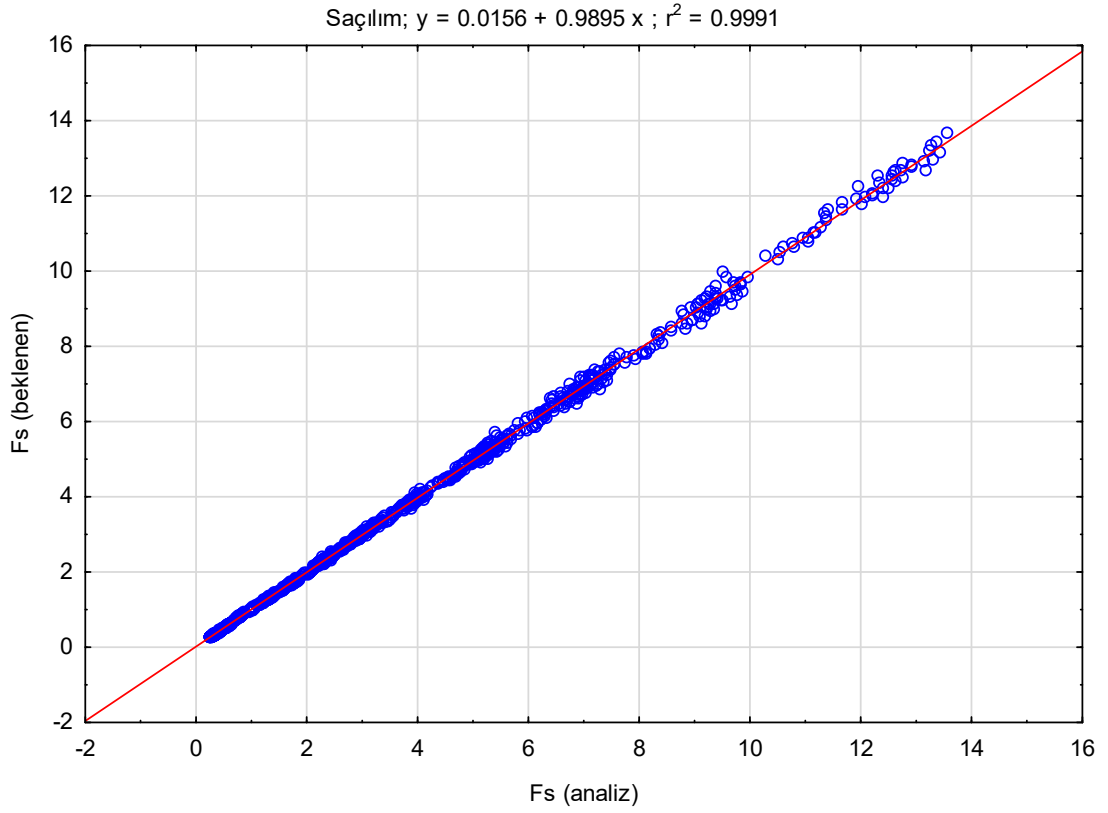
Çizelgede verilen değerler incelendiği zaman medyan, mod ve ortalama değerlerinin tüm güvenlik sayıları için yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmektedir. Ayrıca basıklık ve çarpıklık katsayılarının yaklaşık olarak sıfıra eşit olması geliştirilen matematiksel modelin 1024 verili rölatif hata dağılımlarının yaklaşık olarak normal dağılıma sahip olduğunu göstermektedir.

Tüm konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre 1024 duvar tasarımına ait numerik analiz sonucu elde edilen $F_s(\text{analiz})$ ile matematiksel modelle hesaplanan $F_s(\text{beklenen})$ güvenlik sayılarının saçılım grafikleri kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla Şekil 4.72, Şekil 4.73 ve Şekil 4.74'te verilmiştir.

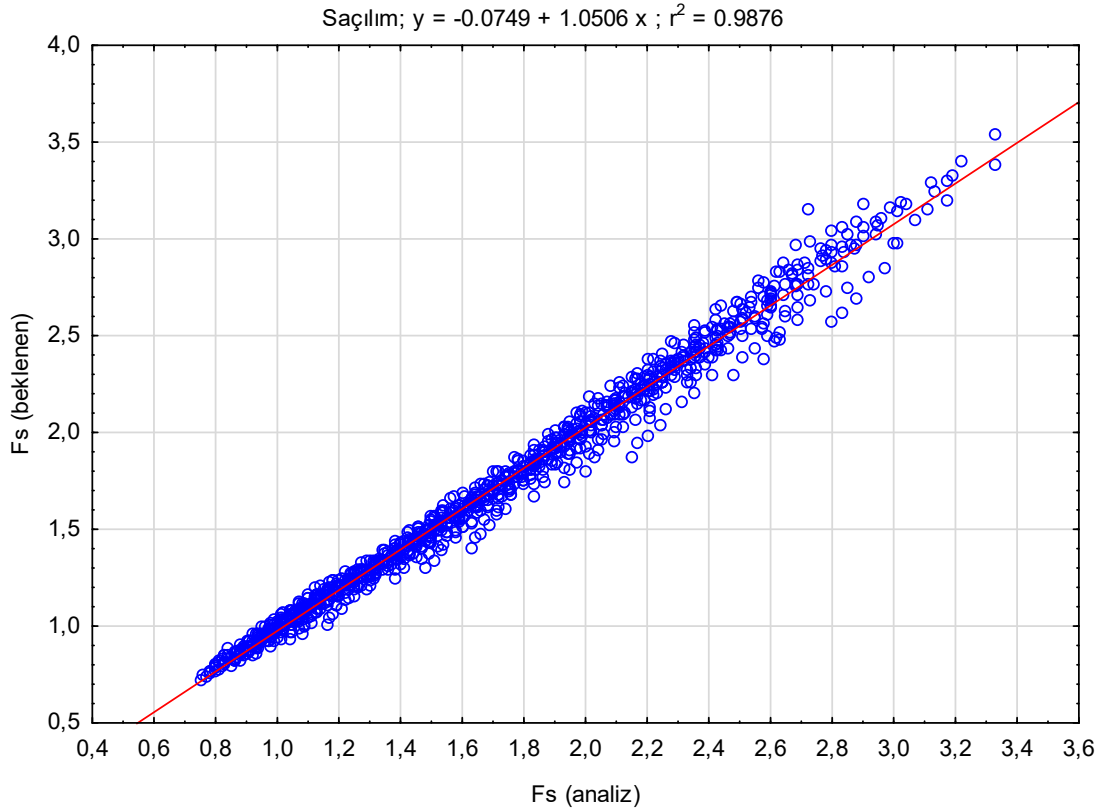
Duvar yüksekliği $H=6\text{m}$ olan dişli konsol dayanma duvarının 1024 tasarım verisinin ortalama mutlak rölatif hata değerleri kayma güvenlik sayısı için %8, devrilme güvenlik sayısı için %2 ve toptan göçme güvenlik sayısı için %3 olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.72. Kayma güvenlik sayısı için $F_s(\text{analiz})$ ve $F_s(\text{beklenen})$ dağılımı, $H=6\text{m}$



Şekil 4.73. Devrilme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=6m$



Şekil 4.74. Toptan göçme güvenlik sayısı için F_s (analiz) ve F_s (beklenen) dağılımı, $H=6m$

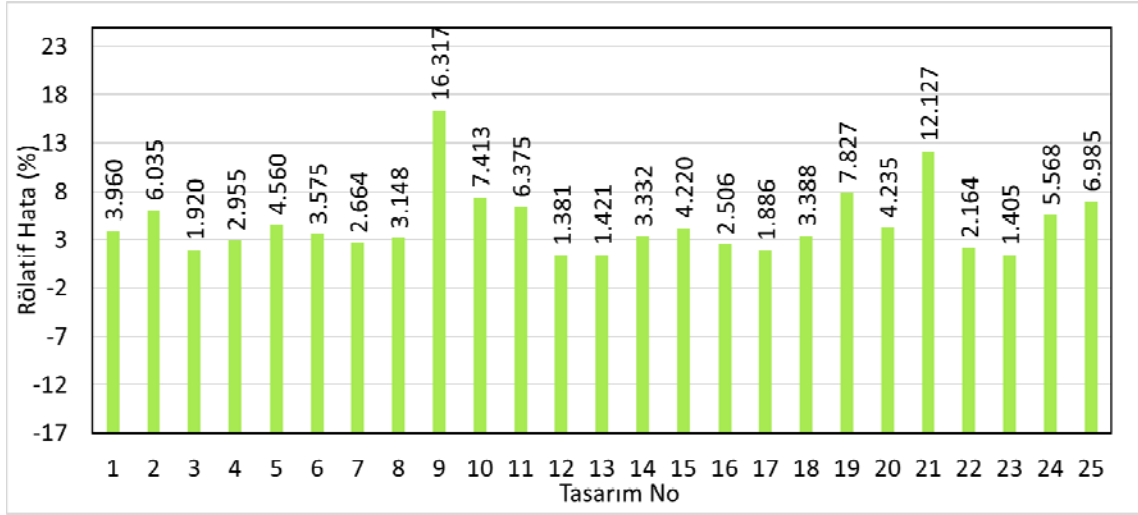
4.4.2. Matematiksel model ile örnek tasarım

Konsol dayanma duvar için yapılan matematiksel model incelemesinde $H=6\text{m}$ duvar yüksekliği için geliştirilen matematiksel modelin $H=4\text{m}$ ve $H=8\text{m}$ için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Aynı varsayımla dışlı konsol dayanma duvarında $H=6\text{m}$ için geliştirilen matematiksel modelin duvar yüksekliği $H=4\text{m}$ ile $H=8\text{m}$ arasında olan duvar tasarımlarında kullanılabilmesi için incelemeler yapılmıştır. Bu kapsamda $H=4\text{-}8\text{m}$ arasında ve diğer tasarım parametreleri Çizelge 4.4'te belirtilen parametre seviyelerinden farklı ve parametre alt-üst limitlerini geçmemesi koşuluyla 25 adet rastgele tasarım verisi seçilmiştir. Tasarım parametrelerinin rastgele seçilme işlemi MATLAB yazılımında rand fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. 25 adet rastgele seçilen tasarım için matematiksel model güvenlik sayıları hesaplanmış ve aynı değerler için GEO5 yazılımında numerik analizlerle güvenlik sayıları elde edilmiş ve tasarım parametreleri ile birlikte Çizelge 4.44'te verilmiştir. Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için elde edilen mutlak rölatif hata değerleri sırasıyla Şekil 4.75, Şekil 4.76 ve Şekil 4.77'de verilmiştir.

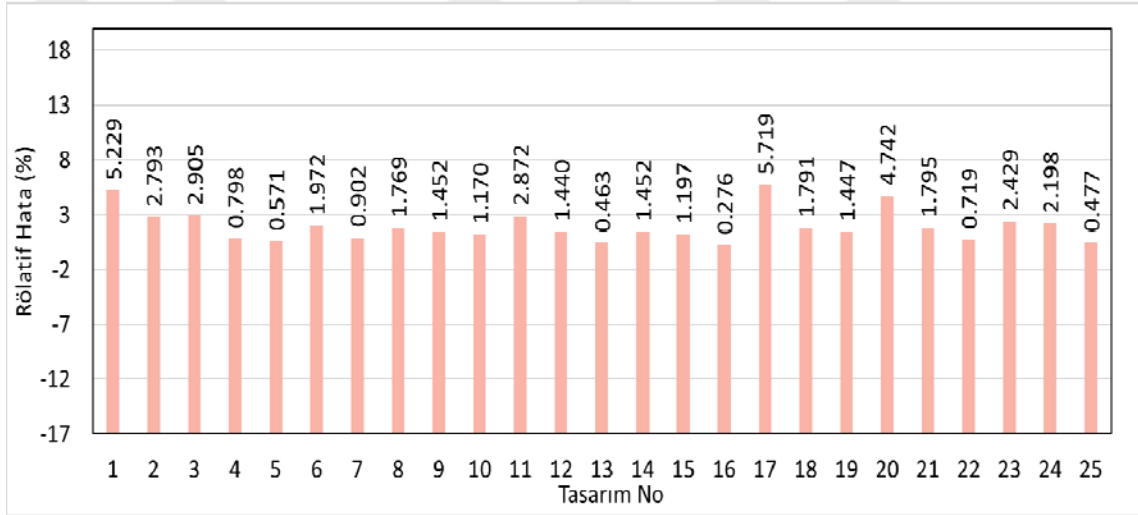
Kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için verilen rölatif hata grafikleri (Şekil 4.75-4.77) incelendiği zaman $H=6\text{m}$ için geliştirilen matematiksel modelin $H=4\text{-}8\text{m}$ arasında duvar gövde yüksekliğine sahip dışlı konsol dayanma duvarı stabilite analizlerinde kullanılabileceği görülmüştür. Rastgele parametre değerleri için hesaplanan mutlak rölatif hata değerleri kayma güvenlik sayısı için maksimum %16, devrilme güvenlik sayısı için %6 ve toptan göçme güvenlik sayısı için ise %6 olarak elde edilmiştir. 25 adet tasarıma ait ortalama mutlak hata kayma güvenlik sayısı için %5, devrilme güvenlik sayısı için %2 ve toptan göçme güvenlik sayısı için ise %2 olarak bulunmuştur. Elde edilen mutlak rölatif hata değerleri incelendiği zaman, $H=6\text{m}$ için elde edilen matematiksel modelin dışlı konsol dayanma duvarı tasarım parametrelerinin tanımlı alt ve üst sınır değerleri arasında ve $H=4\text{-}8\text{m}$ için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesinde güvenilir ve etkili bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.44. Matematiksel modelle örnek tasarımda 25 adet dişli konsol dayanma duvarı tasarım sonuçları

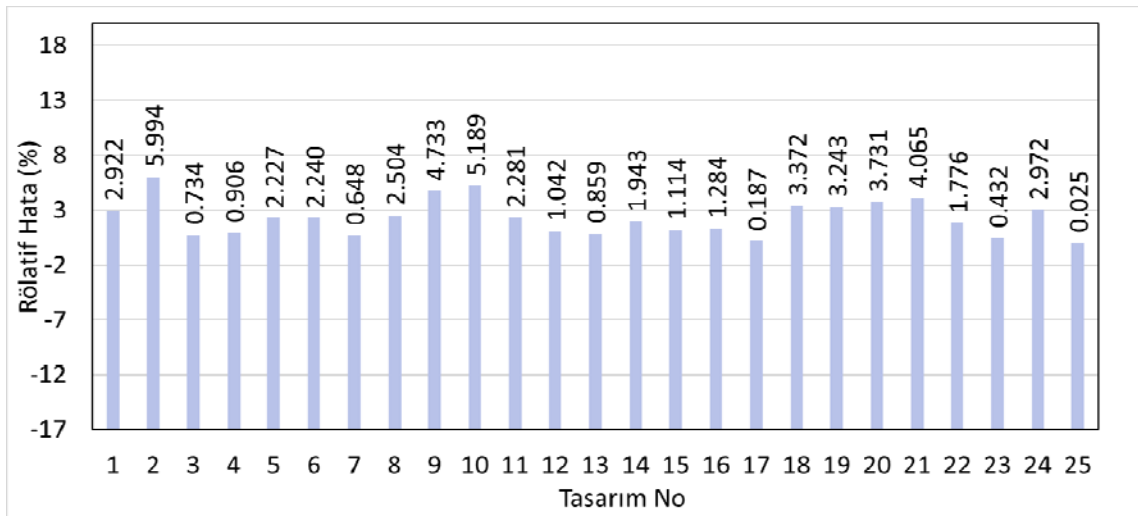
No	Tasarım Parametreleri						Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
	H (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)	Ø (°)	Fm(k)	Fm(d)	Fm(tg)	Fs(k)	Fs(d)	Fs(tg)
1	4	1.20	0.24	0.28	0.17	22	0.44	0.52	0.90	0.46	0.55	0.93
2	5	1.75	0.39	0.50	0.43	37	1.77	1.28	1.98	1.67	1.32	2.11
3	6	2.70	1.35	0.78	0.74	35	1.43	1.60	1.96	1.41	1.65	1.95
4	7	4.55	1.82	0.70	0.63	40	2.61	4.67	2.36	2.54	4.63	2.34
5	8	7.20	3.96	0.88	0.62	24	0.81	3.82	1.29	0.77	3.84	1.26
6	5	4.00	1.40	0.50	0.38	25	0.96	3.78	1.33	1.00	3.85	1.36
7	7	2.80	1.23	0.98	0.62	26	0.72	0.90	1.32	0.70	0.90	1.31
8	4	2.20	0.62	0.32	0.35	37	1.94	3.21	2.00	2.01	3.27	2.05
9	6	5.70	1.37	0.78	0.98	30	2.40	7.21	2.15	2.06	7.31	2.05
10	8	4.80	1.25	0.56	0.59	33	1.42	3.22	1.68	1.54	3.26	1.77
11	4	2.80	1.18	0.40	0.38	28	1.02	3.16	1.48	1.09	3.25	1.51
12	5	1.95	0.66	0.65	0.40	21	0.55	0.76	1.03	0.54	0.78	1.02
13	6	5.10	0.87	0.78	0.54	31	2.10	5.73	2.01	2.07	5.76	1.99
14	7	3.15	1.42	0.56	0.42	38	1.45	1.93	1.86	1.41	1.96	1.90
15	8	7.36	4.12	0.56	0.48	32	1.22	5.53	1.64	1.27	5.60	1.66
16	6	1.68	0.32	0.60	0.42	23	0.57	0.48	1.06	0.58	0.48	1.05
17	4	1.48	0.64	0.44	0.40	36	1.41	1.21	1.90	1.39	1.28	1.90
18	8	3.36	1.88	0.64	0.61	29	0.63	1.03	1.28	0.65	1.05	1.32
19	7	6.72	1.88	0.98	0.83	34	2.88	7.96	2.37	2.67	8.08	2.30
20	5	1.80	0.56	0.35	0.23	21	0.41	0.68	0.86	0.42	0.72	0.89
21	6	1.68	0.64	0.84	0.59	38	1.79	0.80	2.16	1.60	0.78	2.08
22	8	6.16	3.33	0.88	0.66	23	0.68	2.78	1.19	0.66	2.76	1.17
23	4	2.24	1.19	0.40	0.32	35	1.30	2.43	1.81	1.32	2.49	1.82
24	5	4.10	2.42	0.70	0.67	22	0.74	2.86	1.27	0.70	2.93	1.23
25	7	3.01	0.84	0.49	0.56	39	2.00	2.17	2.05	1.87	2.18	2.05



Şekil 4.75. Rastgele seçilen tasarımların kayma güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



Şekil 4.76 Rastgele seçilen tasarımların devrilme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



Şekil 4.77. Rastgele seçilen tasarımların toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

5. DAYANMA DUVARLARININ OPTİMUM TASARIMI

Dayanma duvarlarının tasarımına etki eden, duvar boyutlarını ve zemin özelliklerini kapsayan birçok parametre bulunmaktadır. Dayanma duvarlarının tasarım sürecinde zemin özellikleri ve duvar boyutlarına göre belirlenen kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının tahkiklerini sağlayan tasarımların elde edilmesi çok bilinmeyenli zor bir mühendislik problemidir. Aynı zamanda duvar stabilitesini sağlayan tasarımlar arasında ekonomik olan tasarımların bulunması birçok deneme yapmayı gerektirmektedir. Bu sebeple stabilite koşullarını sağlayan ve ekonomik olan dayanma duvarlarının optimum (en iyi) tasarımlarının elde edilmesinde sezgisel yöntemlerin kullanılması hem güvenilir hem de ekonomik tasarımların kısa zamanda elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu bölümde konsol, eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının optimum tasarımları Bölüm 3’ te verilen harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak elde edilmiştir. Konsol, eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının sezgisel algoritmalarla optimum tasarımlarının matematiksel olarak tanımlanmasında Bölüm 4’ te bulunan matematiksel modeller kullanılmıştır.

5.1. Dayanma Duvarlarının Optimum Tasarımı ve Algoritma Parametreleri

5.1.1. Tasarım değişkenleri

Konsol dayanma duvarı için Çizelge 4.34, eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı için Çizelge 4.39 ve dişli konsol dayanma duvarı için Çizelge 4.42’ de verilen matematiksel modellerin tanımlı olduğu alt-üst limitler dikkate alınarak dayanma duvarlarının optimizasyon analizlerinde kullanılan tasarım değişkenleri artım miktarları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Geliştirilen matematiksel modellerde tasarım değişkeni olarak alınan içsel sürtünme açısı (θ), tüm optimizasyon analizlerinde 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 ve 42° değerleri için sabit alınmıştır. Dayanma duvar yüksekliği, H=4, 5, 6, 7 ve 8m için tüm içsel sürtünme açısı değerlerine göre ayrı ayrı tekrarlanarak 60 farklı tasarım durumu için optimizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 5.1’ de verilen tasarım değişkenlerinin değerleri farklı dayanma duvar tipine göre belirlenmiş 16x4’lük matris formatında tasarım uzayı Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Tasarım değişkenleri ve alt-üst sınırları

	Tasarım Değişkenleri	Alt Sınır	Üst Sınır	Artım Miktarı
Konsol dayanma duvarı	X ₁ Temel taban genişliği	0.25 H	1.0 H	0.05 H
	X ₂ Gövdeden çıkma mesafesi	0.15 X ₁	0.60 X ₁	0.05 X ₁
	X ₃ Temel plağının kalınlığı	0.06 H	0.15 H	0.015 H
	X ₄ Duvar eğimi (%)	0	4	1
Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı	X ₁ Temel taban genişliği	0.25 H	1.0 H	0.05 H
	X ₂ Gövdeden çıkma mesafesi	0.15 X ₁	0.60 X ₁	0.05 X ₁
	X ₃ Temel plağının kalınlığı	0.06 H	0.15 H	0.015 H
	m: Taban eğimi (%)	8	26	2
Dışli konsol dayanma duvarı	X ₁ Temel taban genişliği	0.25 H	1.0 H	0.05 H
	X ₂ Gövdeden çıkma mesafesi	0.15 X ₁	0.60 X ₁	0.05 X ₁
	X ₃ Temel plağının kalınlığı	0.06 H	0.15 H	0.015 H
	X ₅ : Eşik yüksekliği	0.60 X ₃	1.20 X ₃	0.05 X ₃

Çizelge 5.2. Optimizasyon analizlerinde kullanılan tasarım uzayı

Sıra No	Konsol dayanma duvarı				Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı				Dışli konsol dayanma duvarı			
	X ₁ (H)	X ₂ (X ₁)	X ₃ (H)	X ₄ (%)	X ₁ (H)	X ₂ (X ₁)	X ₃ (H)	m (%)	X ₁ (H)	X ₂ (X ₁)	X ₃ (H)	X ₅ (%)
1	0.25	0.15	0.060	0	0.25	0.15	0.060	0.08	0.25	0.15	0.060	0.60
2	0.30	0.20	0.075	0.01	0.30	0.20	0.075	0.10	0.30	0.20	0.075	0.65
3	0.35	0.25	0.090	0.02	0.35	0.25	0.090	0.12	0.35	0.25	0.090	0.70
4	0.40	0.30	0.105	0.03	0.40	0.30	0.105	0.14	0.40	0.3	0.105	0.75
5	0.45	0.35	0.120	0.04	0.45	0.35	0.120	0.16	0.45	0.35	0.120	0.80
6	0.50	0.40	0.135		0.50	0.40	0.135	0.18	0.50	0.40	0.135	0.85
7	0.55	0.45	0.150		0.55	0.45	0.150	0.20	0.55	0.45	0.150	0.90
8	0.60	0.50			0.60	0.50		0.22	0.60	0.50		0.95
9	0.65	0.55			0.65	0.55		0.24	0.65	0.55		1.00
10	0.70	0.60			0.70	0.60		0.26	0.70	0.6		1.05
11	0.75				0.75				0.75			1.10
12	0.80				0.80				0.80			1.15
13	0.85				0.85				0.85			1.20
14	0.90				0.90				0.90			
15	0.95				0.95				0.95			
16	1.00				1.00				1.00			

5.1.2. Sınırlayıcılar

Dayanma duvarlarının optimum tasarımlarında duvar stabilitesinin kontrolünde kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları dikkate alınmıştır. Bu sebeple güvenlik sayılarının belirlenmesi için geliştirilen matematiksel modeller güvenlik sayıları eşitsizlik sınırlayıcıları olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca optimum ön çıkma mesafesinin belirlenmesinde ön çıkma mesafesinin temel taban genişliğinden daha büyük değer almaması koşulu için bir adet geometri eşitsizlik sınırlayıcısı kullanılmıştır. Konsol dayanma duvar tasarımında kullanılan sınırlayıcılar normalize edilmiş matematiksel ifadeler şeklinde kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için Çizelge 5.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Optimizasyon analizlerinde kullanılan normalize edilmiş sınırlayıcılar

Kayma güvenlik sayısı üst limit sınırlayıcı	$g_x(1) = 1 - (F_{sk} / F_{sk \min}) \leq 0$
Kayma güvenlik sayısı alt limit sınırlayıcı	$g_x(2) = (F_{sk} / F_{sk \max}) - 1 \leq 0$
Devrilme güvenlik sayısı üst limit sınırlayıcı	$g_x(3) = 1 - (F_{sd} / F_{sd \min}) \leq 0$
Devrilme güvenlik sayısı alt limit sınırlayıcı	$g_x(4) = (F_{sd} / F_{sd \max}) - 1 \leq 0$
Toptan göçme güvenlik sayısı üst limit sınırlayıcı	$g_x(5) = 1 - (F_{st} / F_{st \min}) \leq 0$
Toptan göçme sayısı alt limit sınırlayıcı	$g_x(6) = (F_{st} / F_{st \max}) - 1 \leq 0$
Geometrik sınırlayıcı $a = X_4$ (Konsol dayanma duvarı) $a = 0.02$ (Eğik taban yüzü ve dişli konsol dayanma duvarı)	$g_x(7) = \frac{X_2 + 0.25 + H \cdot a}{X_1} - 1 \leq 0$

Burada F_{sk} , F_{sd} ve F_{st} ifadeleri sırasıyla kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına karşılık gelmekte olup matematiksel model bölümünde genel ifade olarak verilen Eşitlik 4.7 ve Eşitlik 4.8 ile hesaplanmaktadır. Konsol, eğik taban yüzü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarına ait kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları Bölüm 4’te detayları verilen matematiksel modeller kullanılarak hesaplanmıştır.

Sınırlayıcıları sağlayan duvar tasarımlarının belirlenmesinde Deb tarafından önerilen kural (Deb, 2000; Babalik ve ark., 2018) kullanılmıştır.

Dayanma duvarlarının optimum tasarımında, duvarın stabilite koşullarını sağlamak için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına alt limit ve

ekonomik tasarım elde edebilmek için aynı güvenlik sayılarına üst limit tanımlanmıştır. Tüm güvenlik sayılarının alt limiti 1.3 ve üst limit 3.0 olarak alınmıştır.

Yapılan optimizasyon analizlerinde içsel sürtünme açısının düşük değerlerinde güvenlik sayısının hem alt hem de üst limitini sağlayan olası sonuçlar elde edilememiştir. Konsol dayanma duvar optimizasyon analizlerinde tanımlanan tasarım değişkenlerinin $\theta=20-22-24-26-28^\circ$ olduğu durumlarda kayma ve toptan göçme güvenlik sayılarının aynı anda 1.3'den büyük, devrilme güvenlik sayısının ise 3.0'den küçük olduğu hiçbir optimal tasarım elde edilememiştir. Bu sebeple konsol, eğik taban yüzülü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının alt ve üst limitlerinin belirlenmesinde kılavuz olması için tasarım havuzları oluşturulmuştur. Bu tasarım havuzları oluşturulurken bir duvar yüksekliği ($H=4$ m) ve 12 farklı içsel sürtünme açısı değerleri ($\theta= 20-22-24-26-28-30-32-34-36-38-40-42^\circ$) için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının minimum ve maksimum değerleri belirlenmiş ve aynı işlemler diğer duvar yükseklikleri ($H=5, 6, 7, 8$ m) için de tekrarlanmıştır. Tasarım havuzlarında bulunan tasarımlar Çizelge 5.2'de tanımlanan tasarım değişkenlerinin değerlerini kapsamaktadır. Optimizasyon analizlerinde güvenlik sayıları sınırlayıcılarının alt ve üst limitlerinin belirlenmesinde elde edilen değerler kullanılmıştır. Güvenlik sayılarının minimum ve maksimum değerleri için kullanılan tasarım havuz sonuç tablosu konsol dayanma duvarı için Çizelge 5.4'te, eğik taban yüzülü konsol dayanma duvarı için Çizelge 5.5'te ve dişli konsol dayanma duvarı için Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.4'te konsol dayanma duvarı için verilen sonuçlar incelendiği zaman $\theta=20^\circ$ ve $\theta=22^\circ$ için tüm güvenlik sayılarının 1.3' den büyük olduğu tasarım elde edilemezken $\theta \geq 30^\circ$ için 1.3-3.0 arasında güvenlik sayısına sahip tasarımlar elde edilmiştir. Eğik taban yüzülü konsol dayanma duvar tasarımı için Çizelge 5.5'te verilen güvenlik sayıları, tüm içsel sürtünme açısı değerleri için güvenlik sayılarının 1.3'den büyük ve $\theta \geq 28^\circ$ için 1.3-3.0 olduğu tasarımların elde edildiğini göstermiştir. Eğik taban yüzülü konsol dayanma duvar tasarımında içsel sürtünme açısının değişiminin güvenlik sayılarına etkisi konsol ve dişli konsol dayanma duvar sonuçları arasında kalmaktadır. Güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu tasarımlar konsol dayanma duvarı için $\theta \geq 30^\circ$ olduğu durumda elde edilmiş, dişli konsol dayanma duvarı için ise $\theta \geq 26^\circ$ olduğu durumda elde edilmiştir. Buna göre eğik taban yüzülü konsol dayanma duvar tasarımında 1.3-3.0 arasında olan güvenlik sayı değerleri $\theta \geq 28^\circ$ olduğu durumda elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. Konsol dayanma duvarı optimizasyon analizlerinde kullanılan güvenlik sayısı sınırlayıcılarının alt-üst limitleri

$\emptyset$ (°)	F_{sk}		F_{sd}		F_{sk}	
	min	maks	min	maks	min	maks
20	Stabilite koşullarını sağlayan ($F_s > 1.3$) tasarım elde edilemedi					
22						
24	1.30	1.50	1.30	6.00	1.30	1.50
26		2.00		6.00	1.30	2.00
28		2.00		5.00		2.00
30-42		3.00		3.00		3.00

Çizelge 5.5. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı optimizasyon analizlerinde kullanılan güvenlik sayısı sınırlayıcılarının alt-üst limitleri

$\emptyset$ (°)	F_{sk}		F_{sd}		F_{st}	
	min	maks	min	maks	min	maks
20	1.3	3.0	1.3	5.0	1.3	3.0
22				4.5		
24				4.0		
26				3.5		
28-42				3.0		

Çizelge 5.6. Dişli konsol dayanma duvarı optimizasyon analizlerinde kullanılan güvenlik sayısı sınırlayıcılarının alt-üst limitleri

$\emptyset$ (°)	F_{sk}		F_{sd}		F_{sk}	
	min	maks	min	maks	min	maks
20	Stabilite koşullarını sağlayan ($F_s > 1.3$) tasarım elde edilemedi					
22	1.3	3.0	1.3	5.0	1.3	3.0
24				4.0		
26-42				3.0		

5.1.3.Amaç fonksiyonu

Optimizasyon probleminin amaç fonksiyonu olarak optimum güvenlik sayılarını veren duvar tasarımlarını elde etmek amacıyla kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarından faydalanılarak çok amaçlı amaç fonksiyonu tanımlanmıştır. Çok amaçlı amaç fonksiyonunun tanımlanmasında “Ağırlıklı toplam amaç fonksiyonu modeli” kullanılmıştır (Fishburn, 1967; Triantaphyllou, 2000). Bu modelde amaç

fonksiyonlarında her bir amaç bir katsayı ile ağırlıklandırılır ve ağırlıklandırılmış amaç fonksiyonlarının toplamı nihai amaç fonksiyonunu verir. Modele göre kullanılan ağırlık katsayılarının toplamı 1 olmalıdır.

Bu tez kapsamında kullanılan optimizasyon probleminde amaç fonksiyonu ağırlık katsayılarının belirlenmesi için güvenlik sayılarının her birinin tasarıma katkısının aynı ağırlıkta olduğu kabulüne göre ağırlık katsayıları 0.33 olarak alınmıştır. Optimizasyon probleminin çözümünde kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının minimum değerlerini bulması hedeflenen amaç fonksiyonu Eşitlik 5.1 ile verilmiştir.

$$f_{\min} = 0.33F_{sk} + 0.33F_{sd} + 0.33F_{st} \quad (5.1)$$

Konsol, eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının optimum tasarımlarında verilen amaç fonksiyonunun minimum olduğu duvar tasarımları yapılan optimizasyon analizleri ile elde edilmiştir.

5.1.4. Algoritma parametreleri

Konsol, eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının optimizasyon analizleri harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak yapılmıştır. Dayanma duvarlarının optimizasyon problemlerinde bahsedilen tasarım değişkenleri, sınırlayıcılar ve çoklu amaç fonksiyonu her iki algoritma için de aynı alınmıştır. HAA parametreleri ve YAKA parametreleri Bölüm 3' te detaylı olarak açıklanmıştır. Dayanma duvarlarının optimizasyon analizlerinde dikkate alınan algoritma parametre değerleri HAA için Çizelge 5.7'de ve YAKA için Çizelge 5.8'de verilmiştir.

Optimizasyon analizlerinde kullanılan HAA parametreleri olan HMCR, PAR ve HMS değerleri ile YAKA parametreleri olan PS, BS, MR ve limit değerleri literatürde bu parametrelerin farklı değerlerinin sonuca etkisi ile ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilerek uygun değerler arasından seçilmiştir. Algoritmalar için belirlenen maksimum iterasyon sayısı devam eden analizlerle elde edilen global sonuçların artık değişiklik göstermediği döngü sayısıdır. Bu tez kapsamında MATLAB yazılımı kullanılarak oluşturulan algoritma kodları maksimum iterasyon sayısına ulaşınca

kadar işletilip optimum sonuçlar elde edilmiştir. Yazılım algoritma her çalıştırıldığında farklı çekirdek değerleri kullandığından, optimizasyon işlemi birçok kez tekrarlandığında farklı optimum sonuçların elde edilebileceği görülmüştür. Bu sebeple maksimum iterasyon sayısı kadar işletilen algoritmalar ayrıca seçilen deneme sayısı kadar tekrar çalıştırılmıştır.

Çizelge 5.7. HAA parametreleri

Algoritma Parametresi	Değer
Harmoni hafıza matris boyutları, HMS	30
Harmoni hesaba katma oranı, HMCR	0.95
İki değer arasındaki ayarlama oranı, PAR	0.30
Maksimum iterasyon sayısı, maksiter	5000
Deneme sayısı, run	500

Çizelge 5.8. YAKA parametreleri

Algoritma Parametresi	Değer
Popülasyon sayısı, PS	30
Besin sayısı, BS	15
Modifikasyon oranı; MR	0.40
Limit	60
Maksimum iterasyon sayısı, maksiter	5000
Deneme sayısı, run	500

Konsol, eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının optimum tasarımları için verilen sınırlayıcıları sağlayan ve minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının değerlerini veren optimum duvar tasarımları optimizasyon analizleri ile HAA ve YAKA için elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar duvar tipleri ve kullanılan algoritmaya göre ayrı başlıklarla aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı sunulmuştur.

5.2. Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Analiz Sonuçları

Konsol dayanma duvarının Harmoni Arama Algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak optimum tasarımı için; geliştirilen matematiksel model kullanılmıştır. H=4m-8m duvar yüksekliğine sahip konsol dayanma duvarlarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının hesaplanması için

temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3) ve duvar ön yüz eğimi (X_4) tasarım değişkenleri olarak alınmıştır. $\emptyset=20-22-24-26-28-30-32-34-36-38-40-42^\circ$ ve $H=4-5-6-7-8\text{m}$ için optimizasyon analizleri yapılmıştır. Konsol dayanma duvarının optimizasyon analizlerinde Çizelge 4.2’de tanımlanan tasarım değişkenleri kullanılmıştır.

5.2.1. Konsol dayanma duvarı için HAA tasarımları

Konsol dayanma duvarı için Çizelge 5.3’te tanımlanan sınırlayıcıları sağlayan optimum duvar tasarımları HAA ile bulunmuştur. HAA kullanılarak Çizelge 5.4’e göre belirlenen güvenlik sayıları sınırlayıcılarının alt ve üst limitlerine göre tüm içsel sürtünme açıları için uygun çözümler bulunmuştur. Çizelge 5.7’de verilen algoritma parametreleri kullanılarak optimizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre tüm içsel sürtünme açıları için her çözüm bulma sürecinde tekrarlayan analizlerle bulunan çözümlerin değişmediği optimizasyon analiz sonuçları Ek-2’de verilmiştir. İçsel sürtünme açısı 20° ve 22° olduğu durumlarda stabilite koşulları sağlanan duvar tasarımı elde edilememiştir. Diğer içsel sürtünme açısı değerleri için elde edilen uygun çözümler arasından en minimum amaç fonksiyonu değerine (minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına) sahip optimum tasarımlar $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13’te verilmiştir.

Çizelge 5.9. $H=4\text{m}$ optimum tasarım değerleri

No	$\emptyset (^\circ)$	$X_1(\text{m})$	$X_2(\text{m})$	$X_3 (\text{m})$	$X_4(\%)$	$f_{\min}$
1	24	4.000	0.800	0.600	0.000	2.7040
2	26	3.400	0.510	0.600	0.000	2.3472
3	28	3.000	0.450	0.600	0.000	2.1859
4	30	2.400	0.360	0.600	0.000	1.8285
5	32	2.000	0.300	0.600	0.000	1.6422
6	34	1.800	0.270	0.540	3.000	1.5896
7	36	1.600	0.400	0.600	3.000	1.5131
8	38	1.400	0.280	0.300	0.000	1.4423
9	40	1.400	0.490	0.300	0.000	1.4732
10	42	1.400	0.700	0.240	0.000	1.4624

Çizelge 5.10. H=5m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (%)	f _{min}
1	24	5.000	1.000	0.750	0.000	2.7040
2	26	4.250	0.638	0.750	0.000	2.3472
3	28	3.750	0.563	0.750	0.000	2.1859
4	30	3.000	0.450	0.750	0.000	1.8285
5	32	2.500	0.375	0.750	0.000	1.6422
6	34	2.250	0.338	0.675	3.000	1.5896
7	36	2.000	0.500	0.750	3.000	1.5131
8	38	1.750	0.350	0.375	0.000	1.4423
9	40	1.750	0.613	0.375	0.000	1.4732
10	42	1.750	0.875	0.300	0.000	1.4624

Çizelge 5.11. H=6m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (%)	f _{min}
1	24	6.000	1.200	0.900	0.000	2.7040
2	26	5.100	0.765	0.900	0.000	2.3472
3	28	4.500	0.675	0.900	0.000	2.1859
4	30	3.600	0.540	0.900	0.000	1.8285
5	32	3.000	0.450	0.900	0.000	1.6422
6	34	2.700	0.405	0.810	3.000	1.5896
7	36	2.400	0.600	0.900	3.000	1.5131
8	38	2.100	0.420	0.450	0.000	1.4423
9	40	2.100	0.735	0.450	0.000	1.4732
10	42	2.100	1.050	0.360	0.000	1.4624

Çizelge 5.12. H=7m optimum tasarım değerleri

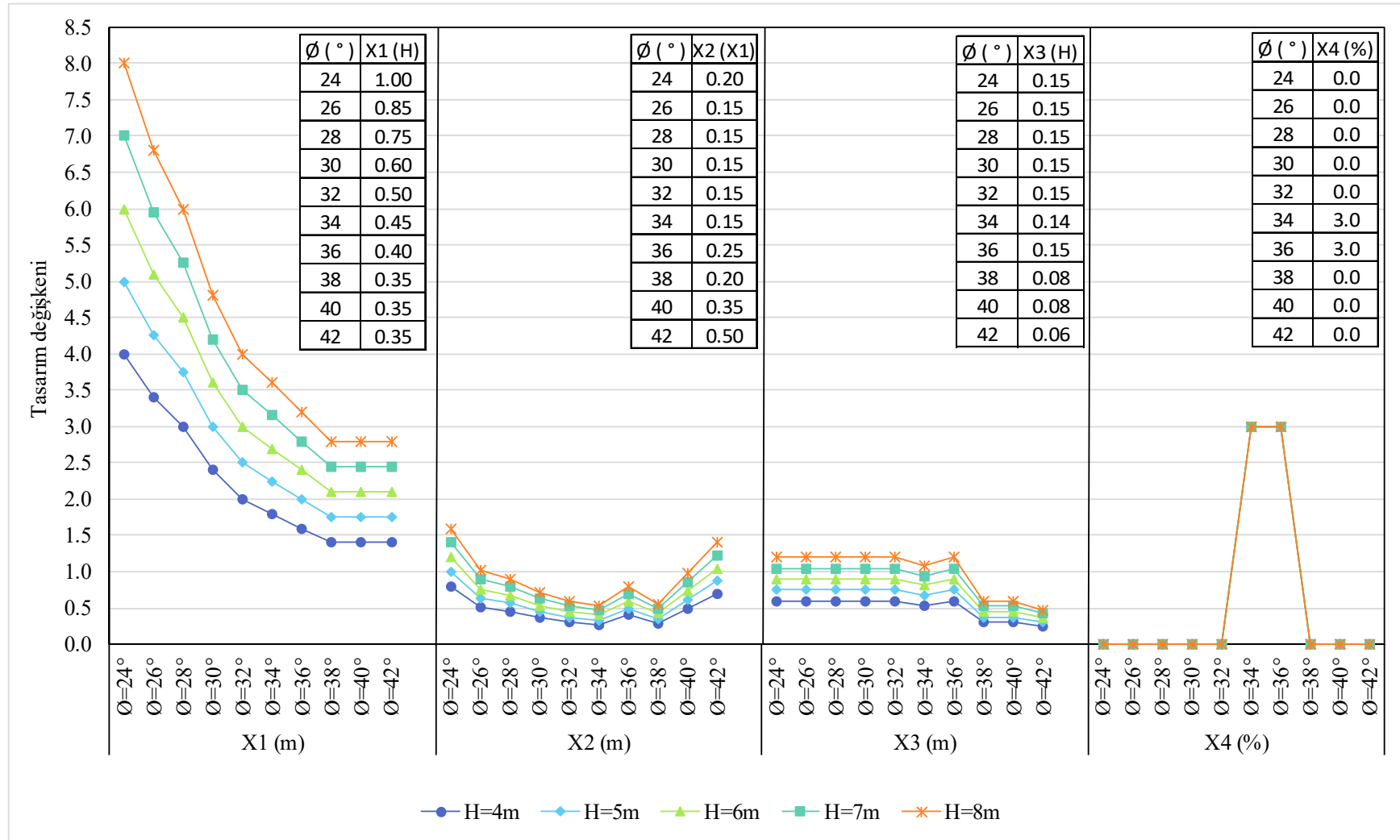
No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (%)	f _{min}
1	24	7.000	1.400	1.050	0.000	2.7040
2	26	5.950	0.893	1.050	0.000	2.3472
3	28	5.250	0.788	1.050	0.000	2.1859
4	30	4.200	0.630	1.050	0.000	1.8285
5	32	3.500	0.525	1.050	0.000	1.6422
6	34	3.150	0.473	0.945	3.000	1.5896
7	36	2.800	0.700	1.050	3.000	1.5131
8	38	2.450	0.490	0.525	0.000	1.4423
9	40	2.450	0.858	0.525	0.000	1.4732
10	42	2.450	1.225	0.420	0.000	1.4624

Çizelge 5.13. H=8m optimum tasarım değerleri

No	$\emptyset$ (°)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	X_4 (%)	f_{min}
1	24	8.000	1.600	1.200	0.000	2.7040
2	26	6.800	1.020	1.200	0.000	2.3472
3	28	6.000	0.900	1.200	0.000	2.1859
4	30	4.800	0.720	1.200	0.000	1.8285
5	32	4.000	0.600	1.200	0.000	1.6422
6	34	3.600	0.540	1.080	3.000	1.5896
7	36	3.200	0.800	1.200	3.000	1.5131
8	38	2.800	0.560	0.600	0.000	1.4423
9	40	2.800	0.980	0.600	0.000	1.4732
10	42	2.800	1.400	0.480	0.000	1.4624

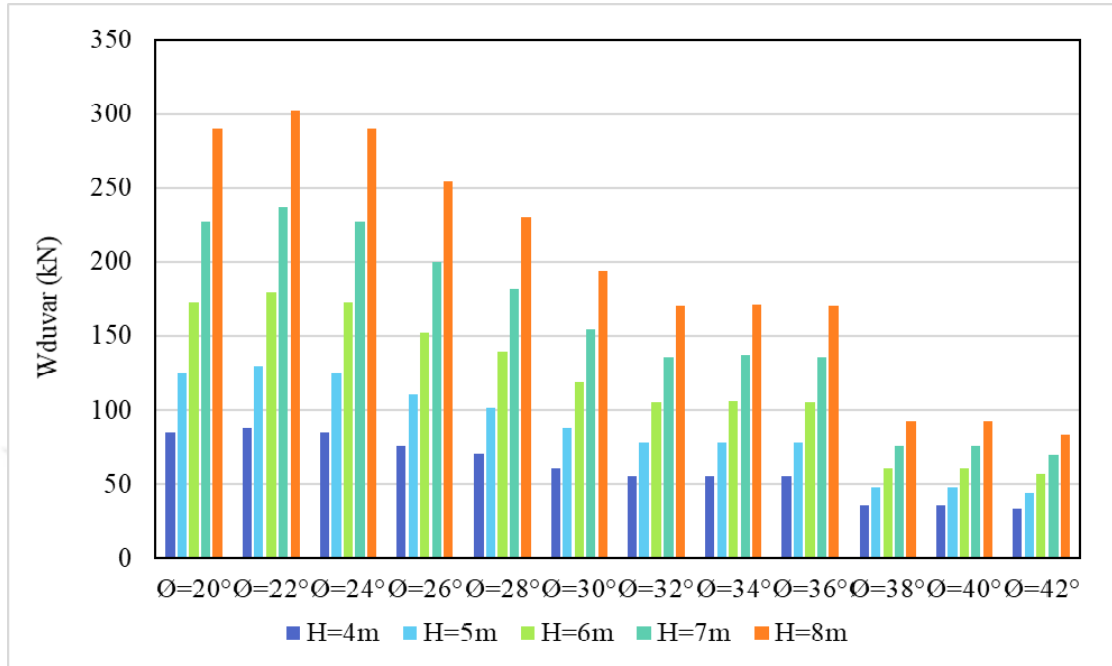
Konsol dayanma duvarının optimizasyonu sonucu elde edilen optimum tasarımların tüm duvar yükseklikleri ve duvar stabilitesini sağlayan içsel sürtünme açısı değerlerine göre optimum tasarım değişkenlerinin (optimum çözüm) değişim grafikleri için Şekil 5.1’de verilmiştir. Ayrıca bu şekilde optimum tasarım değişkenlerinin katsayıları da verilmiştir (Çizelge 5.1).

Şekil 5.1’de $\emptyset=24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40$ ve 42° için verilen optimum duvar boyutlarının değişim grafikleri incelendiğinde duvar ön yüz eğimi, X_4 ‘ün tüm duvar yükseklikleri için değişen içsel sürtünme açısı, $\emptyset$ (°) değerlerinde yaklaşık aynı değerlere sahip olduğu görülmektedir. Temel taban genişliği, X_1 artan içsel sürtünme değerlerinde geniş aralıkta değişim görülürken, ön çıkma mesafesi, X_2 ve temel kalınlığı, X_3 için dar aralıkta bir değişim görülmektedir. $\emptyset=38, 40$ ve 42° olduğu durumlarda temel taban genişliği $0.35H$ olarak elde edilirken diğer içsel sürtünme açısı değerleri için farklı sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 5.1. Konsol dayanma duvarı optimum duvar boyutları

Çizelge 5.9-Çizelge 5.13'te verilen optimum duvar boyutlarına göre hesaplanmış duvar ağırlıkları Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.2. Konsol dayanma duvarı için HAA ile elde edilen optimum duvar boyutlarına ait minimum duvar ağırlıkları

Şekil 5.2'de aynı konsol dayanma duvar yüksekliği ve içsel sürtünme açısı değerleri incelendiği zaman artan içsel sürtünme açısı ile birlikte duvar ağırlığı genellikle azalmaktadır. Aynı içsel sürtünme açısının farklı duvar yükseklik değerleri için incelediğinde artan duvar yüksekliği ile birlikte duvar ağırlığı artmaktadır.

Farklı duvar yükseklikleri için optimizasyon analizleriyle elde edilen en minimum amaç fonksiyonu değerini veren optimum duvar boyutları (Çizelge 5.9-Çizelge 5.13) kullanılarak numerik analizler GEO5'de kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için yeniden elde edilmiştir. Optimum duvar boyutlarına göre matematiksel tabanlı optimizasyon analizleri ile elde edilen güvenlik sayıları ve GEO5 kullanılarak numerik analizlerle elde edilen güvenlik sayıları H=4m, 5m, 6m, 7m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.14, Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18'de verilmiştir.

Çizelgelerde verilen kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları incelendiği zaman $\phi = 20^\circ$ ve 22° olduğu durumlarda güvenlik sayısının 1.3'den büyük olduğu tasarım elde edilemezken, güvenlik sayısının 3'ten küçük olduğu tasarımlar $\phi > 30^\circ$ için elde edilmiştir.

Çizelge 5.14. H=4m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	0.92	4.71	1.17	0.82	4.75	1.22
2	22	1.02	4.52	1.30	0.97	4.67	1.33
3	24	1.30	5.46	1.43	1.17	5.52	1.46
4	26	1.30	4.30	1.51	1.26	4.37	1.54
5	28	1.35	3.67	1.60	1.33	3.68	1.60
6	30	1.31	2.60	1.64	1.29	2.56	1.65
7	32	1.32	1.95	1.71	1.30	1.94	1.70
8	34	1.30	1.72	1.79	1.34	1.75	1.75
9	36	1.31	1.40	1.88	1.38	1.44	1.83
10	38	1.32	1.33	1.72	1.28	1.37	1.73
11	40	1.33	1.35	1.78	1.28	1.42	1.80
12	42	1.31	1.33	1.80	1.19	1.42	1.81

Çizelge 5.15. H=5m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	0.92	4.71	1.17	0.81	4.74	1.19
2	22	1.02	4.52	1.30	0.96	4.66	1.32
3	24	1.30	5.46	1.43	1.17	5.51	1.46
4	26	1.30	4.30	1.51	1.25	4.36	1.54
5	28	1.35	3.67	1.60	1.32	3.67	1.60
6	30	1.31	2.60	1.64	1.28	2.55	1.65
7	32	1.32	1.95	1.71	1.28	1.93	1.70
8	34	1.30	1.72	1.79	1.33	1.73	1.75
9	36	1.31	1.40	1.88	1.37	1.42	1.83
10	38	1.32	1.33	1.72	1.27	1.36	1.76
11	40	1.33	1.35	1.78	1.27	1.40	1.83
12	42	1.31	1.33	1.80	1.16	1.39	1.83

Çizelge 5.16. H=6m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	0.92	4.71	1.17	0.81	4.73	1.19
2	22	1.02	4.52	1.30	0.96	4.66	1.32
3	24	1.30	5.46	1.43	1.16	5.50	1.46
4	26	1.30	4.30	1.51	1.24	4.35	1.54
5	28	1.35	3.67	1.61	1.32	3.67	1.59
6	30	1.31	2.60	1.64	1.27	2.55	1.63
7	32	1.32	1.95	1.71	1.28	1.92	1.69
8	34	1.30	1.72	1.79	1.32	1.73	1.74
9	36	1.31	1.40	1.88	1.35	1.42	1.82
10	38	1.32	1.33	1.72	1.25	1.35	1.74
11	40	1.33	1.35	1.78	1.25	1.39	1.81
12	42	1.31	1.33	1.80	1.15	1.38	1.82

Çizelge 5.17. H=7m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

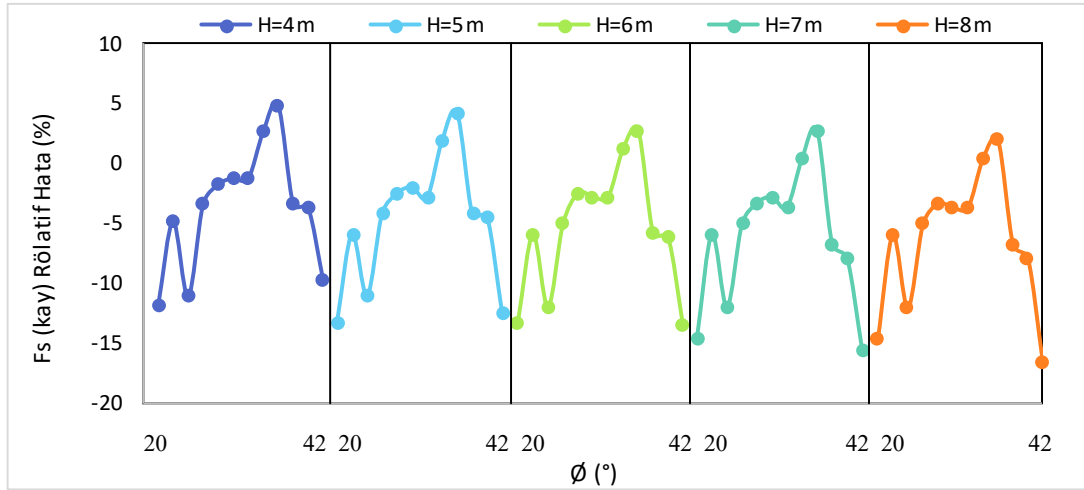
No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	0.92	4.71	1.17	0.80	4.72	1.19
2	22	1.02	4.52	1.30	0.96	4.65	1.32
3	24	1.30	5.46	1.43	1.16	5.49	1.45
4	26	1.30	4.30	1.51	1.24	4.35	1.53
5	28	1.35	3.67	1.61	1.31	3.66	1.59
6	30	1.31	2.60	1.64	1.27	2.54	1.63
7	32	1.32	1.95	1.71	1.27	1.92	1.68
8	34	1.30	1.72	1.79	1.31	1.73	1.74
9	36	1.31	1.40	1.88	1.35	1.41	1.83
10	38	1.32	1.33	1.72	1.24	1.35	1.75
11	40	1.33	1.35	1.78	1.23	1.38	1.80
12	42	1.31	1.33	1.80	1.13	1.36	1.81

Çizelge 5.18. H=8m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

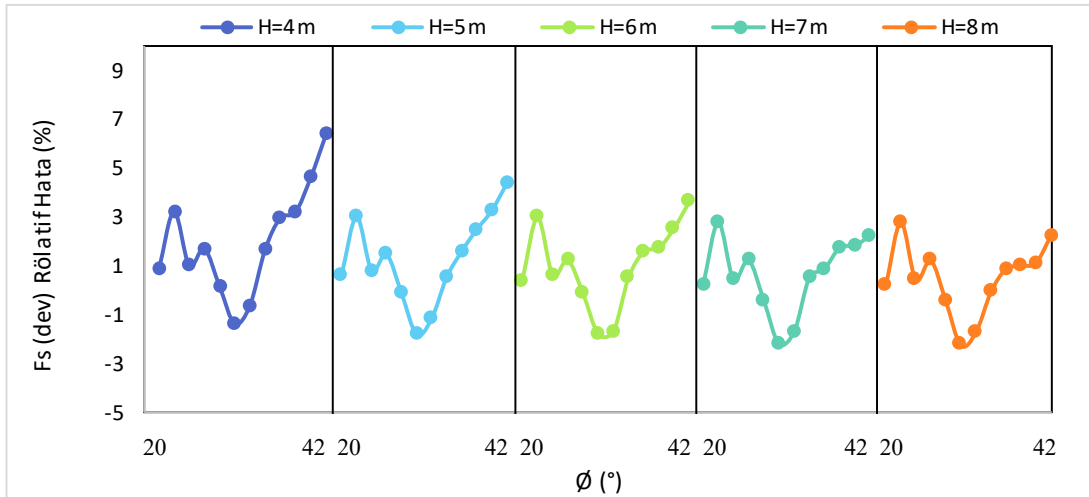
No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz (GEO5)		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	0.92	4.71	1.17	0.80	4.72	1.19
2	22	1.02	4.52	1.30	0.96	4.65	1.35
3	24	1.30	5.46	1.43	1.16	5.49	1.49
4	26	1.30	4.30	1.51	1.24	4.35	1.53
5	28	1.35	3.67	1.61	1.31	3.66	1.61
6	30	1.31	2.60	1.64	1.26	2.54	1.64
7	32	1.32	1.95	1.71	1.27	1.92	1.68
8	34	1.30	1.72	1.79	1.31	1.72	1.74
9	36	1.31	1.40	1.88	1.34	1.41	1.83
10	38	1.32	1.33	1.72	1.24	1.34	1.74
11	40	1.33	1.35	1.78	1.23	1.37	1.80
12	42	1.31	1.33	1.80	1.12	1.36	1.82

Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için rölatif hata değerleri matematiksel model ve numerik analizlerle elde edilen güvenlik sayıları kullanılarak hesaplanmıştır. Elde hata değerleri için çizilen grafikler kayma güvenlik sayısı için Şekil 5.3, devrilme güvenlik sayısı için Şekil 5.4 ve toptan göçme güvenlik sayısı için Şekil 5.5'te verilmiştir.

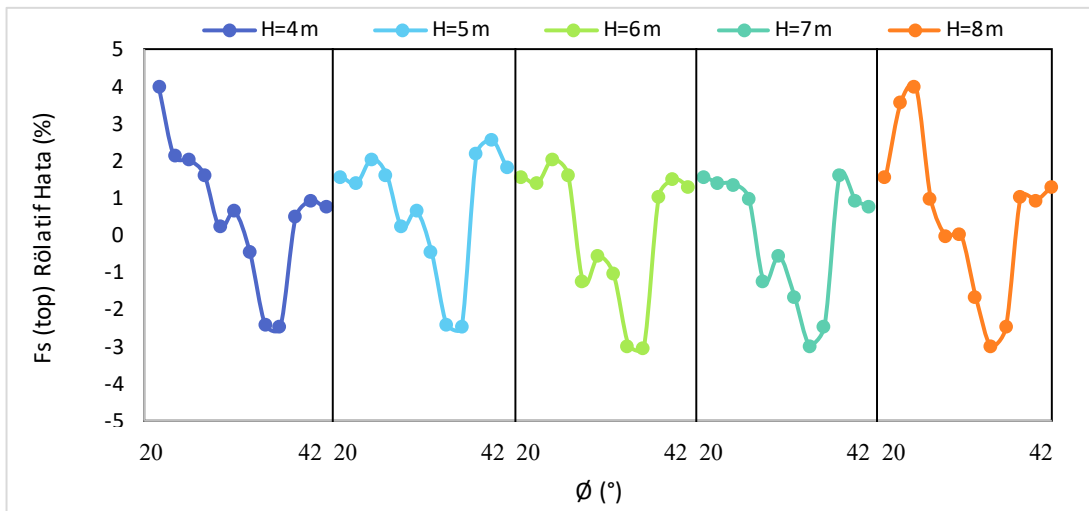
Şekillerde verilen rölatif hata değerleri incelendiğinde ortalama mutlak rölatif hata kayma güvenlik sayısı için %5, devrilme güvenlik sayısı için %1 ve toptan göçme güvenlik sayısı için %1 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, maksimum mutlak rölatif hatalar kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla %16, %6 ve %4 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler geliştirilen güvenlik sayısı matematiksel modellerinin güvenilir bir şekilde optimizasyon analizlerinde kullanılabileceğini göstermiştir.



Şekil 5.3. Kayma güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



Şekil 5.4. Devrilme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

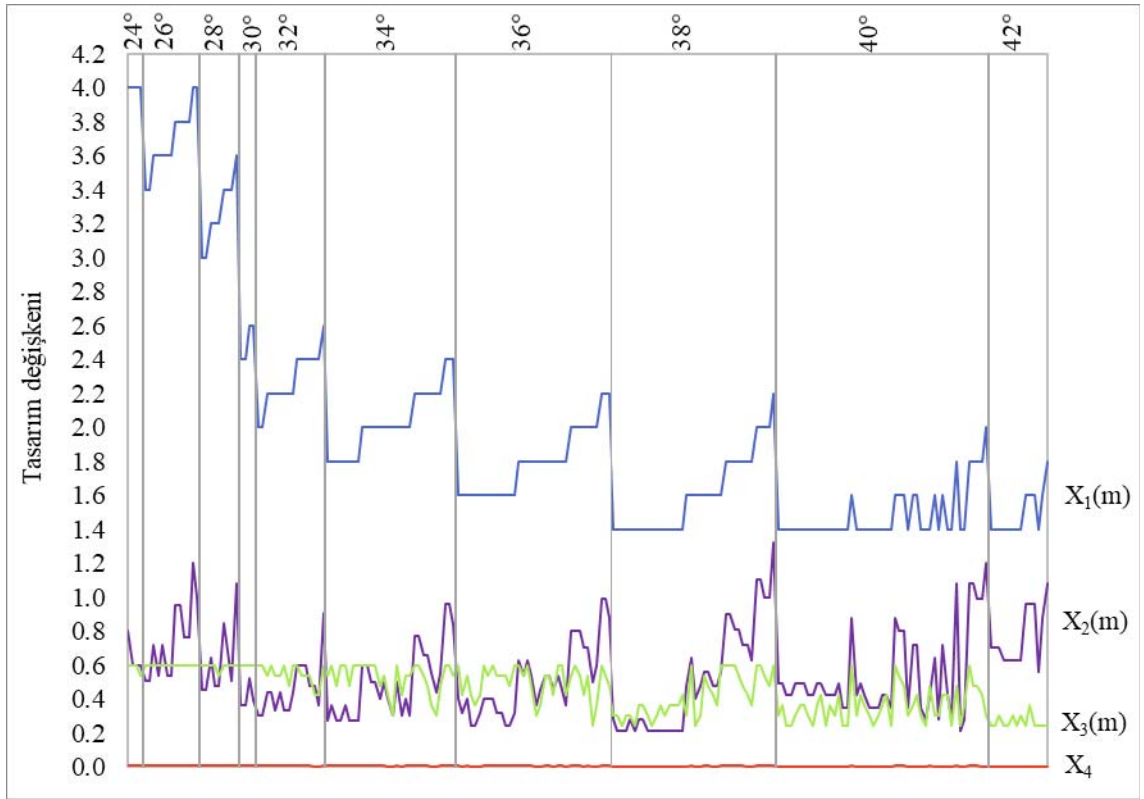


Şekil 5.5. Toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

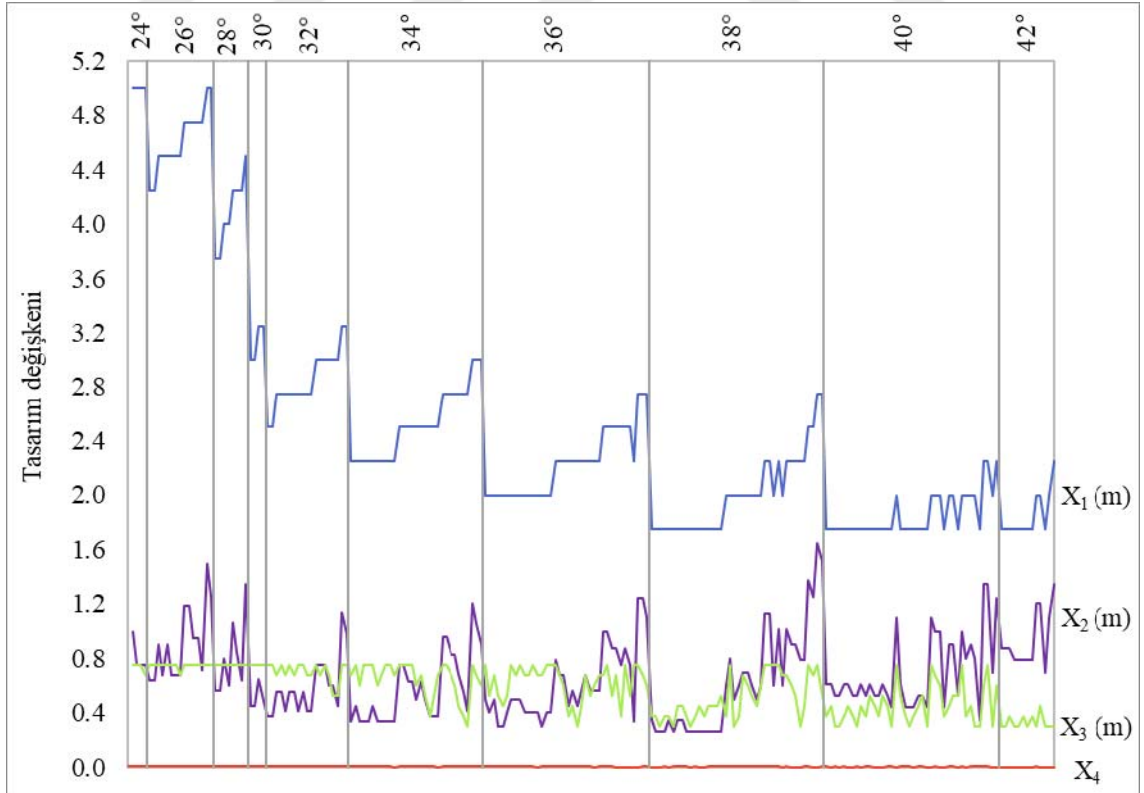
Optimizasyon analizleri sonucunda elde edilen temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3) ve duvar ön yüz eğimi (X_4) tasarım değişkenlerinin farklı duvar yüksekliği $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m ve farklı içsel sürtünme açıları için değerleri sırasıyla Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9 ve Şekil 5.10'da verilmiştir. Bu şekillerde $\phi=20^\circ$ ve 22° için tüm sınırlayıcıları sağlayan herhangi bir optimum tasarım elde edilemediği için bu içsel sürtünme açılarına ait sonuçlar sunulmamıştır.

Verilen grafiklere göre tasarım yapılacak zeminin içsel sürtünme açısının 24° 'den büyük olduğu durumlarda farklı duvar yükseklikleri için önerilen duvar boyutları (temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi ve temel kalınlığı) kullanılarak güvenlik sayılarının 1.3'den büyük olduğu duvar tasarımları elde edilebilir. Güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu tasarımlar sadece içsel sürtünme açısının 30° 'dan büyük olduğu zeminlerde elde edilebilmektedir. İçsel sürtünme açısının 20° ve 22° olduğu zeminlerde stabilite koşullarının sağlandığı tasarım elde edilemediği için önerilen duvar boyutları kapsamında değerlendirilmemiştir. Duvar ön yüz eğimi (X_4) yapılan optimizasyon analizleri sonucu tüm duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için yaklaşık olarak %0 olarak elde edilmesi sebebiyle minimum eğim olarak %2 referans eğimle konsol dayanma duvar tasarımları yapılabilir.

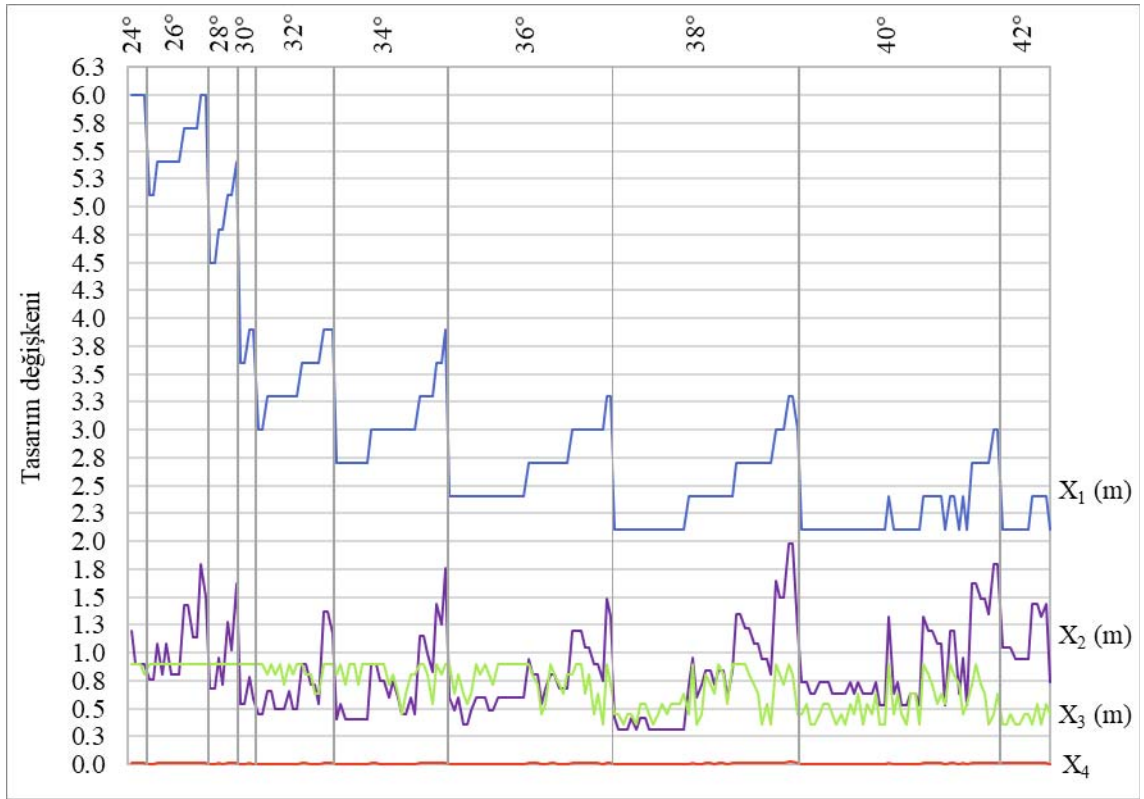
Konsol dayanma duvar tasarımında farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için tasarımlarda kullanılabilecek ön tasarım kılavuzu Çizelge 5.19'da verilmiştir. Bu çizelge önerilen duvar boyutları kullanılarak yapılan örnek tasarımlar ve bu tasarımların GEO5 yazılımında elde edilen güvenlik sayıları Çizelge 5.20'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen duvar boyutları ve ön tasarım kılavuzunun konsol dayanma duvar tasarımında güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.



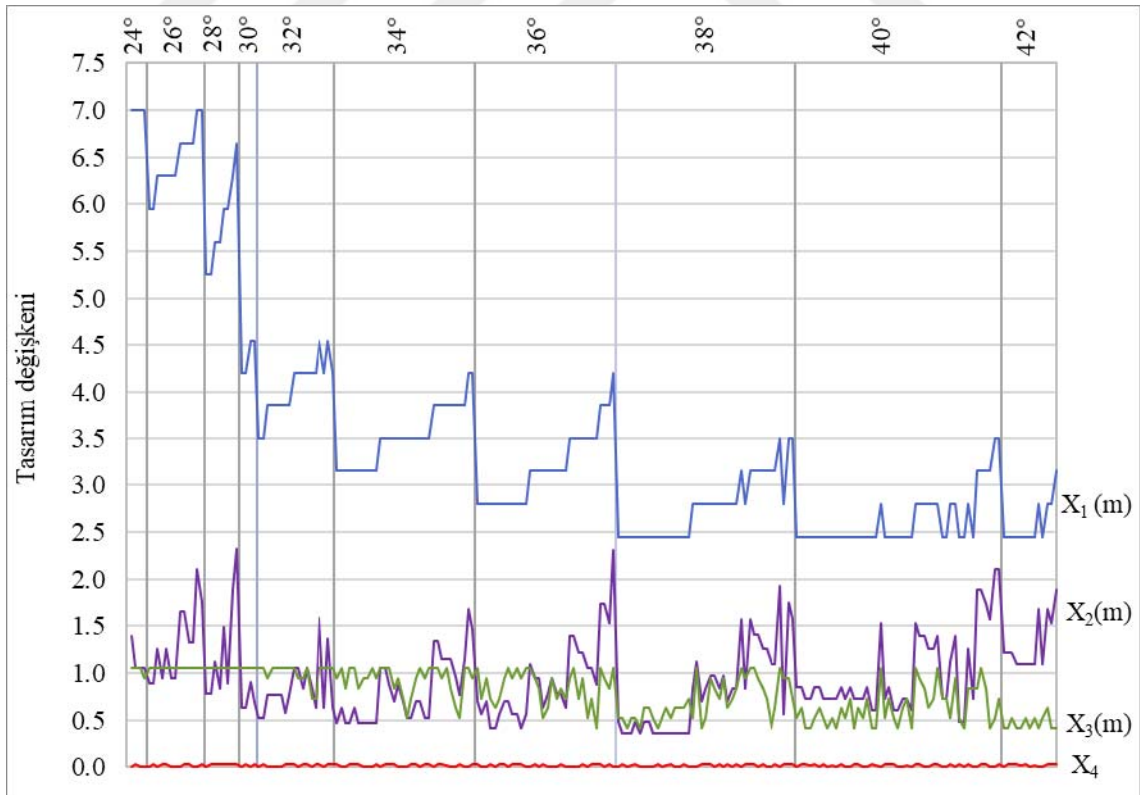
Şekil 5.6. $H=4$ m için önerilen duvar tasarımları



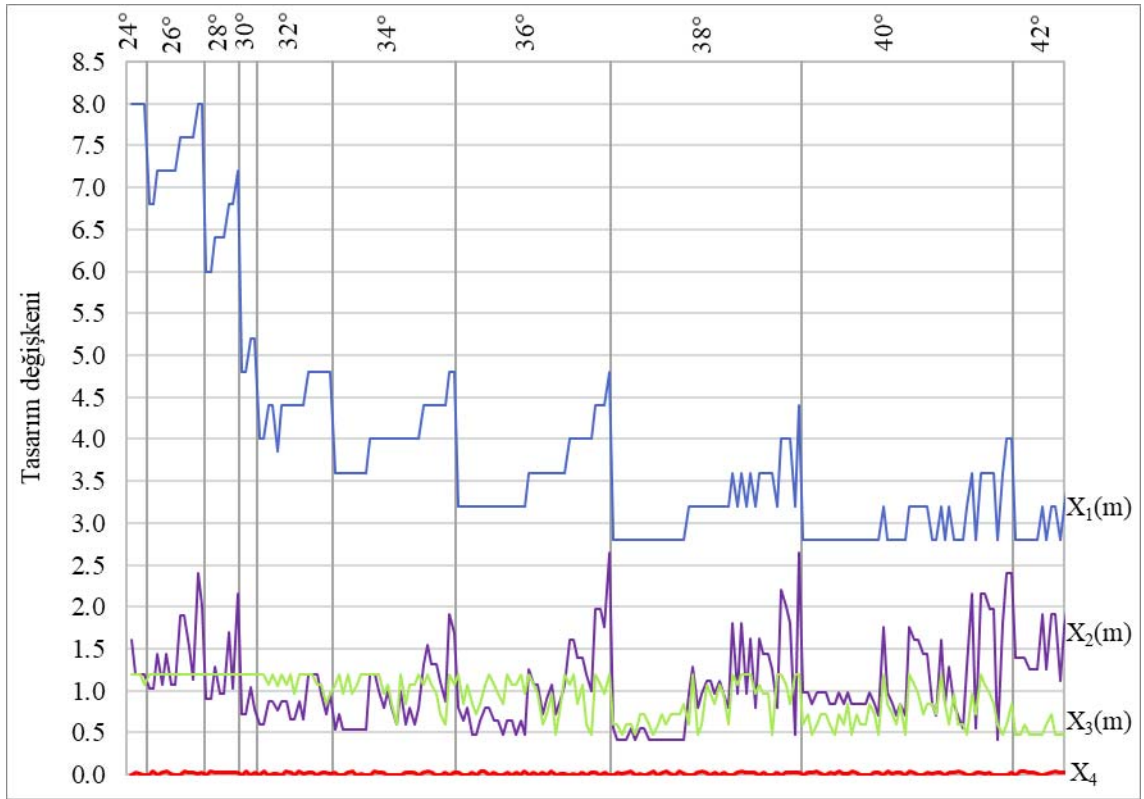
Şekil 5.7. $H=5$ m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.8. H=6 m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.9. H=7 m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.10. H=8 m için önerilen duvar tasarımları

Çizelge 5.19. Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için konsol dayanma duvar ön tasarım kılavuzu

	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)
H(m)	Ø=24° (1.30 < Fs(kay) < 1.40) (1.30 < Fs(dev) < 6.20) (1.30 < Fs(top) < 1.50)			Ø=26° (1.30 < Fs(kay) < 1.70) (1.30 < Fs(dev) < 6.70) (1.30 < Fs(top) < 1.70)			Ø=28° (1.30 < Fs(kay) < 1.90) (1.30 < Fs(dev) < 5.00) (1.30 < Fs(top) < 1.80)			Ø=30° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			Ø=32° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)		
4	4.00	0.60-0.80	0.54-0.60	3.40-4.00	0.51-1.00	0.60	3.00-3.60	0.45-1.08	0.54-0.60	2.40-2.60	0.36-0.52	0.60	2.00-2.60	0.30-0.91	0.42-0.60
5	5.00	0.75-1.00	0.68-0.75	4.25-5.00	0.64-1.50	0.68-0.75	3.75-4.50	0.56-1.35	0.75	3.00-3.25	0.45-0.65	0.75	2.50-3.25	0.38-1.14	0.53-0.75
6	6.00	0.90-1.20	0.81-0.90	5.10-6.00	0.77-1.80	0.90	4.50-5.40	0.68-1.62	0.90	3.60-3.90	0.54-0.78	0.90	3.00-3.90	0.45-1.37	0.63-0.90
7	7.00	1.40-1.05	0.95-1.05	5.95-7.00	0.89-2.10	1.05	5.25-6.65	0.79-2.33	1.05	4.20-4.55	0.63-0.91	1.05	3.50-4.55	0.53-1.59	1.05
8	8.00	1.20-1.60	1.08-1.20	6.80-8.00	1.02-2.40	1.20	6.00-7.20	0.90-2.16	1.20	4.80-5.20	0.72-1.04	1.20	3.85-4.80	0.60-1.20	0.84-1.20
H(m)	Ø=34° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			Ø=36° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			Ø=38° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			Ø=40° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			Ø=42° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)		
4	1.80-2.40	0.27-0.96	0.30-0.60	1.60-2.20	0.24-0.99	0.24-0.60	1.40-2.20	0.21-1.32	0.24-0.60	1.40-2.00	0.21-1.20	0.24-0.60	1.40-1.80	0.56-1.08	0.24-0.36
5	2.25-3.00	0.34-1.20	0.30-0.75	2.00-2.75	0.34-1.24	0.30-0.75	1.75-2.75	0.26-1.65	0.30-0.75	1.75-2.25	0.35-1.35	0.30-0.75	1.75-2.25	0.70-1.35	0.30-0.45
6	2.70-3.90	0.41-1.76	0.45-0.90	2.40-3.30	0.36-1.49	0.36-0.90	2.10-3.30	0.32-1.98	0.36-0.90	2.10-3.00	0.53-1.80	0.36-0.90	2.10-2.40	0.74-1.44	0.36-0.54
7	3.15-4.20	0.47-1.68	0.53-1.05	2.80-4.20	0.42-2.31	0.42-1.05	2.45-3.50	0.37-1.93	0.42-1.05	2.45-3.50	0.49-2.10	0.42-1.05	2.45-3.15	1.10-1.89	0.42-0.63
8	3.60-4.80	0.54-1.92	0.60-1.20	3.20-4.80	0.48-2.64	0.48-1.20	2.80-4.40	0.42-2.64	0.48-1.20	2.80-4.00	0.42-2.40	0.48-1.20	2.80-4.00	1.12-2.16	0.48-0.72

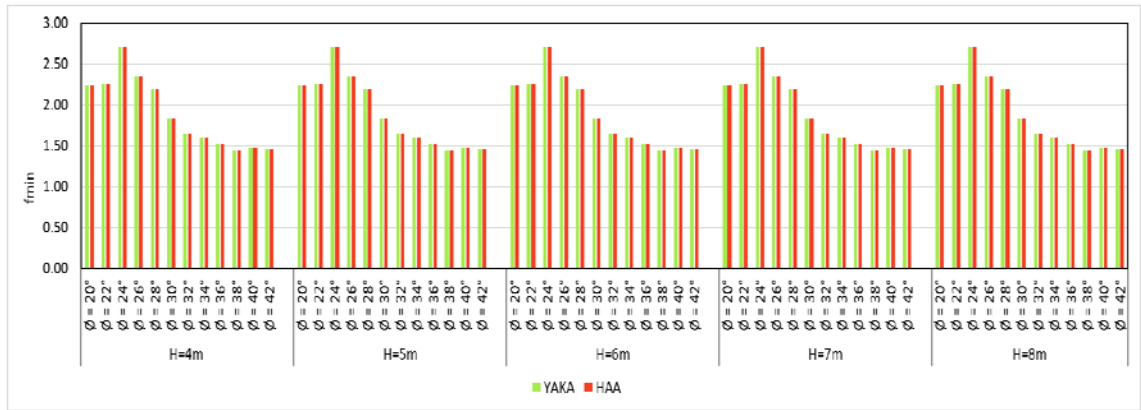
Çizelge 5.20. Farklı tasarım durumları ve duvar boyutları için ön tasarım kılavuzu örnek tasarımlar ve sonuçlar

	GEO 5 konsol dayanma duvar tasarımları için analiz parametreleri	Örnek No	H (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (%)	Ø (°)	Fs (kay)	Fs (dev)	Fs (top)
	b=0.25m	1	4	3.50	0.50	0.60	0	26	1.30	4.63	1.55
	δ=(2/3) Ø	2	5	3.75	0.55	0.75	0	28	1.33	3.68	1.61
	γ _{zemin} =18kN/m ³	3	6	3.70	0.55	0.90	0	30	1.31	2.69	1.67
	γ _{beton} =25kN/m ³	4	7	3.60	0.55	1.05	0	32	1.31	2.03	1.71
	c=0	5	8	2.20	0.30	0.42	0	34	1.31	2.22	1.67
	Şev stabilitesi: Bishop	6	4	1.65	0.25	0.25	0	36	1.31	1.79	1.66
	Aktif ve pasif zemin basınç katsayıları: Mazindrani (Rankine)	7	5	1.75	0.25	0.30	0	38	1.31	1.41	1.71
		8	6	2.10	0.55	0.36	0	40	1.34	1.48	1.81
		9	7	2.55	1.10	0.42	0	42	1.31	1.57	1.87

5.2.2. Konsol dayanma duvarı için YAKA tasarımları

Konsol dayanma duvarının HAA ile gerçekleştirilen optimizasyon analizlerine benzer olarak YAKA ile optimizasyon analizleri tekrarlanmıştır. Çizelge 5.3'te verilen sınırlayıcıları Çizelge 5.4'e göre sağlayan optimum konsol duvar tasarımlarını elde etmek amacıyla $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m ve $\theta = 20^\circ$, 22° , 24° , 26° , 28° , 30° , 32° , 34° , 36° , 38° , 40° ve 42° için optimizasyon analizleri yapılmıştır. Analizlerde YAKA parametreleri olarak Çizelge 5.8'de verilen değerler dikkate alınmıştır. Tüm duvar yükseklikleri ve tüm içsel sürtünme açıları için her çözüm bulma sürecinde tekrarlayan analizlerle bulunan optimum çözümlerin değişmediği YAKA sonuçları Ek-3'te verilmiştir.

YAKA kullanılarak gerçekleştirilen optimizasyon analizleri ile tüm içsel sürtünme açısı değerleri için minimum amaç fonksiyonu değerine sahip optimum çözümler elde edilmiştir. Analiz sonuçları incelendiği zaman $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12 ve Çizelge 5.13'te verilen HAA ile elde edilen optimum tasarım değerlerinin aynısı elde edilmiş ve daha küçük amaç fonksiyonu değerine sahip çözümler elde edilememiştir. Şekil 5.11'de verilen HAA ve YAKA ile elde edilen minimum amaç fonksiyonu ($f_{\min}$) değerleri incelendiğinde farklı duvar yüksekliği ve içsel sürtünme açısı değerleri için aynı optimum tasarımların bulunduğu görülmektedir.



Şekil 5.11. HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

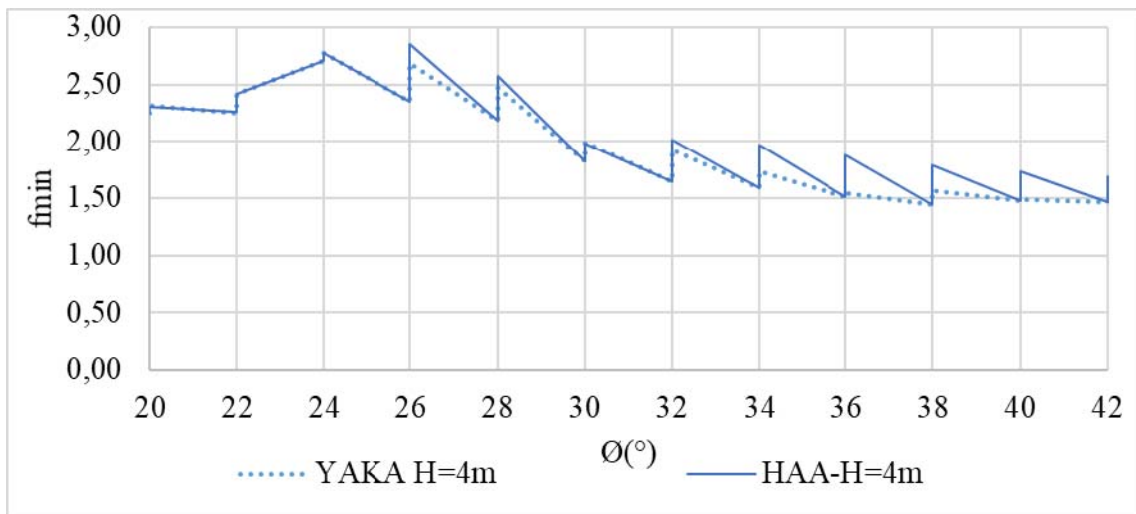
YAKA ile elde edilen optimum duvar boyutları ile HAA ile elde edilen optimum duvar boyutlarının aynı olması sebebiyle farklı duvar yükseklikleri ve farklı içsel sürtünme açısı değerleri için oluşturulan optimum duvar boyutlarına sahip duvar

tasarımlarının minimum duvar ağırlıkları da aynı olmaktadır (Şekil 5.2). Benzer şekilde optimum duvar boyutlarına göre optimizasyon analizleri ile elde edilen güvenlik sayıları ve GEO5 yazılımı kullanılarak numerik analizlerle elde edilen güvenlik sayıları $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.14, Çizelge 5.15, Çizelge 5.16, Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18’de verilen değerler ile karşılaştırıldıklarında değişmemiş olup aynı çizelgeler YAKA için de geçerlidir.

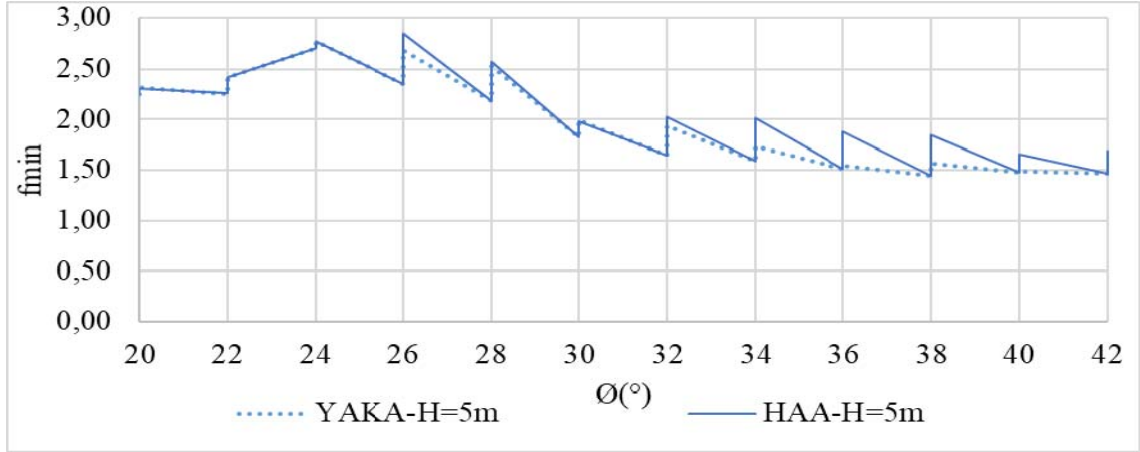
Sonuç olarak, HAA kullanılarak elde edilen tüm optimizasyon analiz sonuçları YAKA kullanılarak yapılan optimum konsol dayanma duvar tasarımı için de aynen geçerlidir.

5.2.3. Konsol dayanma duvarı için HAA ve YAKA ile elde edilen optimum tasarımların karşılaştırılması

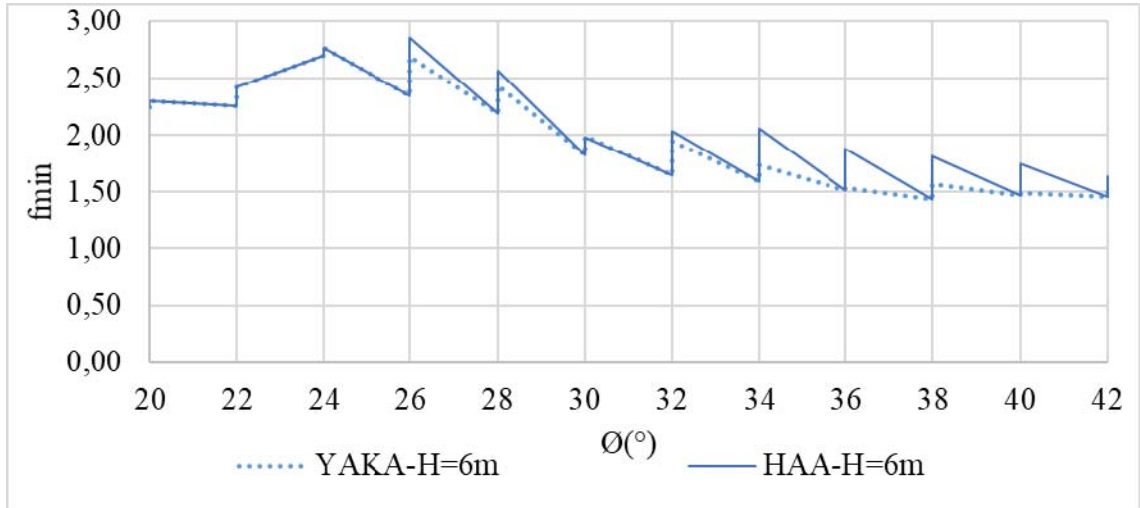
Konsol dayanma duvarının farklı duvar yükseklik ve içsel sürtünme açısı değerleri için optimum tasarımı harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon analiz sonuçlarına göre her iki algoritma için de aynı optimum tasarım değerleri elde edilmiştir. HAA ve YAKA ile elde edilen optimum duvar tasarımları aynı olup farklı içsel sürtünme açısı değerleri için elde edilen duvar tasarımlarının amaç fonksiyon ($f_{\min}$) değerleri $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m için sırasıyla Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14, Şekil 5.15 ve Şekil 5.16’da verilmiştir.



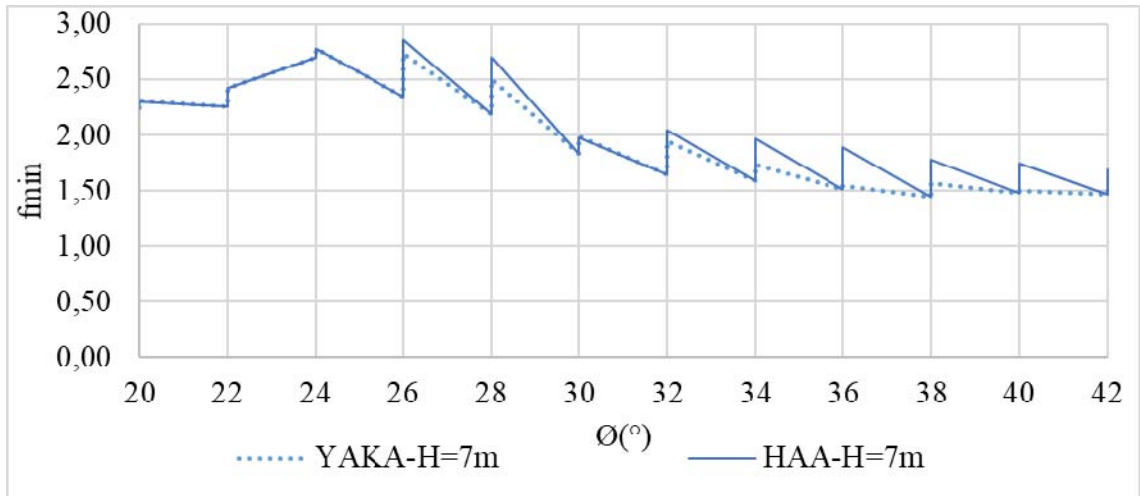
Şekil 5.12. $H=4\text{ m}$ için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



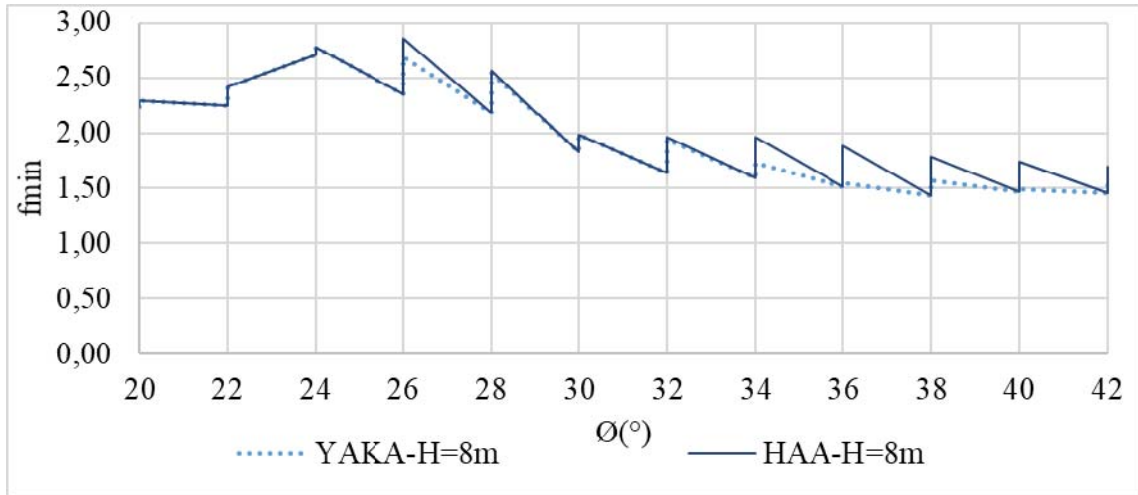
Şekil 5.13. H=5 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



Şekil 5.14. H=6 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



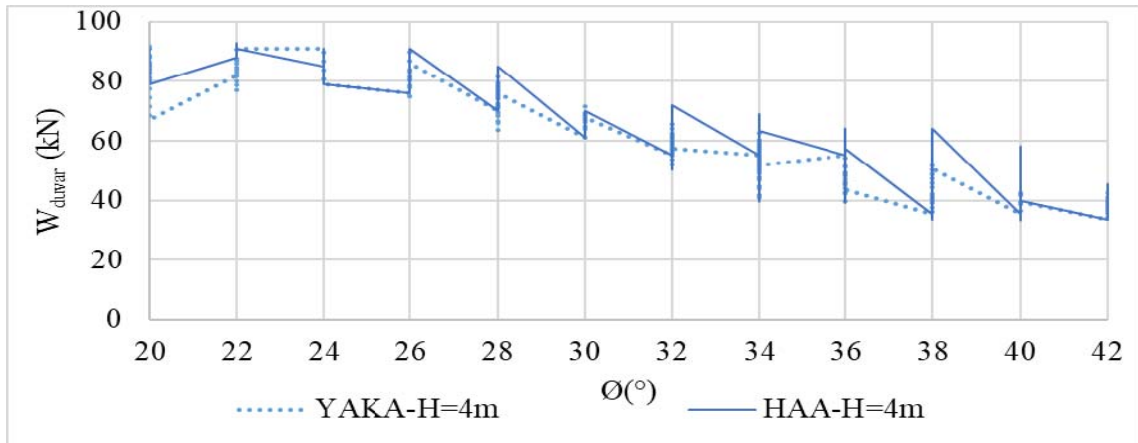
Şekil 5.15. H=7 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



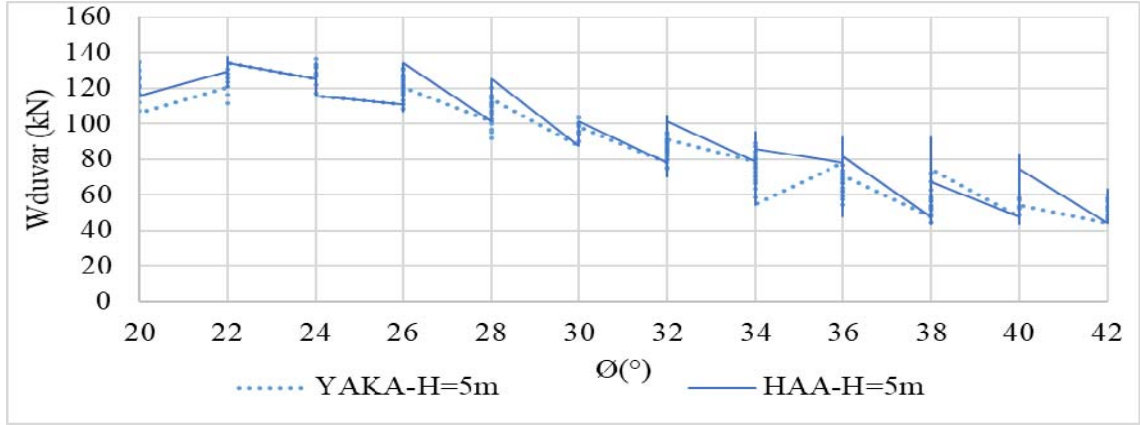
Şekil 5.16. H=8 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için konsol dayanma duvarının amaç fonksiyonu ile değişim grafikleri (Şekil 5.12-Şekil 5.16) incelendiğinde yaklaşık olarak benzer duvar tasarımlarının elde edildiği görülmüştür.

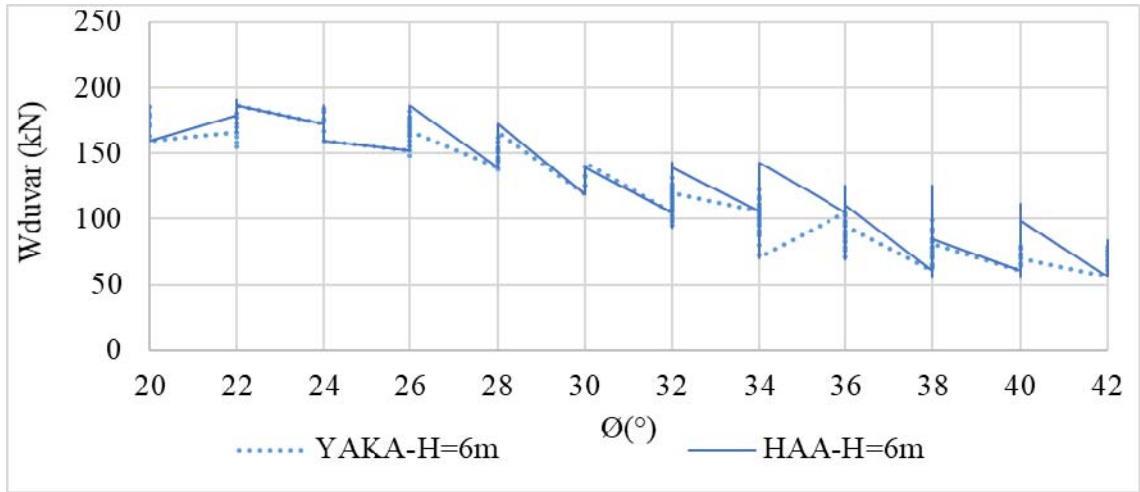
Benzer davranış farklı duvar yükseklikleri ve farklı içsel sürtünme açısı değerleri için elde konsol dayanma duvar ağırlıklarının karşılaştırılmasında da (W_{duvar}) görülmüştür (Şekil 5.17-Şekil 5.21).



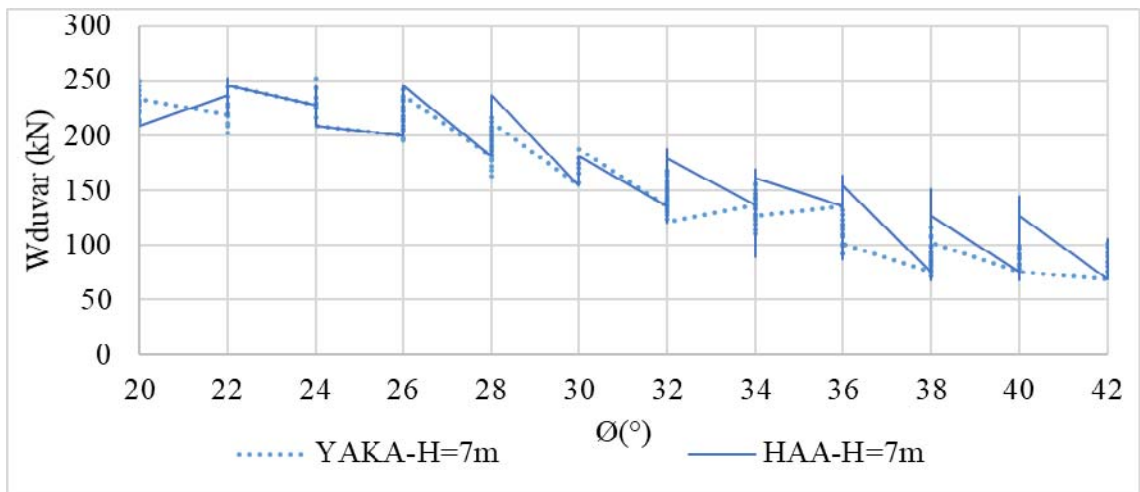
Şekil 5.17. H=4 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



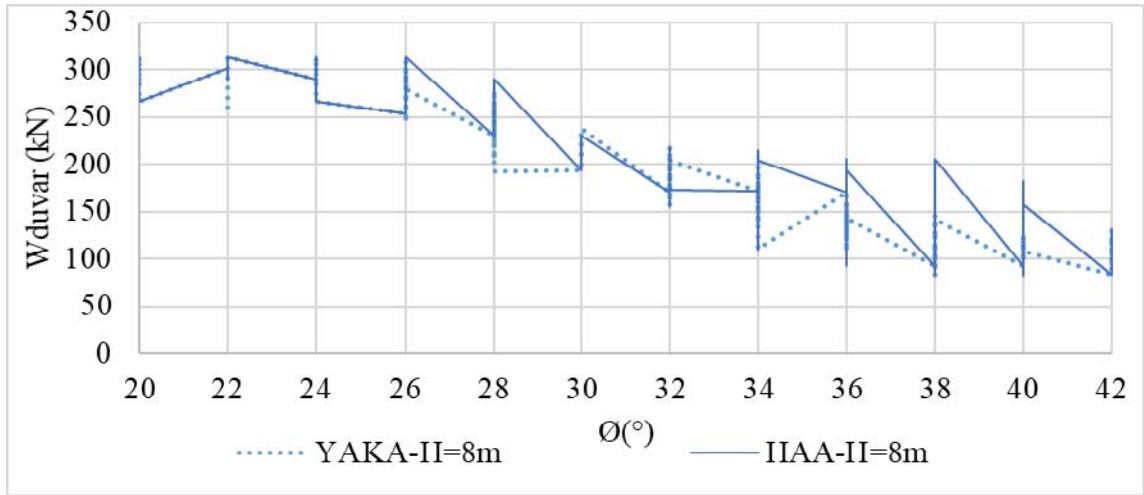
Şekil 5.18. H=5 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



Şekil 5.19. H=6 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

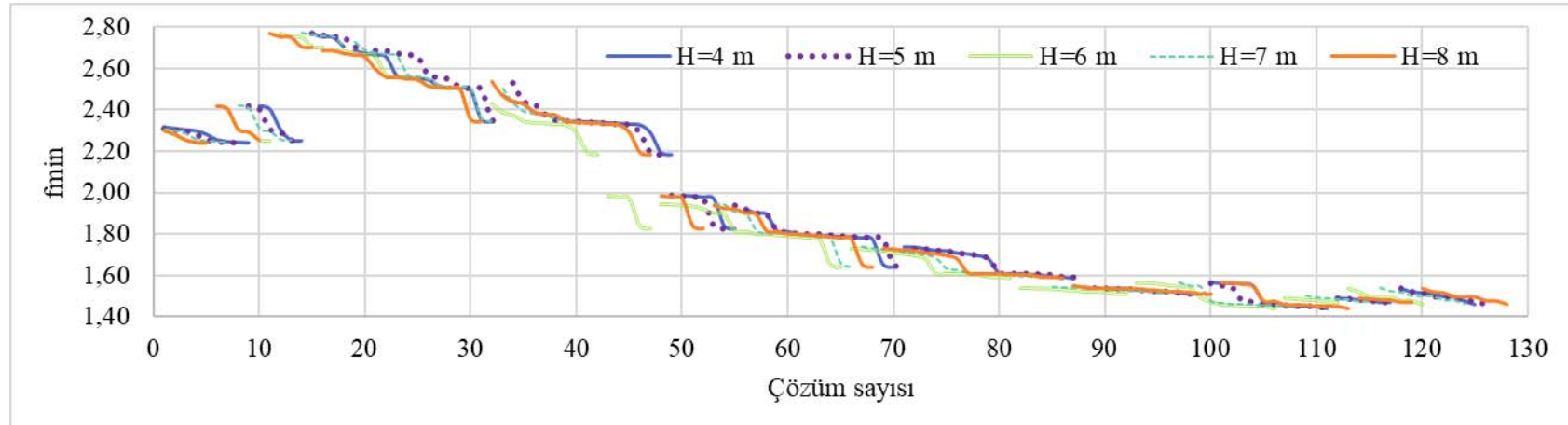
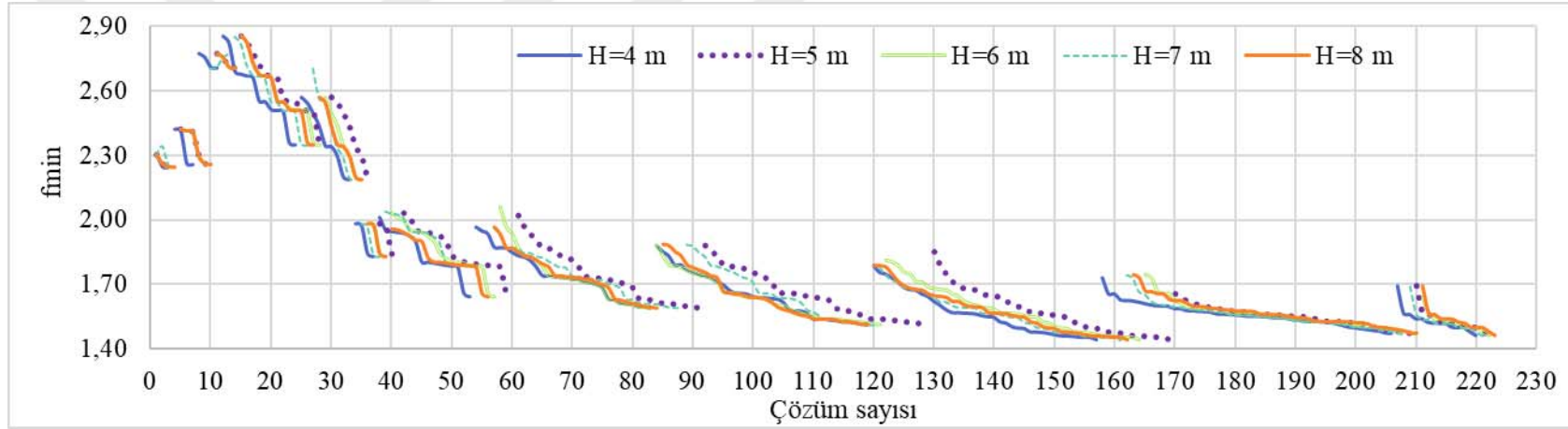


Şekil 5.20. H=7 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



Şekil 5.21. H=8 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

Optimum tasarımlar dışında farklı duvar yükseklik ve içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ile stabilitite koşullarını sağlayan duvar tasarımlarının sayısı (çözüm sayısı) YAKA ile elde edilen tasarımlara göre daha fazladır. Tüm içsel sürtünme açısı değerlerinin farklı duvar yükseklikleri için amaç fonksiyonuna göre değişimleri HAA için Şekil 5.22’de ve YAKA için Şekil 5.23’te verilmiştir. Şekil 5.22 ve Şekil 5.23’te çözüm sayısı artışı ile birlikte içsel sürtünme açısı da artmaktadır. Verilen grafikler incelendiğinde tüm içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ile maksimum 223 çözüm elde edilirken YAKA ile maksimum 128 çözüm (duvar tasarımı) elde edilmiştir.



5.3. Eğik Taban Yüzlü Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Analiz Sonuçları

Harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) ile eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarının optimum tasarımının matematiksel ifadesinde Bölüm 4'te verilen geliştirilmiş matematiksel modeller kullanılmıştır. H=4m-8m duvar yüksekliğine sahip eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarlarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının hesaplanması için temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3) ve taban eğimi (m) tasarım değişkenleri olarak alınmıştır. Konsol dayanma duvar tasarımında belirli aralıkta tasarım değişkeni olarak alınan X_4 , eğik taban yüzlü konsol dayanma duvar tasarımında %2 olarak sabit alınmıştır. $\theta=20-22-24-26-28-30-32-34-36-38-40-42^\circ$ ve H=4-5-6-7-8m için optimum tasarımlar yapılmıştır. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarının optimal tasarımlarını elde etmek için Çizelge 4.3' te tanımlanan tasarım değişkenleri kullanılmıştır.

5.3.1. Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı için HAA tasarımları

Konsol dayanma duvarı için Çizelge 5.3'te tanımlanan sınırlayıcıları sağlayan optimum eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı tasarımları HAA ile elde edilmiştir. HAA kullanılarak Çizelge 5.5' e göre belirlenen güvenlik sayıları sınırlayıcılarının alt ve üst limitlerine göre tüm içsel sürtünme açıları için uygun çözümler bulunmuştur. Çizelge 5.7' de verilen algoritma parametreleri kullanılarak optimizasyon analizleri yapılmıştır. H=4, 5, 6, 7 ve 8 m konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre tüm içsel sürtünme açıları için her çözüm bulma sürecinde tekrarlayan analizlerle bulunan çözümlerin değişmediği optimizasyon analiz sonuçları Ek-4'te verilmiştir. Tüm içsel sürtünme açısı değerleri için elde edilen uygun çözümler arasından en minimum amaç fonksiyonu değerine (minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına) sahip optimum tasarımlar H=4m, 5m, 6m, 7m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.21-5.25'te sunulmuştur.

Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarının optimizasyonu sonucu elde edilen optimal tasarımların tüm duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerlerine göre optimum boyutların Çizelge 5.1'de tanımlanan tasarım değişkenlerinin katsayıları ile birlikte değişim grafikleri Şekil 5.24'te verilmiştir.

Çizelge 5.21. H=4m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)	f _{min}
1	20	3.60	0.72	0.60	0.24	2.52
2	22	3.00	0.45	0.60	0.26	2.18
3	24	2.60	0.52	0.60	0.26	1.90
4	26	2.20	0.44	0.60	0.26	1.68
5	28	2.00	0.50	0.60	0.24	1.57
6	30	1.60	0.24	0.54	0.26	1.46
7	32	1.60	0.32	0.48	0.20	1.43
8	34	1.40	0.21	0.24	0.24	1.45
9	36	1.60	0.48	0.42	0.08	1.45
10	38	1.40	0.49	0.24	0.18	1.48
11	40	1.40	0.56	0.24	0.10	1.48
12	42	1.40	0.70	0.24	0.08	1.55

Çizelge 5.22. H=5m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)	f _{min}
1	20	4.50	0.90	0.75	0.24	2.52
2	22	3.75	0.56	0.75	0.26	2.18
3	24	3.25	0.65	0.75	0.26	1.90
4	26	2.75	0.55	0.75	0.26	1.68
5	28	2.50	0.63	0.75	0.24	1.57
6	30	2.00	0.30	0.68	0.26	1.46
7	32	2.00	0.40	0.60	0.20	1.43
8	34	1.75	0.26	0.30	0.24	1.45
9	36	2.00	0.60	0.53	0.08	1.45
10	38	1.75	0.61	0.30	0.18	1.48
11	40	1.75	0.70	0.30	0.10	1.48
12	42	1.75	0.88	0.30	0.08	1.55

Çizelge 5.23. H=6m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)	f _{min}
1	20	5.40	1.08	0.90	0.24	2.52
2	22	4.50	0.68	0.90	0.26	2.18
3	24	3.90	0.78	0.90	0.26	1.90
4	26	3.30	0.66	0.90	0.26	1.68
5	28	3.00	0.75	0.90	0.24	1.57
6	30	2.40	0.36	0.81	0.26	1.46
7	32	2.40	0.48	0.72	0.20	1.43
8	34	2.10	0.32	0.36	0.24	1.45
9	36	2.40	0.72	0.63	0.08	1.45
10	38	2.10	0.74	0.36	0.18	1.48
11	40	2.10	0.84	0.36	0.10	1.48
12	42	2.10	1.05	0.36	0.08	1.55

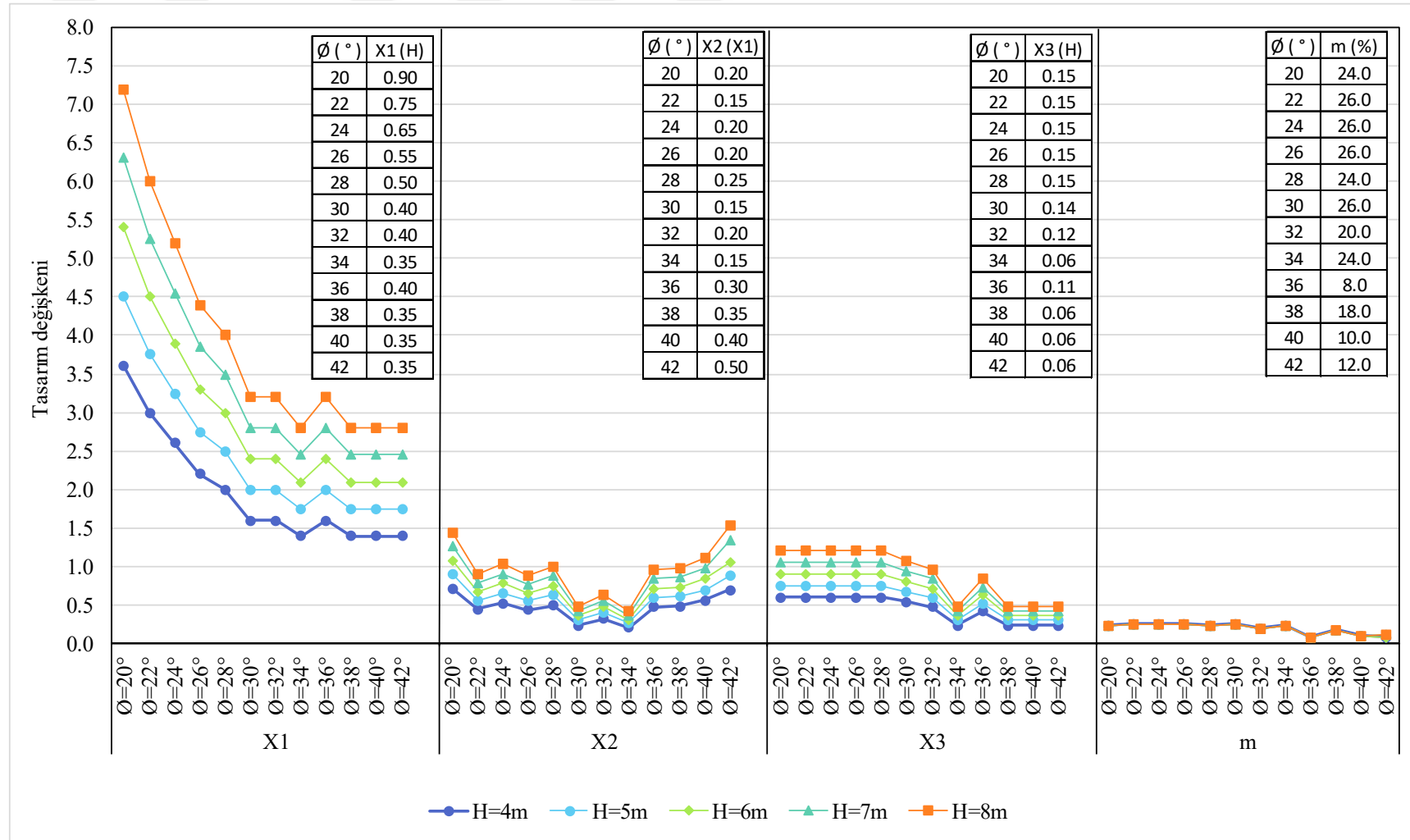
Çizelge 5.24. H=7m optimum tasarım değerleri

No	$\emptyset$ (°)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	m (%)	f_{min}
1	20	6.30	1.26	1.05	0.24	2.52
2	22	5.25	0.79	1.05	0.26	2.18
3	24	4.55	0.91	1.05	0.26	1.90
4	26	3.85	0.77	1.05	0.26	1.68
5	28	3.50	0.88	1.05	0.24	1.57
6	30	2.80	0.42	0.95	0.26	1.46
7	32	2.80	0.56	0.84	0.20	1.43
8	34	2.45	0.37	0.42	0.24	1.45
9	36	2.80	0.84	0.74	0.08	1.45
10	38	2.45	0.86	0.42	0.18	1.48
11	40	2.45	0.98	0.42	0.10	1.48
12	42	2.45	1.35	0.42	0.12	1.52

Çizelge 5.25. H=8m optimum tasarım değerleri

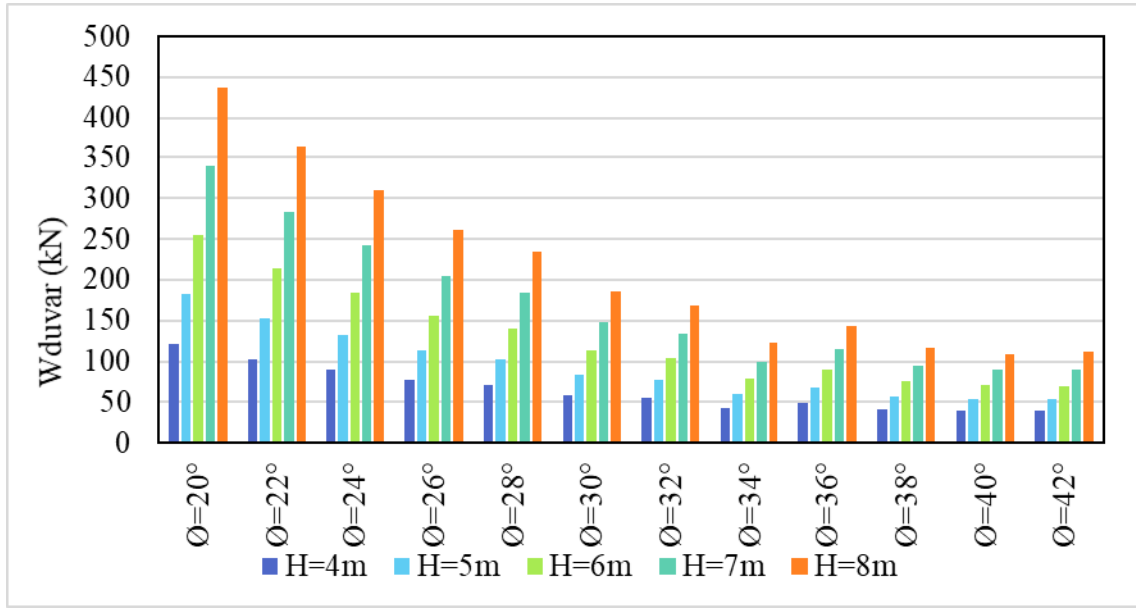
No	$\emptyset$ (°)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	m (%)	f_{min}
1	20	7.20	1.44	1.20	0.24	2.52
2	22	6.00	0.90	1.20	0.26	2.18
3	24	5.20	1.04	1.20	0.26	1.90
4	26	4.40	0.88	1.20	0.26	1.68
5	28	4.00	1.00	1.20	0.24	1.57
6	30	3.20	0.48	1.08	0.26	1.46
7	32	3.20	0.64	0.96	0.20	1.43
8	34	2.80	0.42	0.48	0.24	1.45
9	36	3.20	0.96	0.84	0.08	1.45
10	38	2.80	0.98	0.48	0.18	1.48
11	40	2.80	1.12	0.48	0.10	1.48
12	42	2.80	1.54	0.48	0.12	1.52

Şekil 5.24' te verilen optimum duvar boyutlarının değişim grafikleri incelendiğinde tüm içsel sürtünme açısı değerleri için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3'ten büyük olduğu duvar tasarımlarının elde edildiği görülmüştür. Temel kalınlığı, X_1 için $\emptyset=38^\circ$, 40° ve 42° olduğu durumlarda $0.35H$ olarak elde edilirken diğer içsel sürtünme açısı değerleri için farklı sonuçlar elde edilmiştir. $\emptyset=20^\circ$ - 30° olduğu durumda temel genişliğinde önemli bir azalma fazla olurken 30° den sonra azalmalar yaklaşık lineerdir. Tüm duvar yükseklikleri için değişen içsel sürtünme açısı değerlerinde tasarım değişkenleri (X_1 , X_2 ve X_3) için aynı katsayılar elde edilmiştir. Duvar taban eğiminin tüm duvar yükseklik değerlerinde değişimi incelendiğinde $\emptyset=36$ - 42° değerleri hariç diğer durumlarda yaklaşık aynı taban eğimleri elde edilmiştir.



Şekil 5.24. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı optimum duvar boyutları

Çizelge 5.21-Çizelge 5.25 ile verilen optimum eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı boyutlarına göre hesaplanmış duvar ağırlıkları Şekil 5.25'te verilmiştir. Aynı duvar yüksekliğinde içsel sürtünme açısının artışı ile birlikte eğik taban yüzü konsol dayanma duvar ağırlığında genel olarak azalmalar görülürken, aynı içsel sürtünme açısı değerinde duvar yüksekliği arttıkça duvar ağırlığı artmaktadır.



Şekil 5.25. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı için HAA ile elde edilen optimum duvar boyutlarına ait minimum duvar ağırlıkları

Farklı duvar yükseklikleri için Çizelge 5.21-Çizelge 5.25'te verilen optimum duvar boyutları kullanılarak GEO5'te eğik taban yüzü konsol dayanma duvar tasarımları oluşturulmuştur. Aynı duvar tasarımlarının numerik analizleri sonucunda kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Elde edilen güvenlik sayıları ile matematiksel tabanlı optimizasyon analizleri ile elde edilen güvenlik sayıları H=4m, 5m, 6m, 7m ve 8m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.26-5.30' da karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Verilen bu güvenlik sayılarına göre tüm duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açıları için hesaplanmış rölatif hata grafikleri kayma güvenlik sayısı için Şekil 5.26, devrilme güvenlik sayısı için Şekil 5.27 ve toptan göçme güvenlik sayısı için Şekil 5.28'de verilmiştir.

Çizelge 5.26. H=4m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	1.31	4.95	1.38	1.22	5.10	1.39
2	22	1.31	3.82	1.48	1.30	3.72	1.51
3	24	1.31	2.92	1.52	1.28	2.85	1.52
4	26	1.31	2.20	1.59	1.29	2.13	1.55
5	28	1.30	1.82	1.64	1.28	1.82	1.61
6	30	1.33	1.34	1.74	1.36	1.31	1.66
7	32	1.31	1.31	1.72	1.35	1.39	1.70
8	34	1.35	1.31	1.73	1.44	1.31	1.78
9	36	1.33	1.35	1.73	1.34	1.55	1.79
10	38	1.37	1.30	1.82	1.42	1.41	1.80
11	40	1.33	1.31	1.84	1.36	1.45	1.85
12	42	1.42	1.36	1.91	1.34	1.45	1.92

Çizelge 5.27. H=5m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	1.31	4.95	1.38	1.22	5.09	1.39
2	22	1.31	3.82	1.48	1.29	3.71	1.47
3	24	1.31	2.92	1.52	1.27	2.84	1.51
4	26	1.31	2.20	1.59	1.28	2.12	1.55
5	28	1.30	1.82	1.64	1.27	1.81	1.61
6	30	1.33	1.34	1.74	1.34	1.30	1.66
7	32	1.31	1.31	1.72	1.34	1.38	1.70
8	34	1.35	1.31	1.73	1.43	1.30	1.77
9	36	1.33	1.35	1.73	1.33	1.53	1.78
10	38	1.37	1.30	1.82	1.39	1.39	1.80
11	40	1.33	1.31	1.84	1.34	1.42	1.86
12	42	1.42	1.36	1.91	1.31	1.42	1.92

Çizelge 5.28. H=6m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

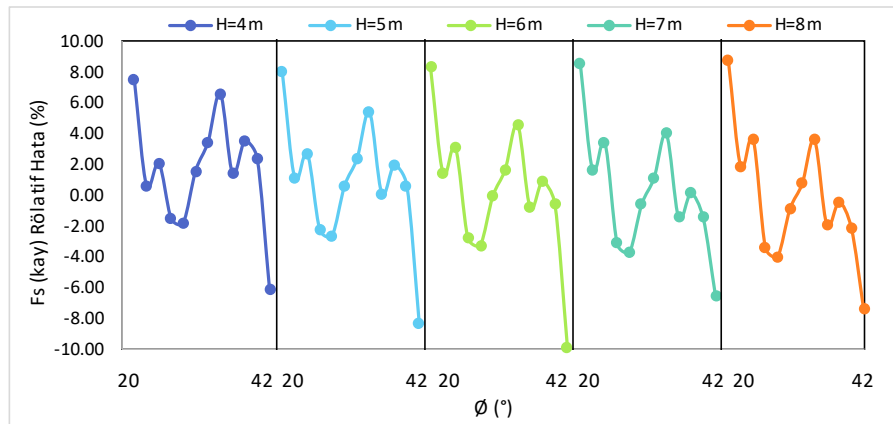
No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	1.31	4.95	1.38	1.21	5.08	1.39
2	22	1.31	3.82	1.48	1.29	3.70	1.46
3	24	1.31	2.92	1.52	1.27	2.84	1.50
4	26	1.31	2.20	1.59	1.27	2.11	1.55
5	28	1.30	1.82	1.64	1.26	1.80	1.61
6	30	1.33	1.34	1.74	1.33	1.29	1.65
7	32	1.31	1.31	1.72	1.33	1.38	1.69
8	34	1.35	1.31	1.73	1.42	1.29	1.67
9	36	1.33	1.35	1.73	1.32	1.52	1.78
10	38	1.37	1.30	1.82	1.38	1.38	1.81
11	40	1.33	1.31	1.84	1.32	1.41	1.84
12	42	1.42	1.36	1.91	1.29	1.40	1.91

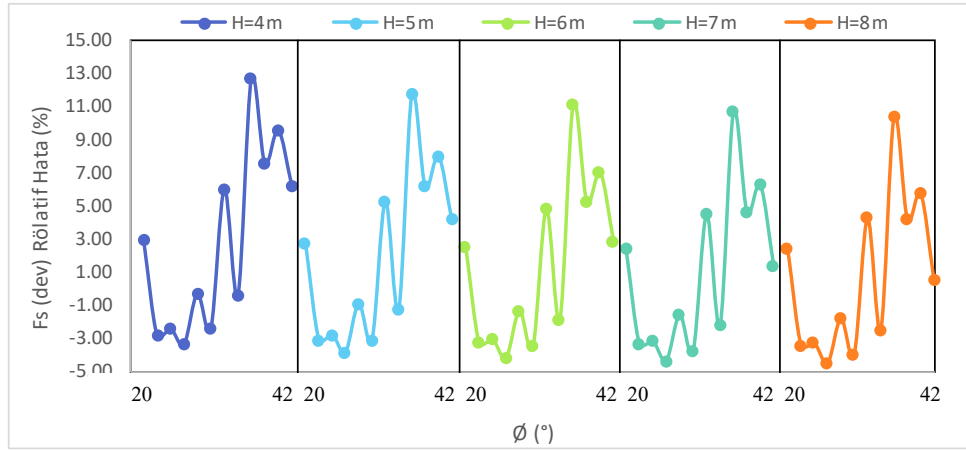
Çizelge 5.29. H=7m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	1.31	4.95	1.38	1.21	5.08	1.39
2	22	1.31	3.82	1.48	1.29	3.70	1.46
3	24	1.31	2.92	1.52	1.26	2.83	1.50
4	26	1.31	2.20	1.59	1.27	2.11	1.55
5	28	1.30	1.82	1.64	1.26	1.80	1.61
6	30	1.33	1.34	1.74	1.33	1.29	1.65
7	32	1.31	1.31	1.72	1.32	1.37	1.69
8	34	1.35	1.31	1.73	1.41	1.28	1.67
9	36	1.33	1.35	1.73	1.31	1.52	1.77
10	38	1.37	1.30	1.82	1.37	1.37	1.80
11	40	1.33	1.31	1.84	1.31	1.40	1.84
12	42	1.34	1.32	1.95	1.26	1.33	1.94

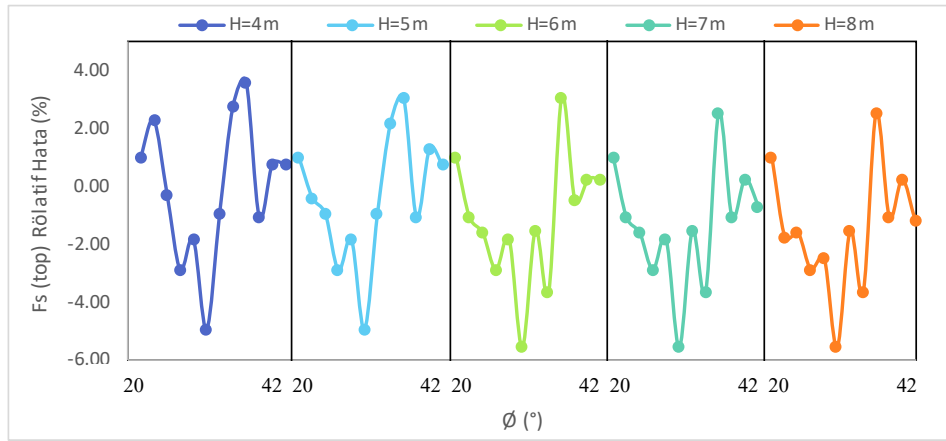
Çizelge 5.30. H=8m kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	1.31	4.95	1.38	1.21	5.08	1.39
2	22	1.31	3.82	1.48	1.28	3.70	1.45
3	24	1.31	2.92	1.52	1.26	2.83	1.50
4	26	1.31	2.20	1.59	1.26	2.10	1.55
5	28	1.30	1.82	1.64	1.25	1.79	1.60
6	30	1.33	1.34	1.74	1.32	1.29	1.65
7	32	1.31	1.31	1.72	1.32	1.37	1.69
8	34	1.35	1.31	1.73	1.40	1.28	1.67
9	36	1.33	1.35	1.73	1.30	1.51	1.77
10	38	1.37	1.30	1.82	1.36	1.36	1.80
11	40	1.33	1.31	1.84	1.30	1.39	1.84
12	42	1.34	1.32	1.95	1.25	1.32	1.93

**Şekil 5.26.** Kayma güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



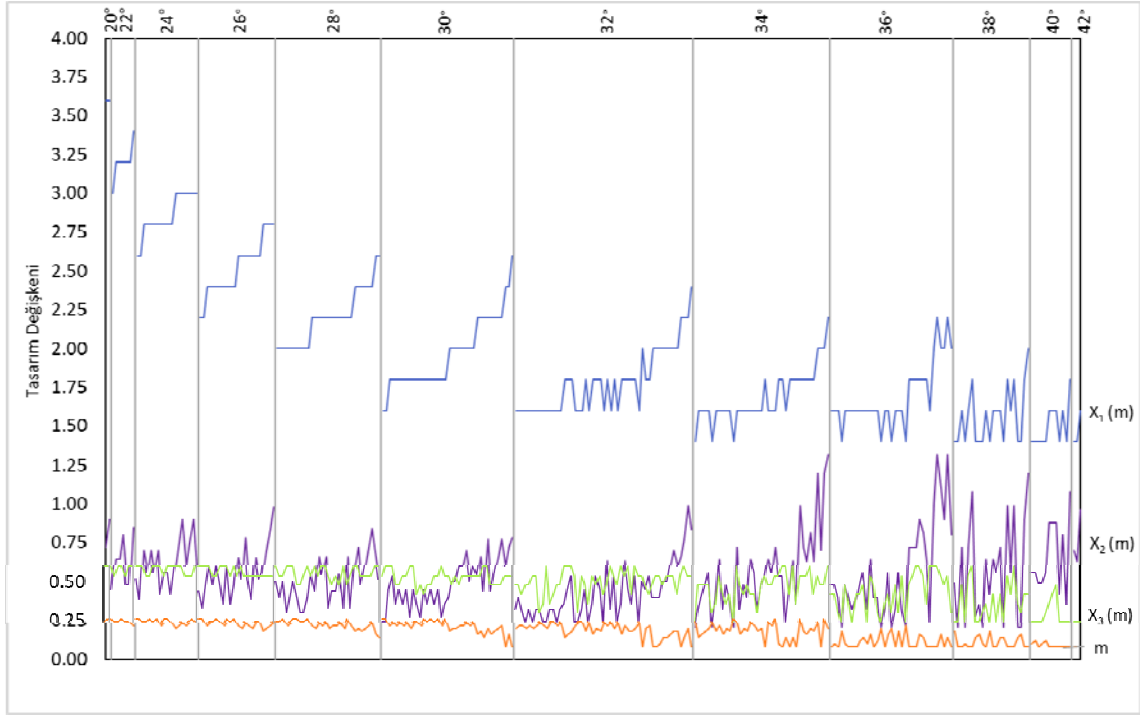
Şekil 5.27. Devrilme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



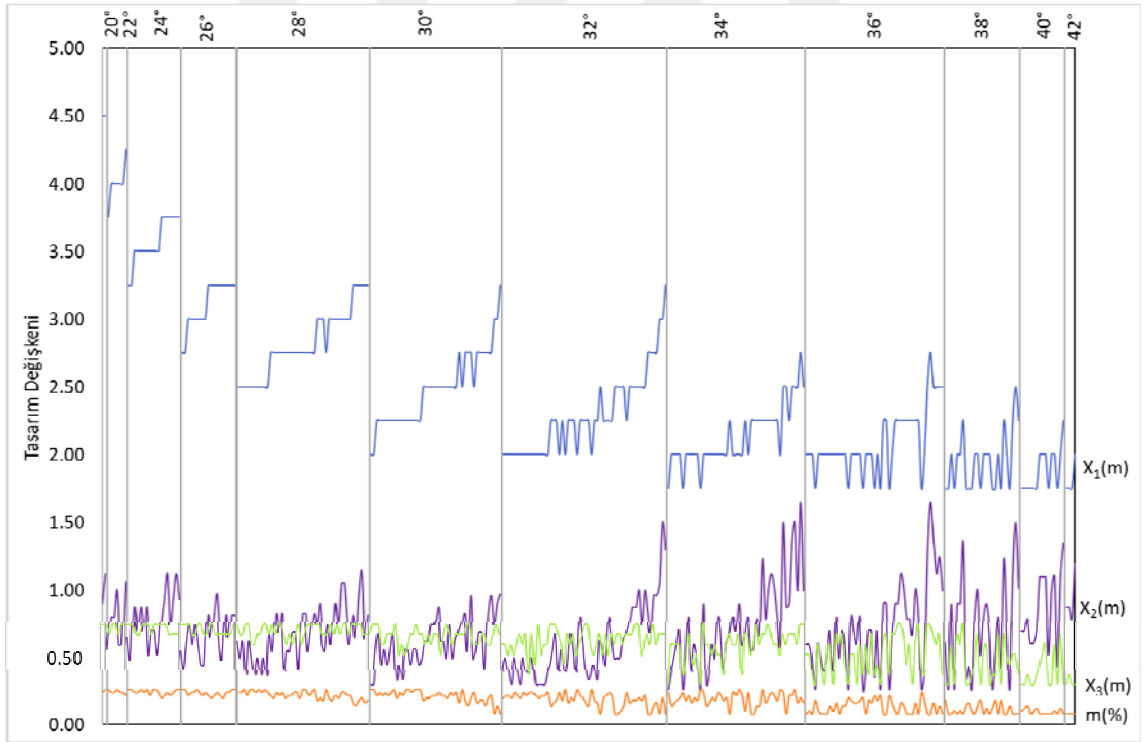
Şekil 5.28. Toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

Şekil 5.26-5.28' de gösterilen rölatif hata değerleri incelendiğinde ortalama mutlak rölatif hata kayma güvenlik sayısı için %3, devrilme güvenlik sayısı için %4 ve toptan göçme güvenlik sayısı için %2 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, maksimum mutlak rölatif hatalar kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla %10, %13 ve %6 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler geliştirilen güvenlik sayısı matematiksel modellerinin eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvar tasarımlarının optimizasyon analizlerinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

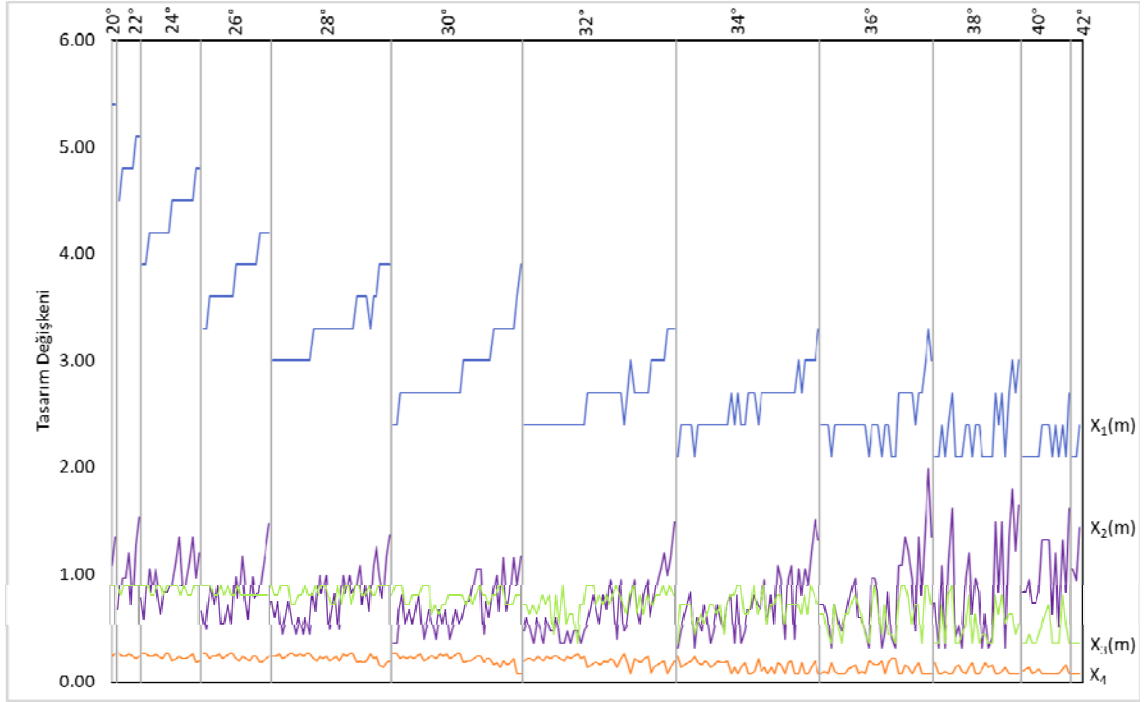
Optimizasyon analizleri sonucunda elde edilen temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3) ve taban eğimi (m) tasarım değişkenlerinin değerleri farklı duvar yüksekliği, H=4m, 5m, 6m, 7m ve 8 m, ve farklı içsel sürtünme açısı, $\phi = 20^\circ, 22^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 28^\circ, 30^\circ, 32^\circ, 34^\circ, 36^\circ, 38^\circ, 40^\circ$ ve 42, için sırasıyla Şekil 5.29-5.33'de verilmiştir.



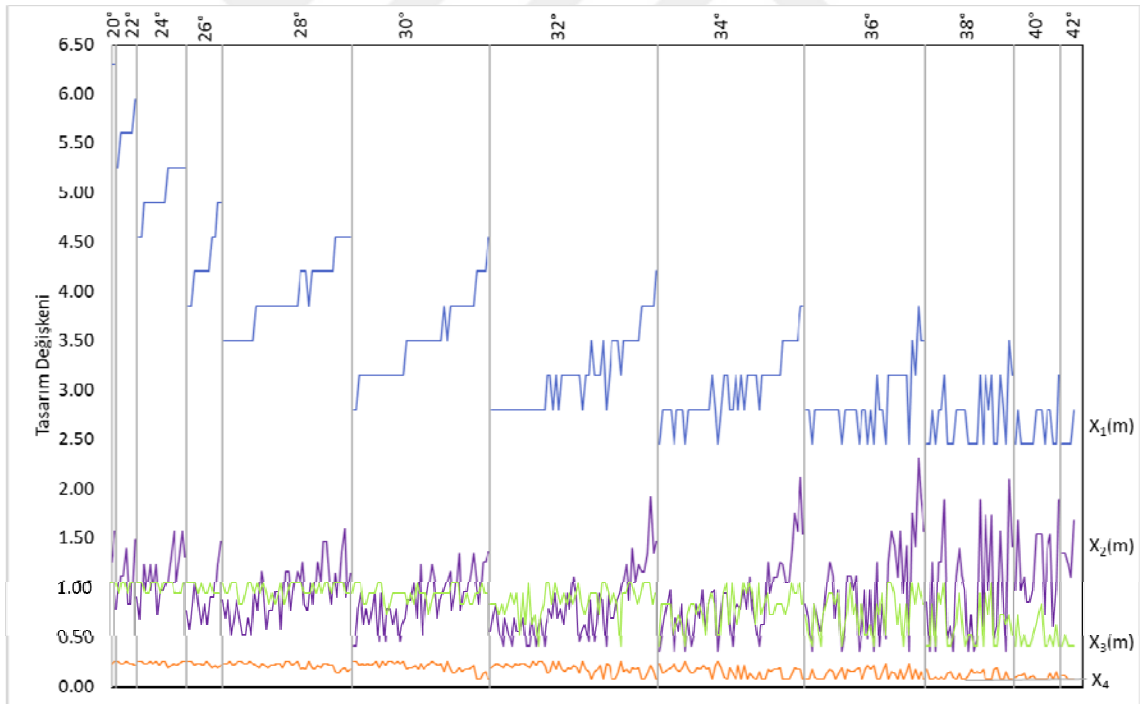
Şekil 5.29. $H=4$ m için önerilen duvar tasarımları



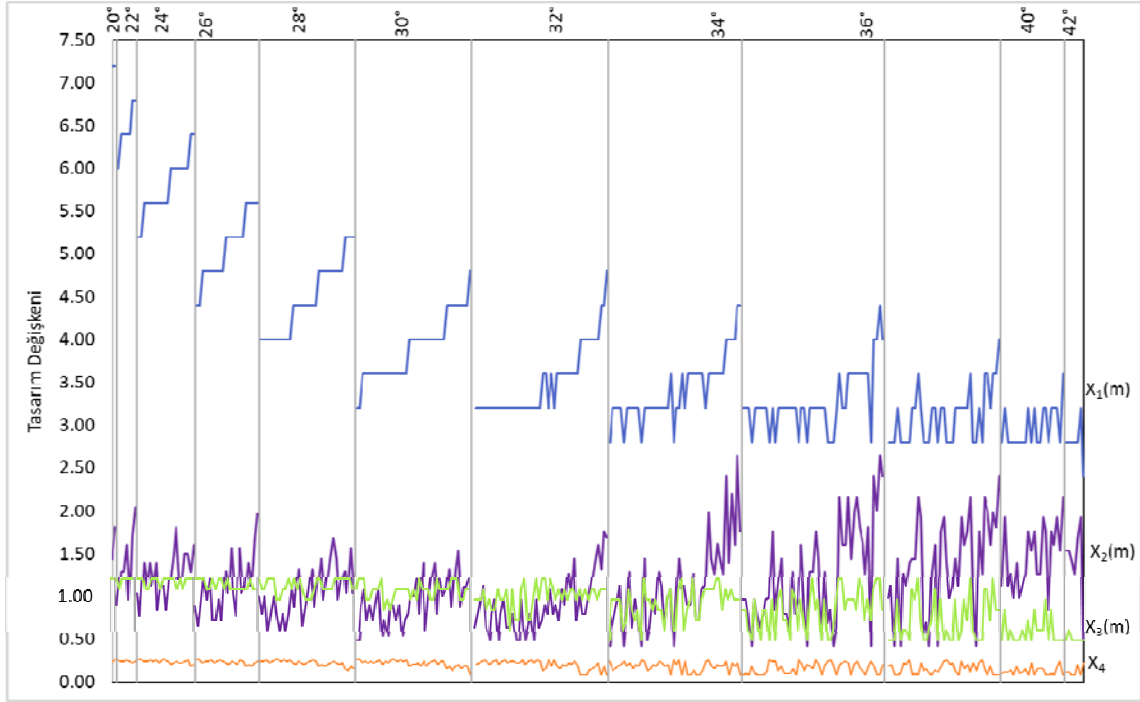
Şekil 5.30. $H=5$ m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.31. $H=6$ m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.32. $H=7$ m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.33. H=8 m için önerilen duvar tasarımları

H=4-8 m duvar yüksekliğine sahip eğik taban yüzlü konsol dayanma duvar tasarımı yapılacak zeminin içsel sürtünme açısının 20° - 42° olması durumunda Şekil 5.29-5.33'te verilen grafikler kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3'ten büyük duvar tasarımlarının elde edilmesinde kullanılabilir. Duvar tasarımında aynı grafikler kullanılarak $\phi \geq 28^{\circ}$ olması durumunda güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu tasarımlar elde edilebilir.

Eğik taban yüzlü konsol dayanma duvar tasarımda farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için tasarımlarda kullanılabilecek ön tasarım kılavuzu Çizelge 5.31'de verilmiştir. Bu çizelgede önerilen duvar boyutları kullanılarak yapılan örnek tasarımlar ve bu tasarımların GEO5 yazılımında elde edilen güvenlik sayıları Çizelge 5.32'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen duvar boyutları ve ön tasarım kılavuzunun eğik taban yüzlü konsol dayanma duvar tasarımında güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Çizelge 5.31. Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için eğik taban yüzü konsol dayanma duvar ön tasarım kılavuzu

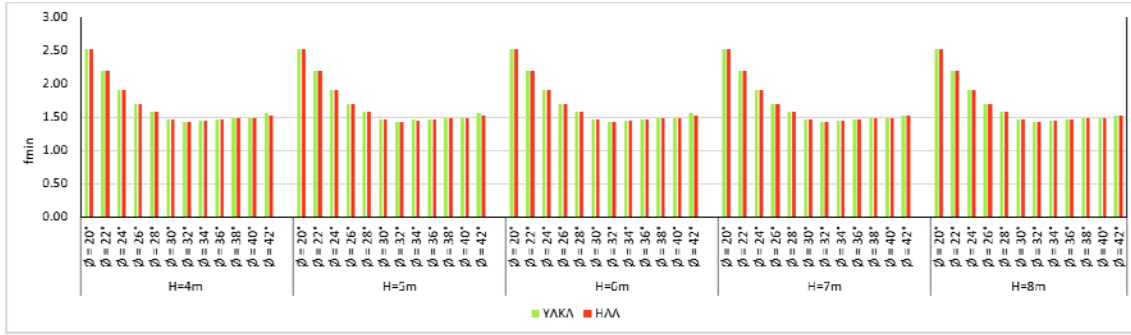
	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	m (%)
H(m)	Ø=20° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 7.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=22° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 5.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=24° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 4.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	4.00	0.72-0.90	0.60	24-26	3.20-3.40	0.42-0.85	0.54-0.60	22-26	2.80-3.00	0.39-0.90	0.56-0.60	20-26
5	5.00	0.90-1.13	0.75	24-26	4.00-4.25	0.52-1.06	0.68-0.75	22-26	3.50-3.75	0.49-1.13	0.70-0.75	20-26
6	6.00	1.08-1.35	0.90	24-26	4.80-5.10	0.62-1.53	0.81-0.90	22-26	4.20-4.50	0.57-1.35	0.84-0.90	20-26
7	7.00	1.26-1.58	1.05	24-26	5.60-5.95	0.73-1.49	0.95-1.05	22-26	4.90-5.25	0.66-1.58	1.00-1.05	20-26
8	8.00	1.44-1.80	1.20	24-26	6.40-6.80	0.83-2.04	1.08-1.20	22-26	5.60-6.00	0.78-1.80	1.08-1.20	21-26
H(m)	Ø=26° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.50) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=28° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=30° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	2.40-2.80	0.32-0.98	0.54-0.60	20-26	2.20-2.40	0.30-0.84	0.48-0.60	16-24	2.00-2.40	0.24-0.77	0.42-0.60	12-26
5	3.00-3.25	0.41-0.98	0.68-0.75	20-26	2.75-3.00	0.39-1.05	0.60-0.75	16-24	2.50-3.00	0.30-0.96	0.53-0.75	12-26
6	3.60-4.20	0.50-1.47	0.81-0.90	20-26	3.30-3.60	0.45-1.26	0.72-0.90	16-24	3.00-3.60	0.36-1.15	0.63-0.90	12-26
7	4.20-4.90	0.58-1.72	0.95-1.05	20-26	3.85-4.20	0.52-1.47	0.84-1.05	16-24	3.50-4.20	0.42-1.34	0.77-1.05	12-26
8	4.80-5.60	0.65-1.96	1.08-1.20	20-26	4.40-4.80	0.60-1.68	0.96-1.20	16-24	4.00-4.80	0.48-1.54	0.88-1.20	12-26
H(m)	Ø=32° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=34° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=36° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	1.80-2.40	0.24-0.98	0.40-0.60	10-24	1.60-2.20	0.21-1.32	0.24-0.60	10-24	1.40-2.20	0.21-1.32	0.24-0.60	10-22
5	2.25-3.00	0.30-1.23	0.50-0.75	10-26	2.00-2.75	0.26-1.65	0.30-0.75	10-24	1.75-2.75	0.26-1.65	0.30-0.75	10-22
6	2.70-3.30	0.36-1.48	0.60-0.90	10-26	2.40-3.30	0.32-1.50	0.36-0.90	10-24	2.10-3.30	0.32-1.98	0.36-0.90	10-22
7	3.15-4.20	0.43-1.72	0.70-1.05	10-26	2.80-3.85	0.36-2.12	0.42-1.05	10-24	2.45-3.85	0.37-2.31	0.42-1.05	10-22
8	3.60-4.80	0.49-1.97	0.80-1.20	10-26	3.20-4.40	0.42-2.64	0.48-1.20	10-24	2.80-4.40	0.42-2.64	0.48-1.20	10-22
H(m)	Ø=38° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=40° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=42° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	1.40-2.00	0.21-1.20	0.24-0.60	8-18	1.40-1.80	0.35-1.08	0.24-0.48	8-12	1.40-1.60	0.63-0.88	0.24	8
5	1.75-2.50	0.26-1.50	0.30-0.75	8-18	1.75-2.25	0.44-1.35	0.30-0.68	8-12	1.75-2.00	0.79-1.20	0.30-0.38	8
6	2.10-3.00	0.32-1.80	0.36-0.90	8-18	2.10-2.70	0.53-1.62	0.36-0.81	8-12	2.10-2.40	0.95-1.32	0.36	8
7	2.45-3.50	0.37-2.10	0.42-1.05	8-18	2.45-3.15	0.61-1.89	0.42-0.84	8-12	2.45-2.80	1.10-1.68	0.42-0.53	8-12
8	2.80-4.00	0.42-2.40	0.48-1.20	8-18	2.80-3.60	0.84-2.16	0.48-0.96	8-12	2.80-3.20	0.95-1.92	0.48-0.60	8-22

Çizelge 5.32. Farklı tasarım durumları ve duvar boyutları için ön tasarım kılavuzu örnek tasarımlar ve sonuçlar

							GEO 5 konsol dayanma duvar tasarımları için analiz parametreleri		
							$b=0.25m$		
							$\delta=(2/3) \emptyset$		
							$\gamma_{zemin}=18kN/m^3$		
							$\gamma_{beton}=25kN/m^3$		
							$c=0$		
							Şev stabilitesi: Bishop		
							Aktif ve pasif zemin basınç katsayıları: Mazindrani (Rankine)		
Örnek No	H	X ₁	X ₂	X ₃	m	Ø	Fs (kay)	Fs (dev)	Fs (top)
1	4	4.00	0.72	0.60	24	20	1.34	6.65	1.45
2	5	4.00	0.55	0.70	22	22	1.30	4.15	1.46
3	6	4.20	0.60	0.84	20	24	1.30	3.24	1.51
4	7	4.20	0.60	0.95	20	26	1.30	2.52	1.55
5	8	4.40	0.60	0.96	16	28	1.30	2.25	1.56
6	4	2.00	0.24	0.42	12	30	1.32	2.03	1.60
7	5	2.25	0.30	0.50	10	32	1.31	1.76	1.64
8	6	2.40	0.32	0.36	10	34	1.30	1.60	1.63
9	7	2.45	0.37	0.42	10	36	1.30	1.32	1.68
10	8	2.80	0.42	0.48	8	38	1.45	1.43	1.79
11	7	2.45	0.61	0.42	8	40	1.52	1.52	1.88
12	6	2.10	0.95	0.36	8	42	1.39	1.47	1.93

5.3.2. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı için YAKA tasarımları

Harmoni arama algoritması (HAA) ile yapılan optimizasyon analizleri yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak tekrarlanmıştır. Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarının YAKA kullanılarak elde edilen optimum tasarımlarında Çizelge 5.3' te verilen sınırlayıcıları Çizelge 5.5' e göre sağlayan duvar tasarımları elde edilmiştir. Analizlerde $H=4$ m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m ve $\emptyset=20^\circ, 22^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 28^\circ, 30^\circ, 32^\circ, 34^\circ, 36^\circ, 38^\circ, 40^\circ$ ve 42° olmak üzere 60 farklı durum ve YAKA tasarım parametreleri olarak Çizelge 5.8' de verilen değerler dikkate alınmıştır. Her farklı durum için birçok deneme ile gerçekleştirilen optimizasyon analizlerinde eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı için elde edilen optimum sonuçların YAKA ile de aynen elde edildiği görülmüştür. Şekil 5.34' te HAA ve YAKA ile elde edilen minimum amaç fonksiyonlarının (f_{min}) farklı duvar yükseklikleri (H) ve farklı içsel sürtünme açısı ($\emptyset$) değerlerine göre değişimi verilirken YAKA ile elde edilen tüm optimizasyon analiz sonuçları Ek-5' te verilmiştir.



Şekil 5.34. HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

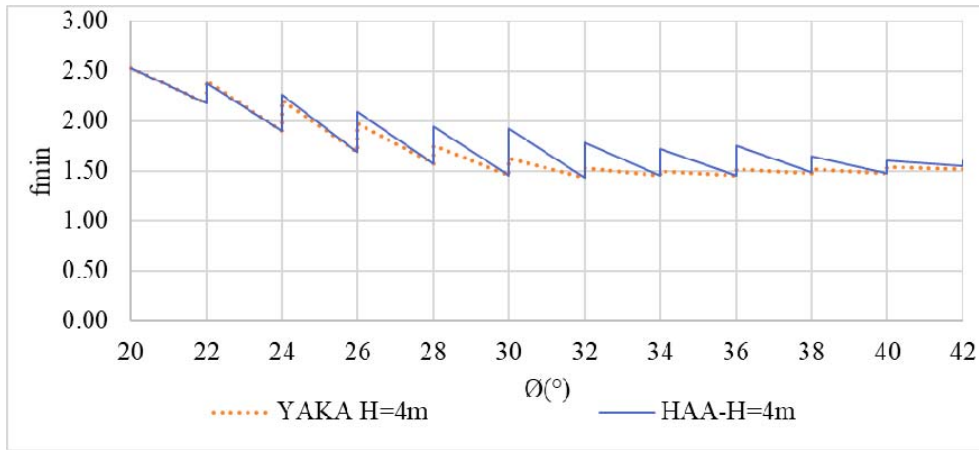
Farklı duvar yükseklikleri ve farklı içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ve YAKA ile aynı optimum duvar boyutları elde edildiği Şekil 5.34’ te görülmektedir. Bu sebeple HAA ile eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı optimum tasarımı için elde edilen Şekil 5.25 ve Çizelge 5.26-5.30 YAKA için gerçekleştirilen optimum tasarımlar için de geçerlidir.

Sonuç olarak, HAA kullanılarak elde edilen tüm optimizasyon analiz sonuçları YAKA kullanılarak yapılan optimum eğik taban yüzü konsol dayanma duvar tasarımı için de aynen geçerlidir.

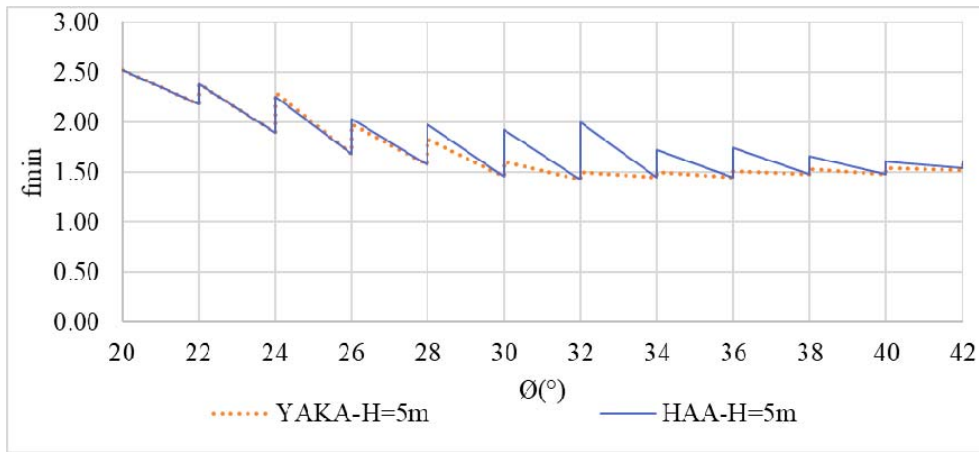
5.3.3. Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarı için HAA ve YAKA ile elde edilen optimum tasarımların karşılaştırılması

Eğik taban yüzü konsol dayanma duvarının farklı duvar yükseklik ve içsel sürtünme açısı değerleri için optimum tasarımı harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon analiz sonuçlarına göre, bir önceki başlık altında da açıkça belirtildiği üzere her iki algoritma için de aynı optimum tasarım değerleri elde edilmiştir. HAA ve YAKA ile elde edilen optimum duvar tasarımları aynı olup farklı içsel sürtünme açısı değerleri için elde edilen duvar tasarımlarının amaç fonksiyon (f_{min}) değerleri $H=4$ m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m için sırasıyla Şekil 5.35-5.39’ da verilmiştir.

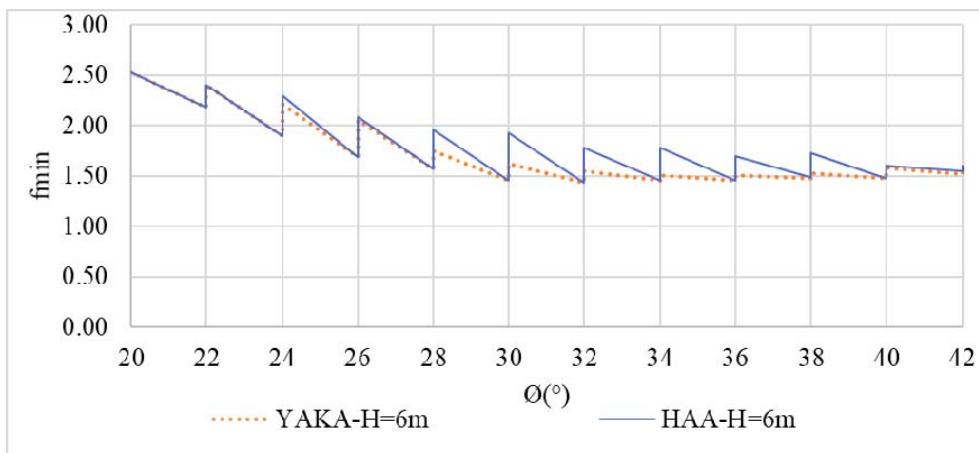
Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için eğik taban yüzü konsol dayanma duvarının amaç fonksiyonu ile değişim grafikleri (Şekil 5.35-5.39) incelendiğinde elde edilen minimum amaç fonksiyon değerleri değişmezken hemen hemen aynı duvar tasarımlarının elde edildiği görülmüştür.



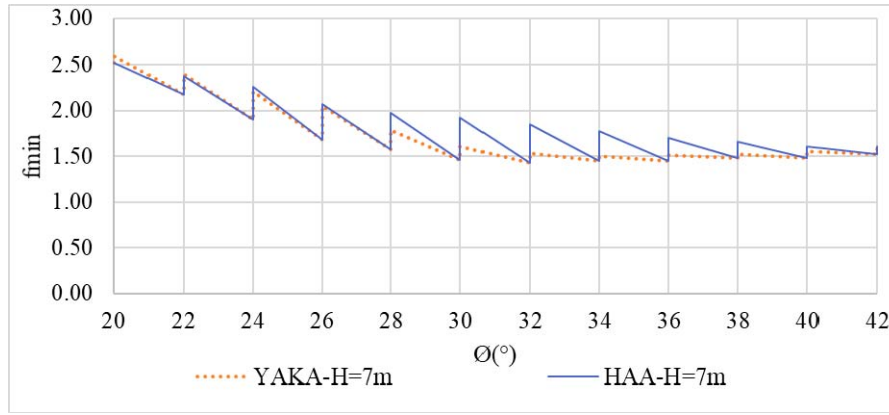
Şekil 5.35. H=4 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



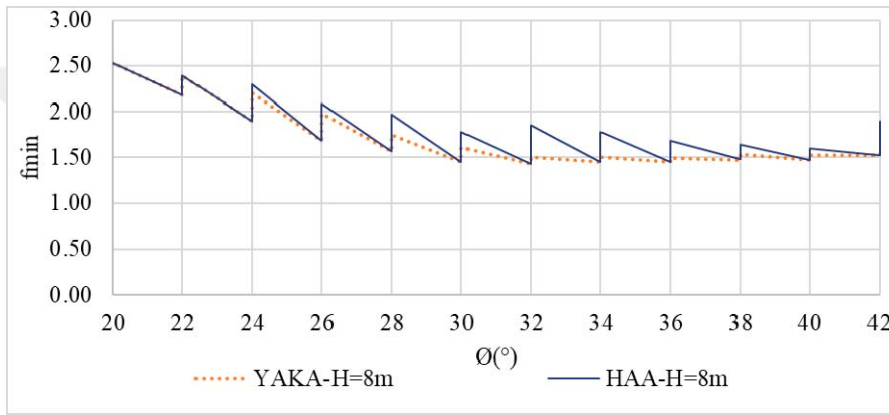
Şekil 5.36. H=5 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



Şekil 5.37. H=6 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

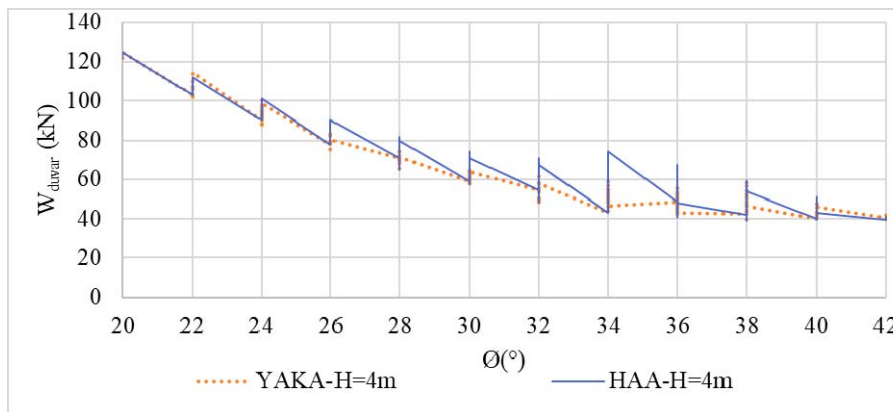


Şekil 5.38. H=7 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

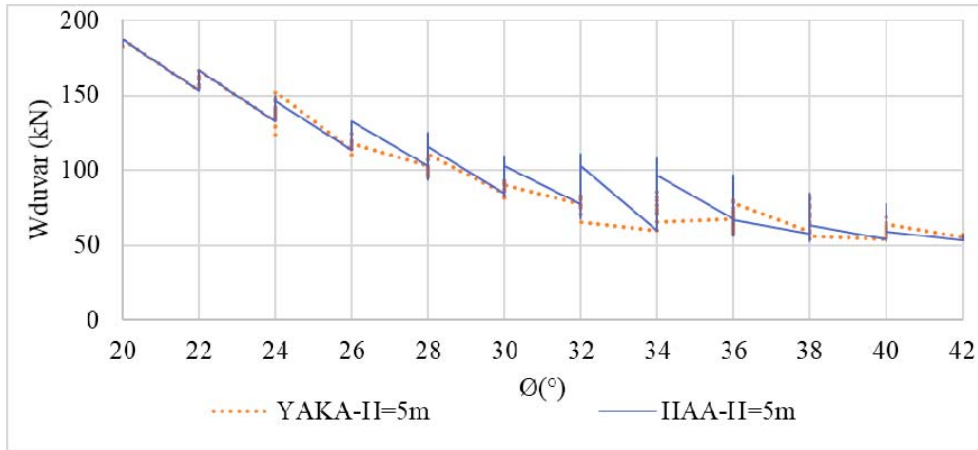


Şekil 5.39. H=8 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

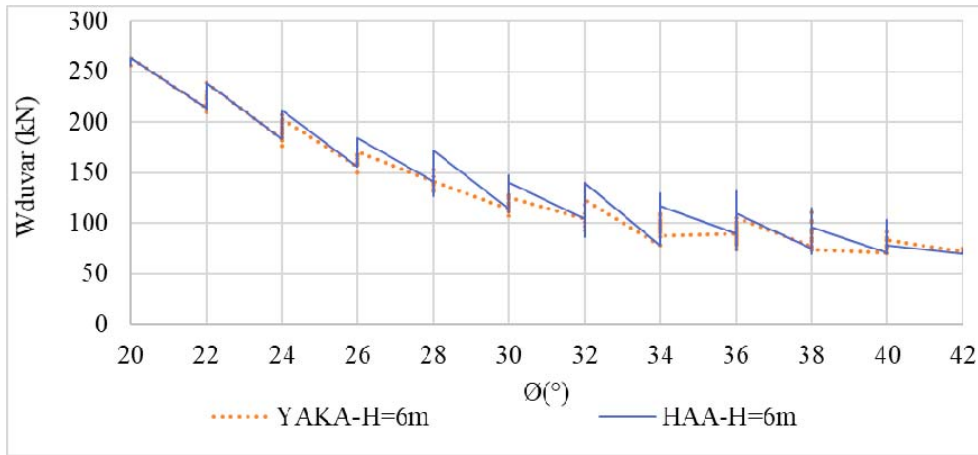
HAA ve YAKA algoritmalarının amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırılması için verilen grafikteki gözlemlenen davranışa benzer değişimler eğik taban yüzü konsol dayanma duvar ağırlıkları (W_{duvar}) için de elde edilmiş olup Şekil 5.40-5.44' te verilmiştir.



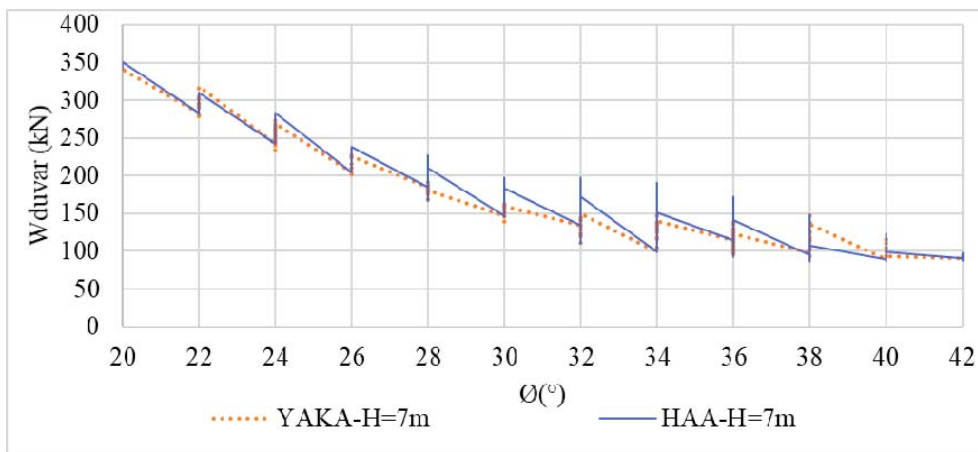
Şekil 5.40. H=4 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



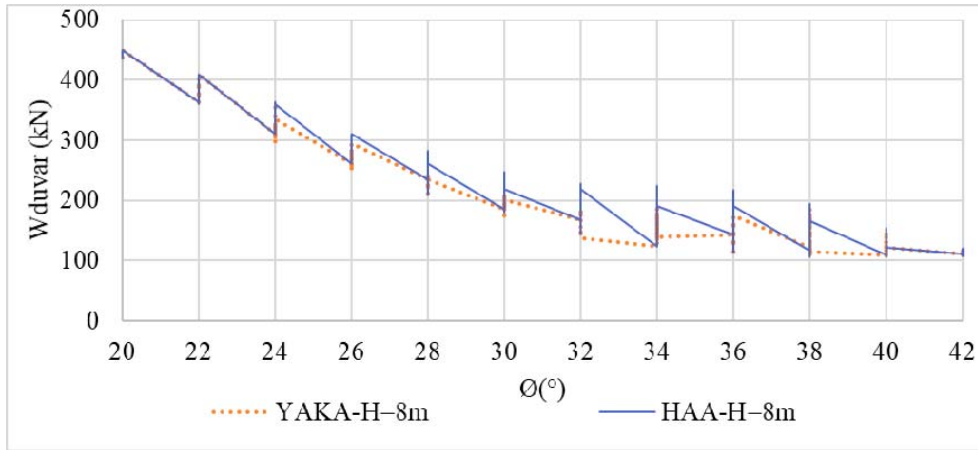
Şekil 5.41. H=5 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



Şekil 5.42. H=6 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

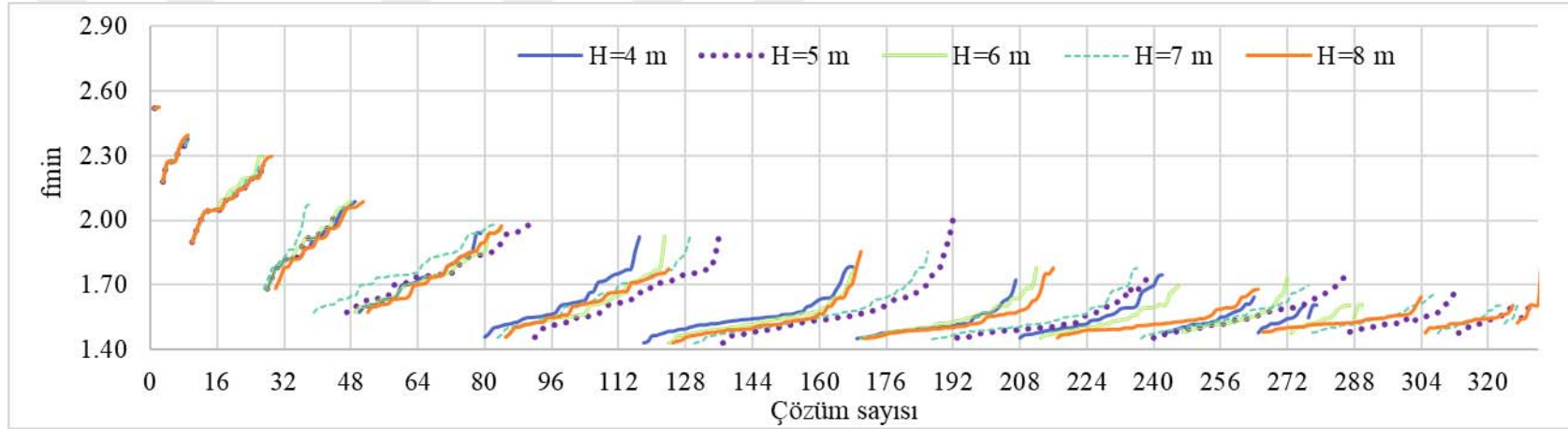


Şekil 5.43. H=7 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

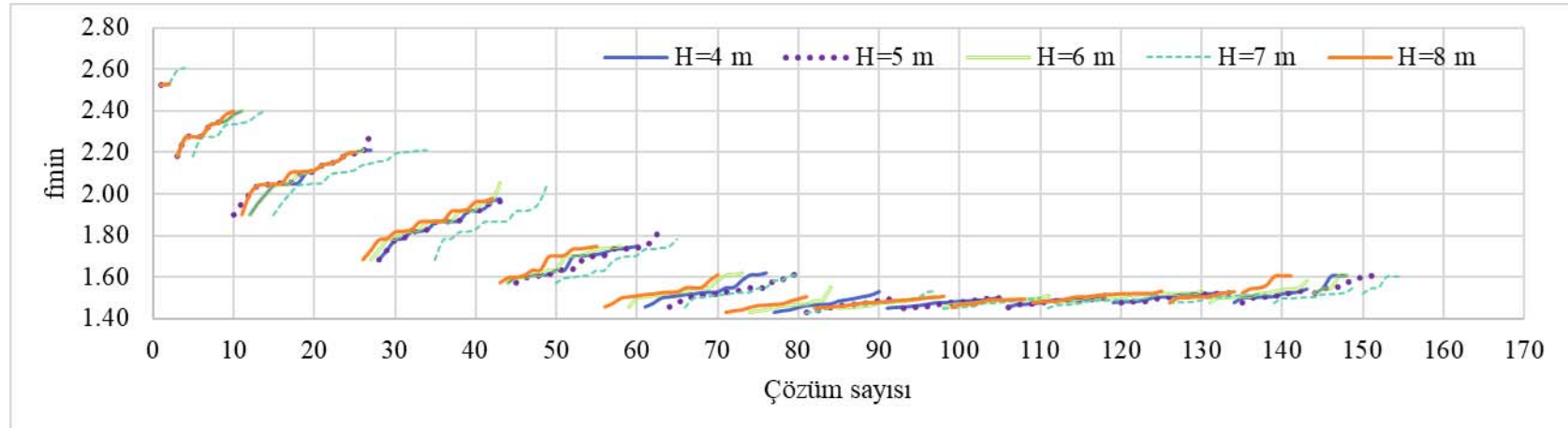


Şekil 5.44. H=8 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

Tüm içsel sürtünme açısı değerlerinin farklı duvar yükseklikleri için amaç fonksiyonuna göre değişimleri HAA için Şekil 5.45' te ve YAKA için Şekil 5.46' da verilmiştir. Optimum tasarımlar dışında farklı duvar yükseklik ve içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ile stabilitite koşulları sağlayan duvar tasarımlarının sayısı (çözüm sayısı) YAKA ile elde edilen tasarımlara göre daha fazladır. Ayrıca, YAKA' da elde edilen tasarımların minimum amaç fonksiyonu değerine daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5.45 ve Şekil 5.46' da içsel sürtünme açısı artışı ile birlikte çözüm sayısı da artmaktadır. Verilen grafikler incelendiğinde tüm içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ile maksimum 333 çözüm elde edilirken YAKA ile maksimum 155 çözüm (duvar tasarımı) elde edilmiştir.



Şekil 5.45. HAA için çözüm sayılarının amaç fonksiyonu ile karşılaştırılması



Şekil 5.46. YAKA için çözüm sayılarının amaç fonksiyonu ile karşılaştırılması

5.4. Dişli Konsol Dayanma Duvarı Optimizasyon Analiz Sonuçları

Dişli konsol dayanma duvarının harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak optimum tasarımı için geliştirilen matematiksel model kullanılmıştır. H=4 m-8 m duvar yüksekliğine sahip dişli konsol dayanma duvarlarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının hesaplanması için temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3) ve eşik yüksekliği (X_5) tasarım değişkenleri olarak alınmıştır. $\emptyset=20-22-24-26-28-30-32-34-36-38-40-42^\circ$ ve H=4-5-6-7-8 m için optimizasyon analizleri yapılmıştır. Dişli konsol dayanma duvarının optimizasyon analizlerinde Çizelge 4.4'te tanımlanan tasarım değişkenleri kullanılmıştır.

5.4.1. Dişli konsol dayanma duvarı için HAA tasarımları

Dişli konsol dayanma duvarı için Çizelge 5.3'te tanımlanan sınırlayıcıları sağlayan optimum duvar tasarımları HAA ile bulunmuştur. HAA kullanılarak Çizelge 5.6'ya göre belirlenen güvenlik sayıları sınırlayıcılarının alt ve üst limitlerine göre tüm içsel sürtünme açıları için uygun çözümler bulunmuştur. Çizelge 5.7'de verilen algoritma parametreleri kullanılarak optimizasyon analizleri gerçekleştirilmiştir. H=4 m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m dişli konsol dayanma duvar yüksekliklerine göre tüm içsel sürtünme açıları için her çözüm bulma sürecinde tekrarlayan analizlerle bulunan çözümlerin değişmediği optimizasyon analiz sonuçları Ek-6'da verilmiştir. İçsel sürtünme açısı ($\emptyset$) 20° olduğu durumlarda stabilite koşulları sağlanan duvar tasarımı elde edilememiş ve $\emptyset < 26^\circ$ olduğu durumda devrilme güvenlik sayısının 3.0' ten dan büyük olduğu tasarımlar elde edilmiştir. İçsel sürtünme açısının $\emptyset=22-42^\circ$ olduğu durumlarda elde edilen uygun çözümler arasından en minimum amaç fonksiyonu değerine (minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına) sahip optimum tasarımlar H=4 m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.33-5.37' de verilmiştir.

Dişli konsol dayanma duvarının optimizasyonu sonucu elde edilen optimum tasarımların tüm duvar yükseklikleri ve duvar stabilitesini sağlayan içsel sürtünme açısı değerlerine göre optimum tasarım değişkenlerinin (optimum çözüm) değişim grafikleri Çizelge 5.1' de katsayılarla tanımlanan tasarım değişkenlerinin katsayıları için Şekil 5.47' de verilmiştir.

Çizelge 5.33. H=4 m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)	f _{min}
1	22	3.60	0.54	0.60	0.69	2.50
2	24	3.00	0.45	0.60	0.69	2.15
3	26	2.40	0.48	0.60	0.72	1.81
4	28	1.80	0.36	0.60	0.72	1.50
5	30	1.60	0.24	0.48	0.58	1.46
6	32	1.60	0.32	0.48	0.29	1.43
7	34	1.60	0.48	0.42	0.25	1.45
8	36	1.60	0.72	0.42	0.27	1.48
9	38	1.60	0.96	0.36	0.38	1.50
10	40	1.60	0.96	0.24	0.17	1.51
11	42	1.40	0.77	0.24	0.17	1.60

Çizelge 5.34. H=5 m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)	f _{min}
1	22	4.50	0.68	0.75	0.86	2.50
2	24	3.75	0.56	0.75	0.86	2.15
3	26	3.00	0.60	0.75	0.90	1.81
4	28	2.25	0.45	0.75	0.90	1.50
5	30	2.00	0.30	0.60	0.72	1.46
6	32	2.00	0.40	0.60	0.36	1.43
7	34	2.00	0.60	0.53	0.32	1.45
8	36	2.00	0.90	0.53	0.34	1.48
9	38	2.00	1.20	0.45	0.47	1.50
10	40	2.00	1.20	0.30	0.21	1.51
11	42	1.75	0.96	0.30	0.21	1.60

Çizelge 5.35. H=6 m optimum tasarım değerleri

No	Ø (°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)	f _{min}
1	22	5.40	0.81	0.90	1.04	2.50
2	24	4.50	0.68	0.90	1.04	2.15
3	26	3.60	0.72	0.90	1.08	1.81
4	28	2.70	0.54	0.90	1.08	1.50
5	30	2.40	0.36	0.72	0.86	1.46
6	32	2.40	0.48	0.72	0.43	1.43
7	34	2.40	0.72	0.63	0.38	1.45
8	36	2.40	1.08	0.63	0.41	1.48
9	38	2.40	1.44	0.54	0.57	1.50
10	40	2.40	1.44	0.36	0.25	1.51
11	42	2.10	1.16	0.36	0.25	1.60

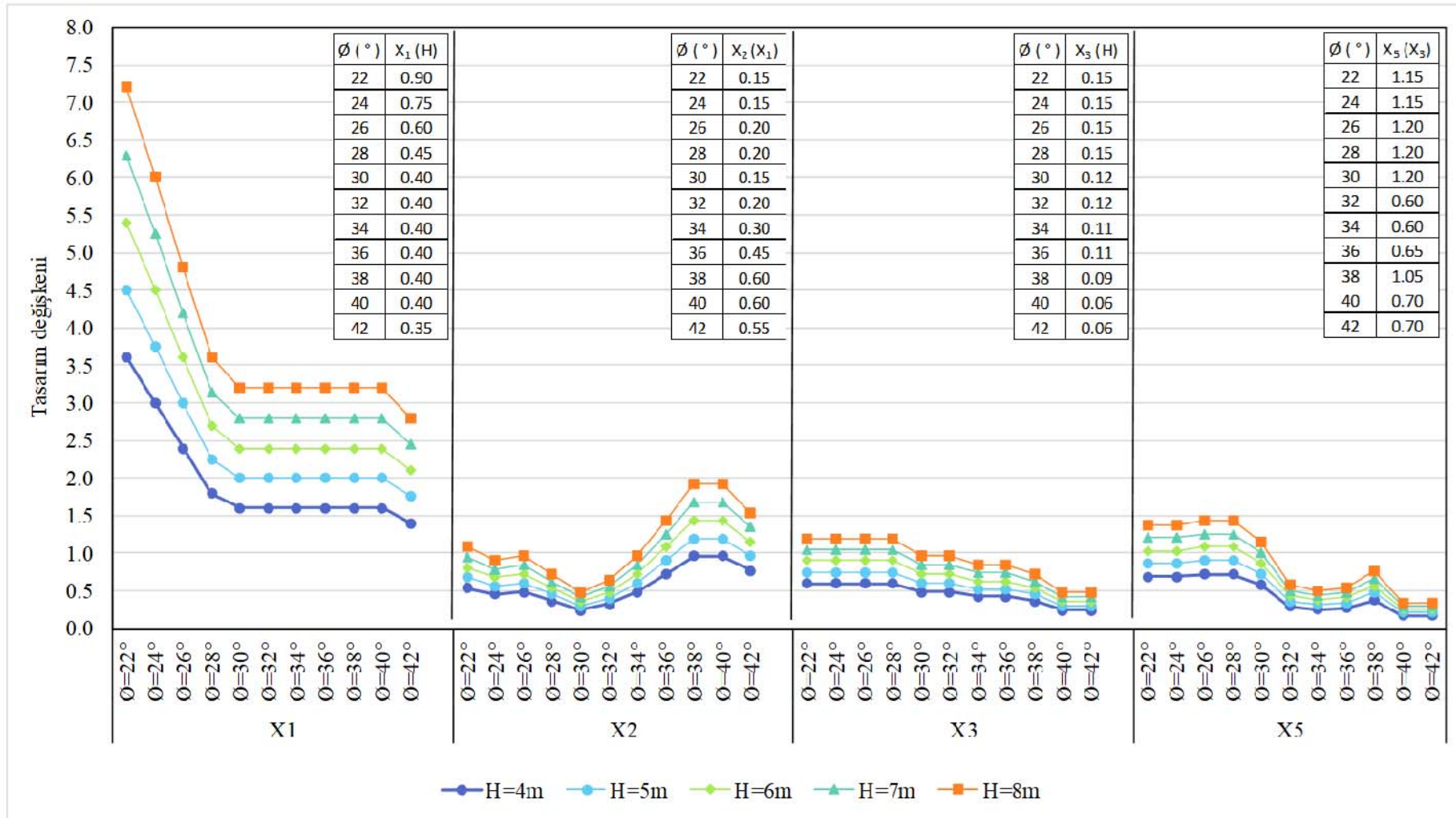
Çizelge 5.36. H=7 m optimum tasarım değerleri

No	$\emptyset$ (°)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	X_5 (m)	f_{min}
1	22	6.30	0.95	1.05	1.21	2.50
2	24	5.25	0.79	1.05	1.21	2.15
3	26	4.20	0.84	1.05	1.26	1.81
4	28	3.15	0.63	1.05	1.26	1.50
5	30	2.80	0.42	0.84	1.01	1.46
6	32	2.80	0.56	0.84	0.50	1.43
7	34	2.80	0.84	0.74	0.44	1.45
8	36	2.80	1.26	0.74	0.48	1.48
9	38	2.80	1.68	0.63	0.66	1.50
10	40	2.80	1.68	0.42	0.29	1.51
11	42	2.45	1.35	0.42	0.29	1.60

Çizelge 5.37. H=8 m optimum tasarım değerleri

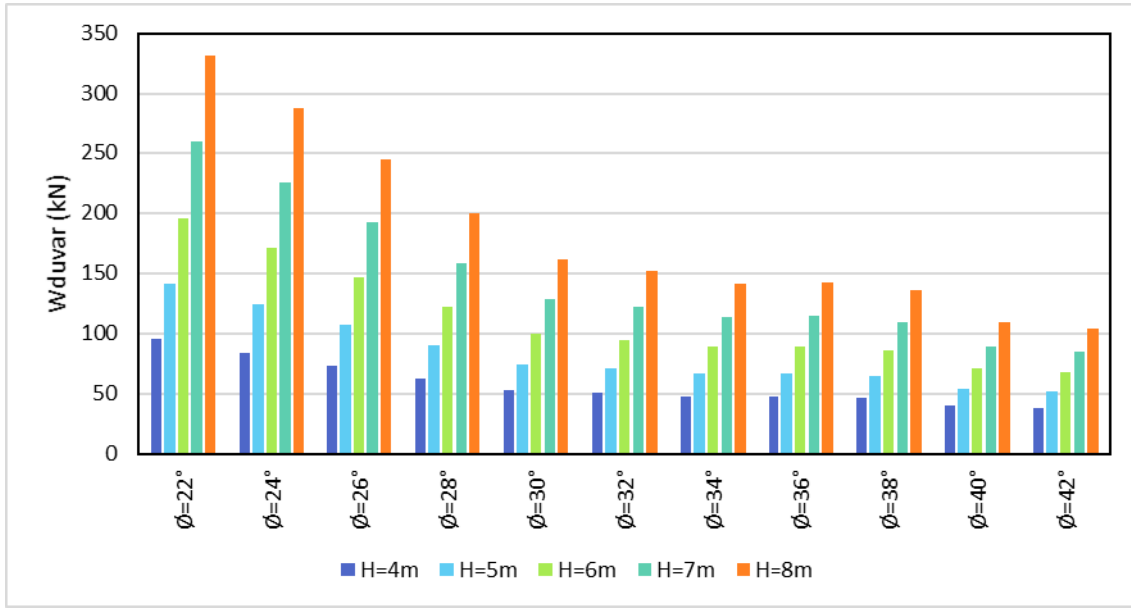
No	$\emptyset$ (°)	X_1 (m)	X_2 (m)	X_3 (m)	X_5 (m)	f_{min}
1	22	7.20	1.08	1.20	1.38	2.50
2	24	6.00	0.90	1.20	1.38	2.15
3	26	4.80	0.96	1.20	1.44	1.81
4	28	3.60	0.72	1.20	1.44	1.50
5	30	3.20	0.48	0.96	1.15	1.46
6	32	3.20	0.64	0.96	0.58	1.43
7	34	3.20	0.96	0.84	0.50	1.45
8	36	3.20	1.44	0.84	0.55	1.48
9	38	3.20	1.92	0.72	0.76	1.50
10	40	3.20	1.92	0.48	0.34	1.51
11	42	2.80	1.54	0.48	0.34	1.60

Şekil 5.47' de verilen optimum duvar boyutlarının değişim grafikleri incelendiği zaman $\emptyset > 22^\circ$ için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilmiştir. $\emptyset = 22^\circ - 30^\circ$ olduğu durumda temel taban genişliğinde (X_1) hızlı bir azalma olurken $\emptyset = 30^\circ$ den $\emptyset = 40^\circ$ a kadar lineer bir davranış göstermiştir. Ön çıkma mesafesi (X_2), $\emptyset = 22^\circ - 30^\circ$ arasında iken azalırken azalma gösterirken $\emptyset = 30^\circ$ dan sonra artan içsel sürtünme açısı değerleri ile birlikte artmıştır. $\emptyset = 22^\circ - 28^\circ$ arasında lineer davranış gösteren temel kalınlığı (X_3), $\emptyset = 28^\circ$ den sonraki içsel sürtünme açısı değerlerinde artan içsel sürtünme açısı ile birlikte azalmıştır. Dış yüksekliği (X_5), $\emptyset = 22^\circ - 28^\circ$ arasında temel kalınlığına benzer olarak yaklaşık lineer devam ederken artan içsel sürtünme açıları ile birlikte genel olarak azalmıştır. Tüm duvar yükseklikleri için değişen içsel sürtünme açısı değerlerinde tasarım değişkenleri (X_1 , X_2 , X_3 ve X_5) için aynı katsayılar elde edilmiştir.



Şekil 5.47. Dişli konsol dayanma duvarı optimum duvar boyutları

Şekil 5.48' de Çizelge 5.33-5.37' de verilen optimum duvar boyutlarına göre hesaplanmış duvar ağırlıkları verilmiştir. Aynı duvar yüksekliğinde içsel sürtünme açısının artışı ile birlikte dişli konsol dayanma duvar ağırlığında genel olarak azalmalar görülürken, aynı içsel sürtünme açısı değerinde duvar yüksekliği arttıkça duvar ağırlığı artmaktadır.



Şekil 5.48. Dişli konsol dayanma duvarı için HAA ile elde edilen optimum duvar boyutlarına ait minimum duvar ağırlıkları

Farklı duvar yükseklikleri için Çizelge 5.33-5.37' de verilen optimum duvar boyutları kullanılarak GEO5'te dişli konsol dayanma duvar tasarımları oluşturulmuştur. Aynı duvar tasarımlarının numerik analizleri sonucu kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir. Elde edilen güvenlik sayıları ile matematiksel tabanlı optimizasyon analizleri ile elde edilen güvenlik sayıları H=4 m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m duvar yükseklikleri için sırasıyla Çizelge 5.38-5.42' de verilmiştir. Verilen güvenlik sayılarına göre tüm duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açıları için hesaplanmış rölatif hata grafikleri kayma güvenlik sayısı için Şekil 5.49, devrilme güvenlik sayısı için Şekil 5.50 ve toptan göçme güvenlik sayısı için Şekil 5.51' de verilmiştir.

Çizelge 5.38. H=4 m duvar yüksekliği için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	22	1.30	4.75	1.52	1.28	4.86	1.33
2	24	1.31	3.61	1.59	1.35	3.65	1.46
3	26	1.31	2.50	1.66	1.36	2.53	1.54
4	28	1.31	1.50	1.73	1.40	1.55	1.60
5	30	1.35	1.32	1.76	1.44	1.35	1.65
6	32	1.33	1.31	1.70	1.28	1.35	1.70
7	34	1.32	1.37	1.70	1.27	1.44	1.75
8	36	1.31	1.36	1.81	1.27	1.43	1.83
9	38	1.31	1.33	1.89	1.24	1.41	1.73
10	40	1.31	1.45	1.81	1.11	1.52	1.80
11	42	1.58	1.30	1.96	1.29	1.38	1.81

Çizelge 5.39. H=5 m duvar yüksekliği için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	22	1.30	4.75	1.52	1.28	4.85	1.33
2	24	1.31	3.61	1.59	1.34	3.64	1.46
3	26	1.31	2.50	1.66	1.35	2.52	1.54
4	28	1.31	1.50	1.73	1.39	1.54	1.60
5	30	1.35	1.32	1.76	1.42	1.34	1.65
6	32	1.33	1.31	1.70	1.26	1.34	1.70
7	34	1.32	1.37	1.70	1.26	1.42	1.75
8	36	1.31	1.36	1.81	1.25	1.41	1.83
9	38	1.31	1.33	1.89	1.22	1.38	1.73
10	40	1.31	1.45	1.81	1.09	1.48	1.80
11	42	1.58	1.30	1.96	1.26	1.34	1.81

Çizelge 5.40. H=6 m duvar yüksekliği için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

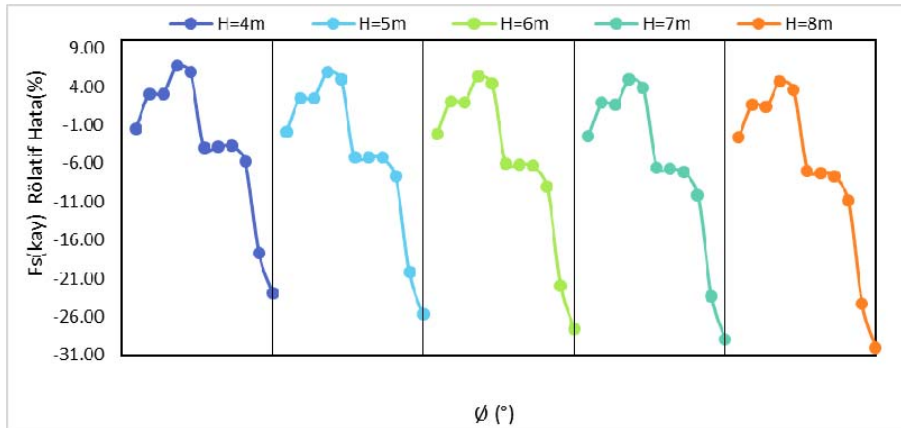
No	Ø (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	22	1.30	4.75	1.52	1.27	4.84	1.33
2	24	1.31	3.61	1.59	1.33	3.63	1.46
3	26	1.31	2.50	1.66	1.34	2.51	1.54
4	28	1.31	1.50	1.73	1.38	1.53	1.60
5	30	1.35	1.32	1.76	1.41	1.33	1.65
6	32	1.33	1.31	1.70	1.26	1.33	1.70
7	34	1.32	1.37	1.70	1.25	1.41	1.75
8	36	1.31	1.36	1.81	1.23	1.40	1.83
9	38	1.31	1.33	1.89	1.20	1.36	1.73
10	40	1.31	1.45	1.81	1.07	1.46	1.80
11	42	1.58	1.30	1.96	1.24	1.32	1.81

Çizelge 5.41. H=7 m duvar yüksekliği için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

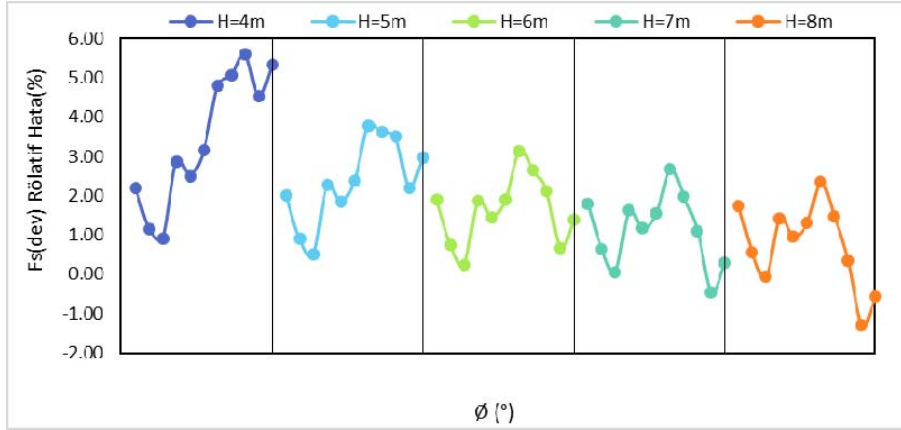
No	$\emptyset$ (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	22	1.30	4.75	1.52	1.27	4.84	1.52
2	24	1.31	3.61	1.59	1.33	3.63	1.58
3	26	1.31	2.50	1.66	1.34	2.51	1.64
4	28	1.31	1.50	1.73	1.37	1.53	1.70
5	30	1.35	1.32	1.76	1.40	1.33	1.71
6	32	1.33	1.31	1.70	1.25	1.33	1.67
7	34	1.32	1.37	1.70	1.24	1.41	1.72
8	36	1.31	1.36	1.81	1.22	1.39	1.80
9	38	1.31	1.33	1.89	1.19	1.34	1.92
10	40	1.31	1.45	1.81	1.06	1.44	1.80
11	42	1.58	1.30	1.96	1.23	1.31	1.90

Çizelge 5.42. H=8 m duvar yüksekliği için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için doğrulama analiz sonuçları

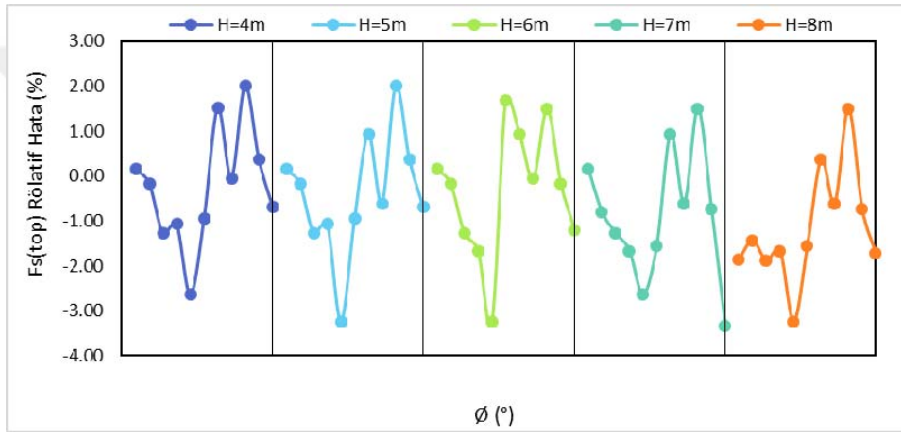
No	$\emptyset$ (°)	Matematiksel Model			Numerik Analiz		
		Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	22	1.30	4.75	1.52	1.27	4.84	1.49
2	24	1.31	3.61	1.59	1.33	3.63	1.57
3	26	1.31	2.50	1.66	1.33	2.50	1.63
4	28	1.31	1.50	1.73	1.37	1.53	1.70
5	30	1.35	1.32	1.76	1.40	1.33	1.70
6	32	1.33	1.31	1.70	1.24	1.32	1.67
7	34	1.32	1.37	1.70	1.23	1.40	1.71
8	36	1.31	1.36	1.81	1.22	1.38	1.80
9	38	1.31	1.33	1.89	1.18	1.33	1.92
10	40	1.31	1.45	1.81	1.05	1.43	1.80
11	42	1.58	1.30	1.96	1.22	1.29	1.93



Şekil 5.49. Kayma güvenlik sayısı rölatif hata değerleri



Şekil 5.50. Devrilme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

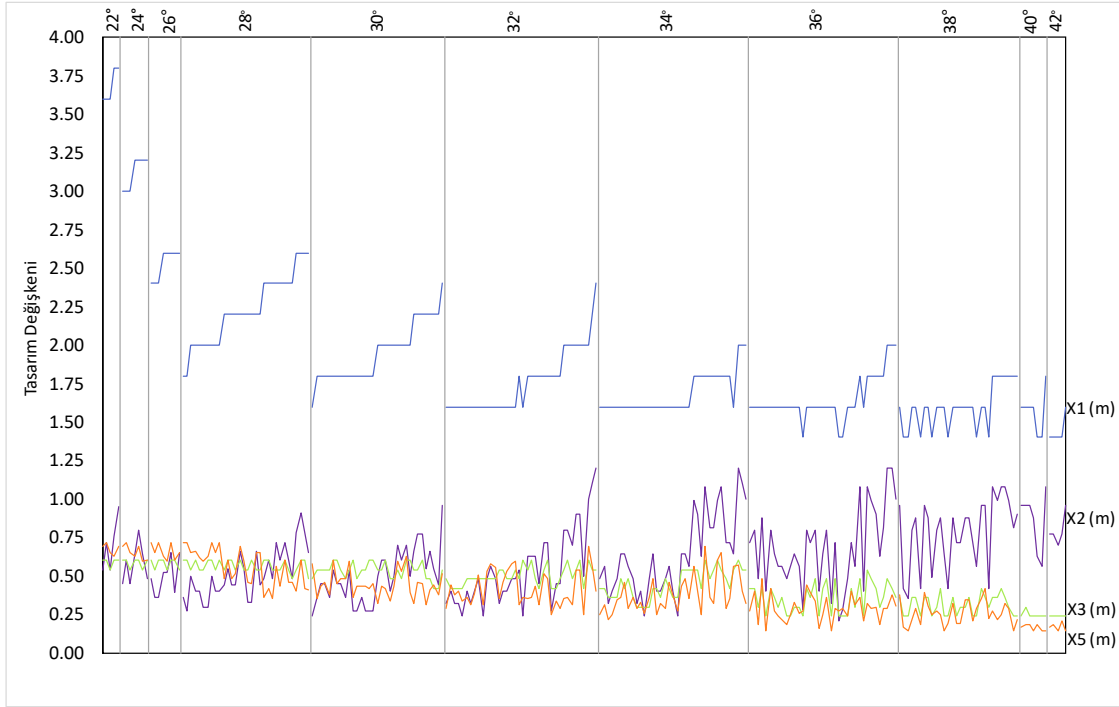


Şekil 5.51. Toptan göçme güvenlik sayısı rölatif hata değerleri

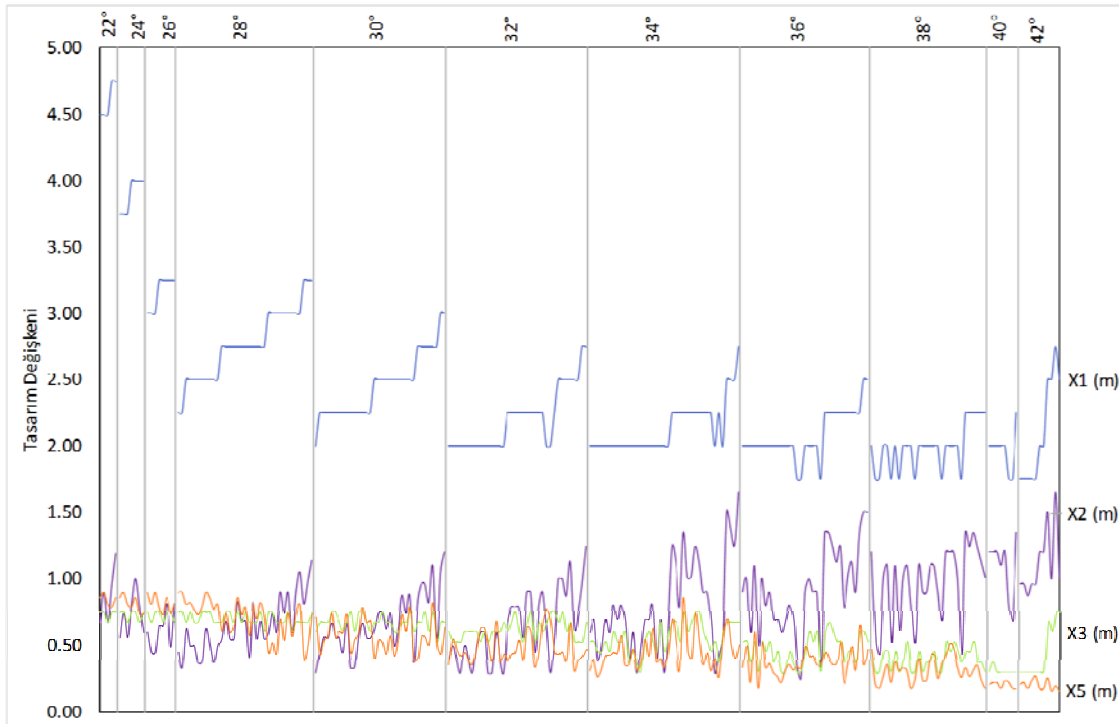
Şekillerde verilen rölatif hata değerleri incelendiğinde ortalama mutlak rölatif hata kayma güvenlik sayısı için %4, devrilme güvenlik sayısı için %4 ve toptan göçme güvenlik sayısı için %1 olarak elde edilmiştir. Ayrıca, maksimum mutlak rölatif hatalar kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için sırasıyla %30, %6 ve %2 olarak bulunmuştur. Elde edilen bu değerler geliştirilen güvenlik sayısı matematiksel modellerinin dişli konsol dayanma duvar tasarımlarının optimizasyon analizlerinde devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesi için güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini gösterirken kayma güvenlik sayısının belirlenmesi için kullanılmasında maksimum rölatif hatanın dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Optimizasyon analizleri sonucunda elde edilen temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2), temel kalınlığı (X_3) ve dış yüksekliği (X_5) tasarım değişkenlerinin farklı duvar yüksekliği, H=4m, 5m, 6m, 7m ve 8m, ve farklı içsel sürtünme açısı,

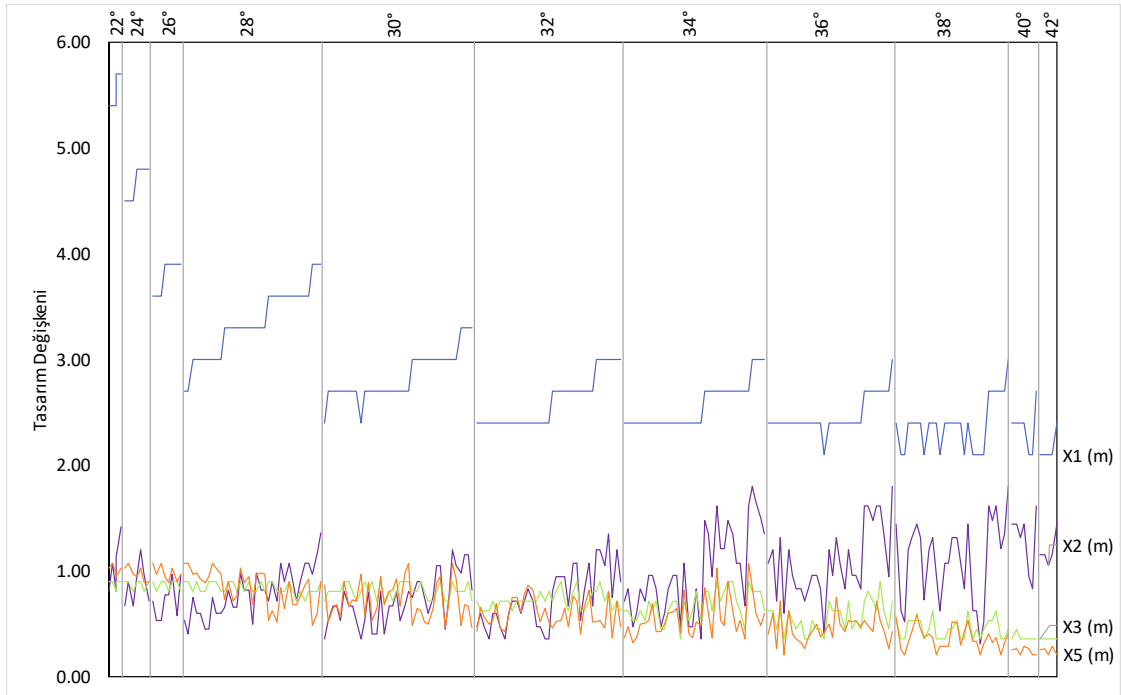
$\emptyset = 20^\circ, 22^\circ, 24^\circ, 26^\circ, 28^\circ, 30^\circ, 32^\circ, 34^\circ, 36^\circ, 38^\circ, 40^\circ$ ve 42° değerleri için sırasıyla Şekil 5.52-5.56' da verilmiştir.



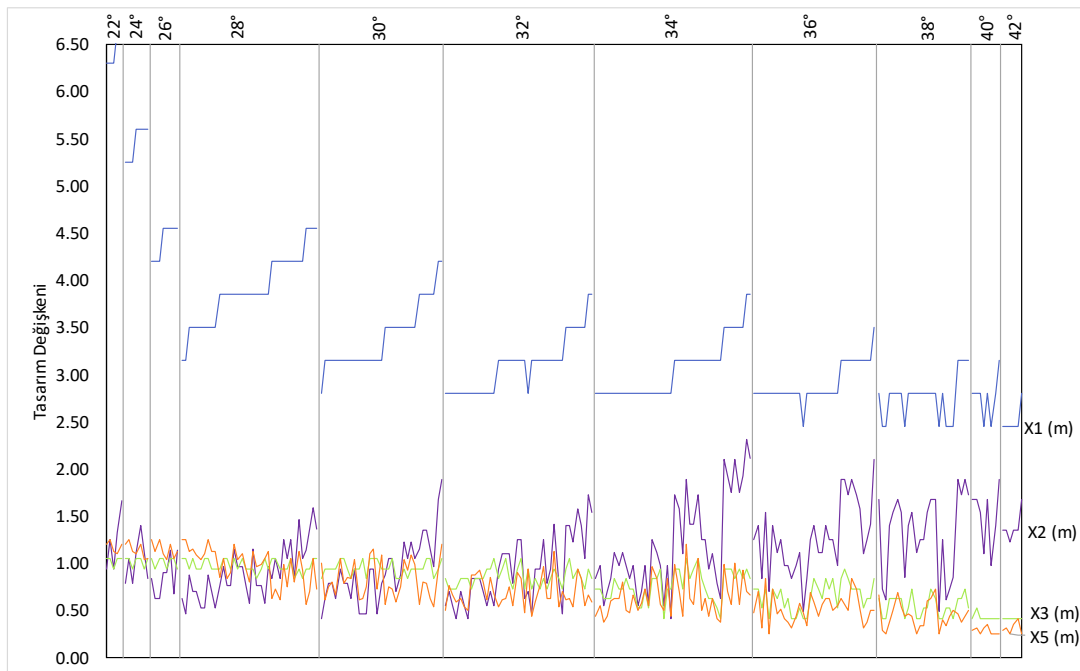
Şekil 5.52. H=4 m için önerilen duvar tasarımları



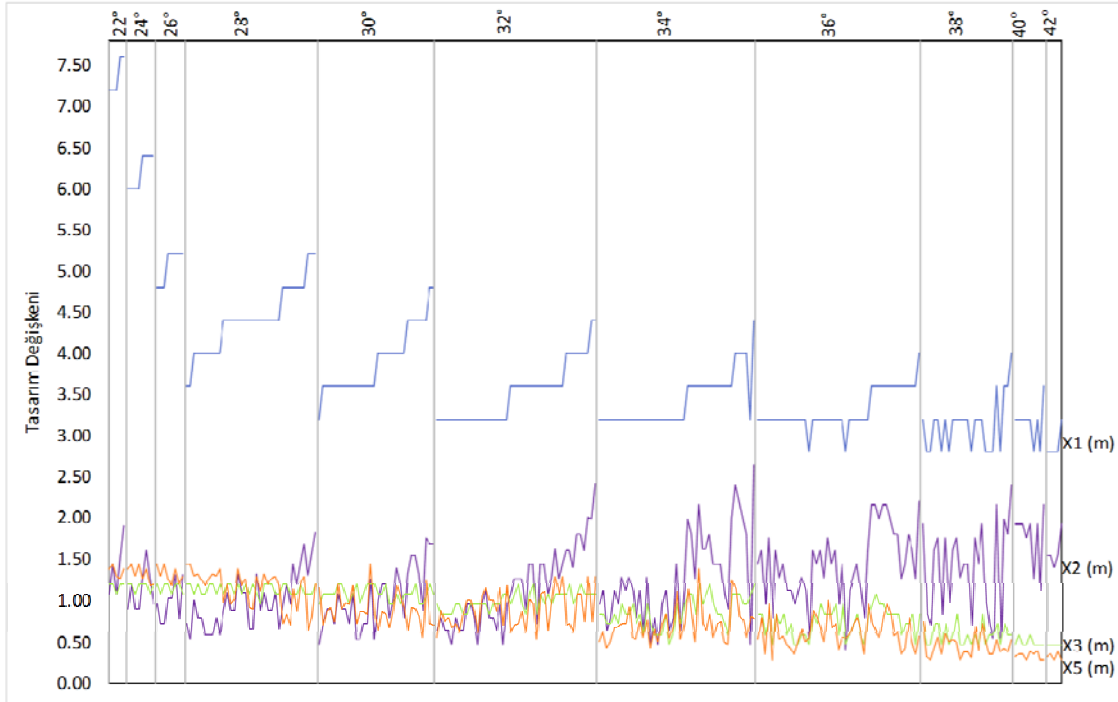
Şekil 5.53. H=5 m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.54. H=6 m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.55. H=7 m için önerilen duvar tasarımları



Şekil 5.56. H=8 m için önerilen duvar tasarımları

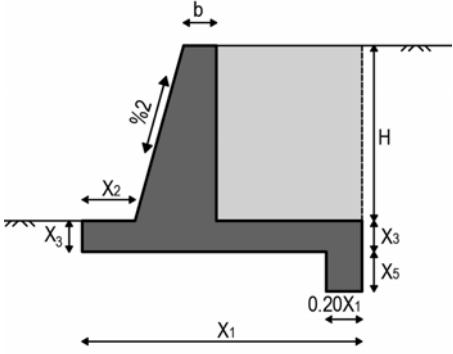
H=4m-8m duvar yüksekliğine sahip dişli konsol dayanma duvar tasarımı yapılacak zeminin içsel sürtünme açısının $\phi=22^\circ$ - 42° olması durumunda Şekil 5.52-Şekil 5.56' da verilen grafikler kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3'ten büyük duvar tasarımlarının elde edilmesinde kullanılabilir. Dişli konsol dayanma duvarı tasarımında aynı grafikler kullanılarak içsel sürtünme açısının $\phi \geq 28^\circ$ olması durumunda güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu tasarımlar elde edilebilir.

Dişli konsol dayanma duvar tasarımında farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için tasarımlarda kullanılabilecek ön tasarım kılavuzu Çizelge 5.43' te verilmiştir. Bu çizelge önerilen duvar boyutları kullanılarak yapılan örnek tasarımlar ve bu tasarımların GEO5 yazılımından elde edilen güvenlik sayıları Çizelge 5.44' te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar önerilen duvar boyutları ve ön tasarım kılavuzunun dişli konsol dayanma duvar tasarımında güvenilir bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Çizelge 5.43. Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için dişli konsol dayanma duvar ön tasarım kılavuzu

	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₅ (m)
H(m)	Ø=22° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 5.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=24° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 4.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=26° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.50) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	3.60-3.80	0.30-0.95	0.54-0.60	0.63-0.72	3.00-3.20	0.45-0.80	0.54-0.60	0.59-0.72	2.40-2.60	0.36-0.65	0.56-0.60	0.59-0.72
5	4.50-4.75	0.68-1.19	0.68-0.75	0.79-0.90	3.75-4.00	0.56-1.00	0.68-0.75	0.74-0.90	3.00-3.25	0.45-0.81	0.68-0.75	0.74-0.90
6	5.40-5.70	0.81-1.43	0.81-0.90	0.95-1.08	4.50-4.80	0.68-1.20	0.81-0.90	0.89-1.08	3.60-3.90	0.54-0.98	0.81-0.90	0.89-1.08
7	6.30-6.65	0.95-1.66	0.95-1.05	1.10-1.26	5.25-5.60	0.79-1.40	0.95-1.05	1.04-1.26	4.20-4.55	0.63-1.14	0.95-1.05	1.04-1.26
8	7.20-7.60	1.08-1.90	1.08-1.20	1.26-1.44	6.00-6.40	0.90-1.60	1.08-1.20	1.19-1.44	4.80-5.20	0.72-1.30	1.08-1.20	1.19-1.44
H(m)	Ø=28° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=30° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=32° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	1.80-2.60	0.27-0.91	0.48-0.60	0.35-0.72	1.60-2.40	0.24-0.96	0.42-0.60	0.31-0.63	1.60-2.40	0.24-1.20	0.42-0.60	0.25-0.69
5	2.25-3.25	0.34-1.14	0.60-0.75	0.41-0.90	2.00-3.00	0.30-1.20	0.53-0.75	0.39-0.83	2.00-2.75	0.30-1.24	0.53-0.75	0.32-0.78
6	2.70-3.90	0.41-1.37	0.72-0.90	0.49-1.08	2.40-3.30	0.36-1.20	0.72-0.90	0.47-1.08	2.40-3.00	0.36-1.35	0.63-0.90	0.38-0.86
7	3.15-4.55	0.30-1.59	0.84-1.05	0.57-1.26	2.80-4.20	0.42-1.89	0.84-1.05	0.55-1.21	2.80-3.85	0.42-1.73	0.74-1.05	0.44-1.13
8	3.60-5.20	0.54-1.82	0.96-1.20	0.65-1.44	3.20-4.80	0.48-1.76	0.96-1.20	0.58-1.44	3.20-4.40	0.48-2.42	0.84-1.20	0.55-1.30
H(m)	Ø=34° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=36° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=38° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)			
4	1.60-2.00	0.24-1.20	0.30-0.60	0.22-0.69	1.40-2.00	0.21-1.20	0.24-0.54	0.14-0.48	1.40-1.80	0.35-1.08	0.24-0.42	0.14-0.41
5	2.00-2.75	0.30-1.65	0.30-0.75	0.26-0.86	1.75-2.50	0.26-1.50	0.30-0.68	0.18-0.66	1.75-2.75	0.44-1.35	0.30-0.53	0.18-0.52
6	2.40-3.00	0.36-1.80	0.36-0.90	0.32-1.08	2.10-3.00	0.42-1.80	0.36-0.90	0.22-0.76	2.10-3.00	0.32-1.80	0.36-0.63	0.22-0.59
7	2.80-3.85	0.42-2.31	0.42-1.05	0.38-1.21	2.45-3.50	0.49-2.10	0.42-0.95	0.25-0.85	2.45-3.15	0.49-1.89	0.42-0.74	0.25-0.72
8	3.20-4.40	0.48-2.64	0.48-1.20	0.43-1.38	2.80-4.00	0.42-2.20	0.48-1.08	0.29-1.01	2.80-4.00	0.56-2.40	0.48-0.84	0.29-0.76
H(m)	Ø=40° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)				Ø=42° (1.30 < Fs(kay) < 3.00) (1.30 < Fs(dev) < 3.00) (1.30 < Fs(top) < 3.00)							
4	1.40-1.80	0.56-1.08	0.24-0.30	0.14-0.18	1.40-1.60	0.70-0.96	0.24	0.14-0.20				
5	1.75-2.25	0.70-1.35	0.30-0.38	0.18-0.24	1.75-2.00	0.88-1.20	0.30	0.18-0.27				
6	2.10-2.70	0.84-1.62	0.36-0.45	0.22-0.29	2.10-2.40	1.05-1.44	0.36	0.22-0.29				
7	2.45-3.15	0.98-1.89	0.42-0.53	0.25-0.36	2.45-2.80	1.23-1.68	0.42	0.25-0.42				
8	2.80-3.60	1.12-2.16	0.48-0.60	0.29-0.41	2.80-3.20	1.40-1.92	0.48	0.29-0.38				

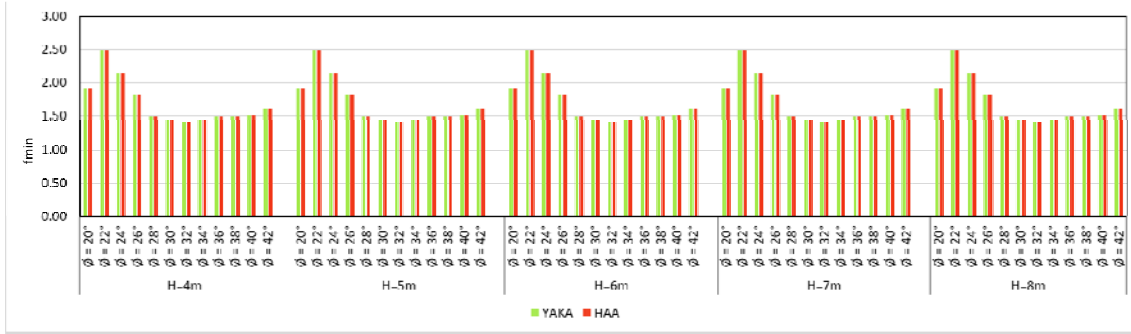
Çizelge 5.44. Farklı tasarım durumları ve duvar boyutları için ön tasarım kılavuzu örnek tasarımlar ve sonuçlar

							GEO 5 konsol dayanma duvar tasarımları için analiz parametreleri		
							$b=0.25m$		
							$\delta=(2/3) \text{ } \emptyset$		
							$\gamma_{\text{zemin}}=18\text{kN/m}^3$		
							$\gamma_{\text{beton}}=25\text{kN/m}^3$		
							$c=0$		
							Şev stabilitesi: Bishop		
							Aktif ve pasif zemin basınç katsayıları: Mazindrani (Rankine)		
Örnek No	H (m)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	X5 (m)	$\emptyset$ (°)	Fs (kay)	Fs (dev)	Fs (top)
1	4	3.60	0.30	0.54	0.63	22	1.32	4.94	1.51
2	5	3.75	0.50	0.68	0.74	24	1.30	3.62	1.52
3	6	3.60	0.54	0.81	0.89	26	1.31	2.50	1.59
4	7	3.30	0.30	1.00	0.80	28	1.31	1.60	1.62
5	8	3.50	0.30	0.96	0.70	30	1.32	1.51	1.64
6	7	2.90	0.42	0.74	0.50	32	1.31	1.47	1.67
7	6	2.40	0.36	0.36	0.32	34	1.33	1.59	1.65
8	5	1.75	0.26	0.30	0.18	36	1.31	1.32	1.69
9	4	1.40	0.35	0.24	0.14	38	1.38	1.41	1.79
10	8	2.85	1.12	0.48	0.29	40	1.31	1.43	1.85
11	7	2.50	1.23	0.42	0.38	42	1.43	1.47	2.00
12	8	4.80	0.72	1.08	1.19	26	1.30	2.49	1.59

5.4.2. Dişli konsol dayanma duvarı için YAKA tasarımları

Harmoni arama algoritması (HAA) ile yapılan optimizasyon analizleri yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak tekrarlanmıştır. Dişli konsol dayanma duvarının optimum tasarımlarında Çizelge 5.3' te verilen sınırlayıcıları Çizelge 5.6' ya göre sağlayan tasarımlar elde edilmiştir. Analizlerde $H=4\text{m}$, 5m , 6m , 7m ve 8m ve $\emptyset=20^\circ$, 22° , 24° , 26° , 28° , 30° , 32° , 34° , 36° , 38° , 40° ve 42° olmak üzere 60 farklı durum ve YAKA tasarım parametreleri olarak Çizelge 5.8' de verilen değerler dikkate alınmıştır. Her farklı durum için birçok deneme ile gerçekleştirilen optimizasyon analizlerinde HAA ile dişli konsol dayanma duvarı için elde edilen optimum duvar tasarımlarının YAKA ile de aynen elde edildiği görülmüştür. Çizelge 5.33-5.37' de verilen HAA ile elde edilen optimum duvar tasarımlarının minimum amaç fonksiyonu değerlerinden daha küçük amaç fonksiyon değerine sahip duvar tasarımı elde edilememiştir. Şekil 5.57' de HAA ve YAKA ile elde edilen minimum amaç fonksiyonlarının ($f_{\min}$) farklı duvar yükseklikleri (H) ve farklı içsel sürtünme açısı ($\emptyset$)

değerlerine göre değişimi verilirken YAKA ile elde edilen tüm optimizasyon analiz sonuçları Ek-7’ de verilmiştir.



Şekil 5.57. HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

Farklı duvar yükseklikleri ve farklı içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ve YAKA ile aynı optimum duvar boyutları elde edildiği Şekil 5.57’ de görülmektedir. Bu sebeple HAA ile dişli konsol dayanma duvarı optimum dişli konsol dayanma duvar tasarımları için elde edilen Şekil 5.48 ve Çizelge 5.38-5.42, YAKA için gerçekleştirilen optimum tasarımlar için de geçerlidir.

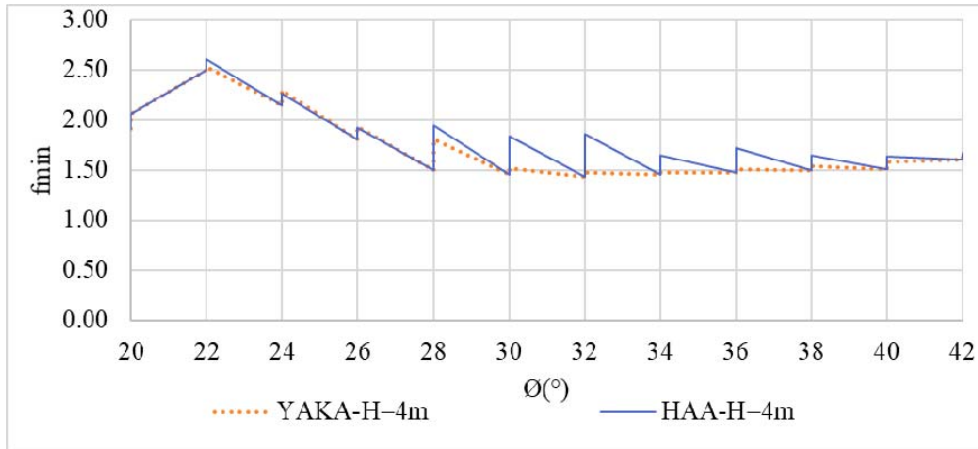
Sonuç olarak, HAA kullanılarak elde edilen tüm optimizasyon analiz sonuçları YAKA kullanılarak yapılan optimum dişli konsol dayanma duvar tasarımı için de aynen geçerlidir.

5.4.3. Dişli konsol dayanma duvarı için HAA ve YAKA ile elde edilen optimum tasarımların karşılaştırılması

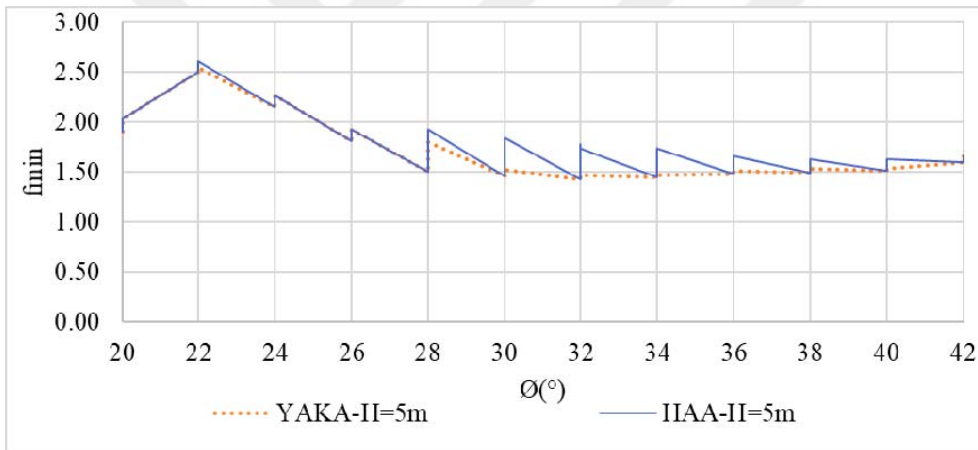
Dişli konsol dayanma duvarının farklı duvar yükseklik ve içsel sürtünme açısı değerleri için optimum tasarımları harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon analiz sonuçlarına göre her iki algoritma için de aynı optimum tasarım değerleri elde edilmiştir. HAA ve YAKA ile elde edilen optimum duvar tasarımları aynı olup farklı içsel sürtünme açısı değerleri için elde edilen duvar tasarımlarının amaç fonksiyon (f_{min}) değerleri H=4 m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m için sırasıyla Şekil 5.58-5.62’ de verilmiştir.

Farklı duvar yükseklikleri ve içsel sürtünme açısı değerleri için dişli konsol dayanma duvarının amaç fonksiyonu ile değişim grafikleri (Şekil 5.58-5.62)

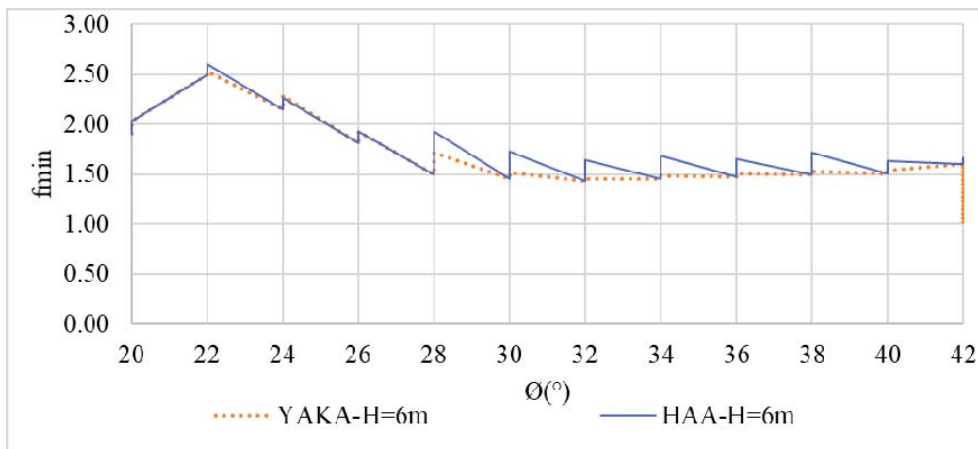
incelendiğinde elde edilen minimum amaç fonksiyon değerleri değişmezken yaklaşık aynı duvar tasarımlarının elde edildiği görülmüştür.



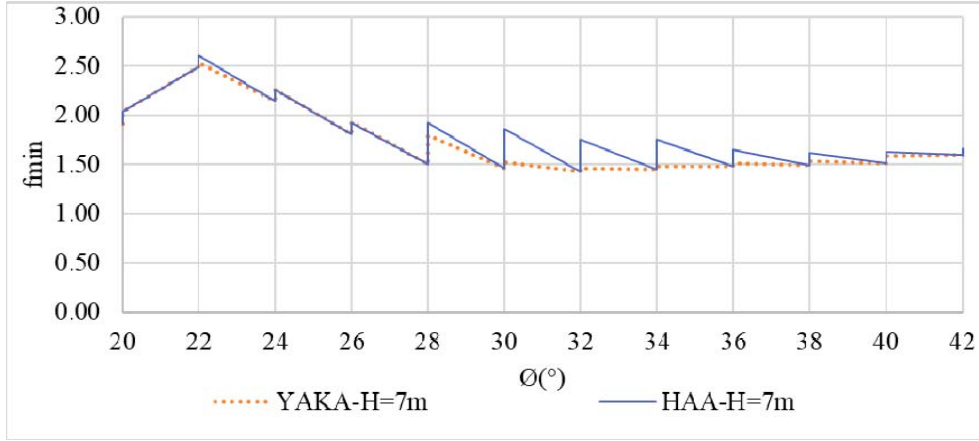
Şekil 5.58. H=4 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



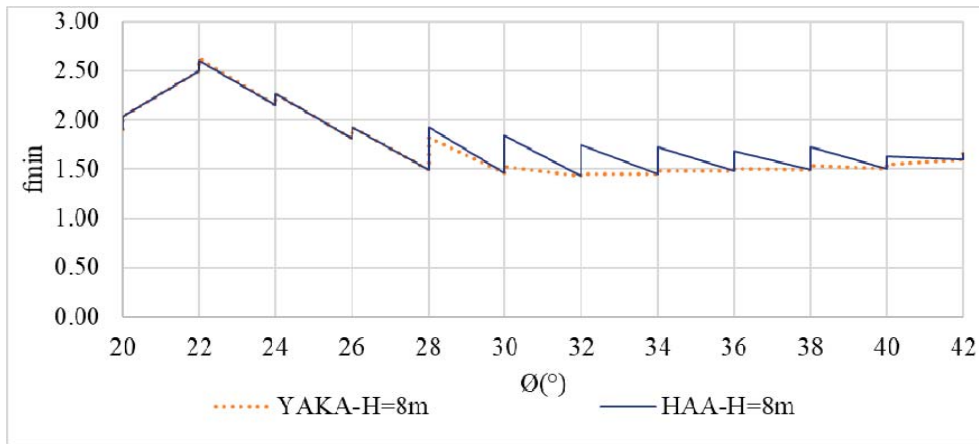
Şekil 5.59. H=5 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması



Şekil 5.60. H=6 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

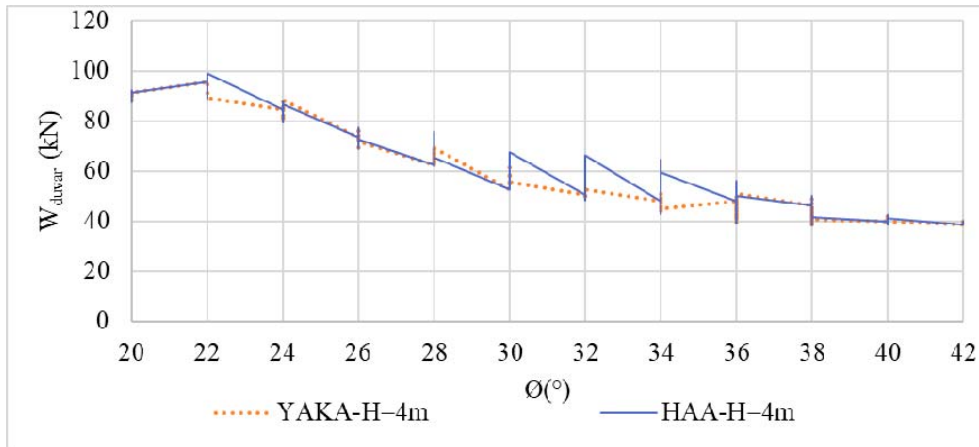


Şekil 5.61. H=7 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

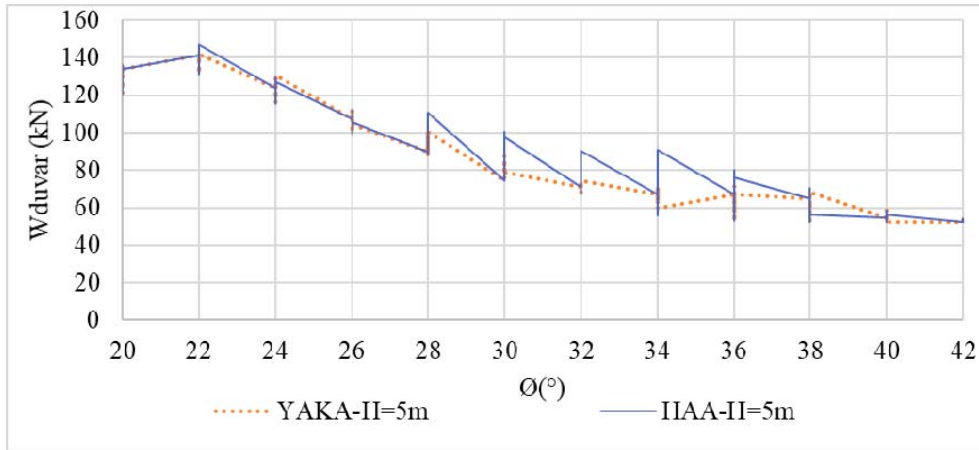


Şekil 5.62. H=8 m için HAA ve YAKA amaç fonksiyon değerlerinin karşılaştırması

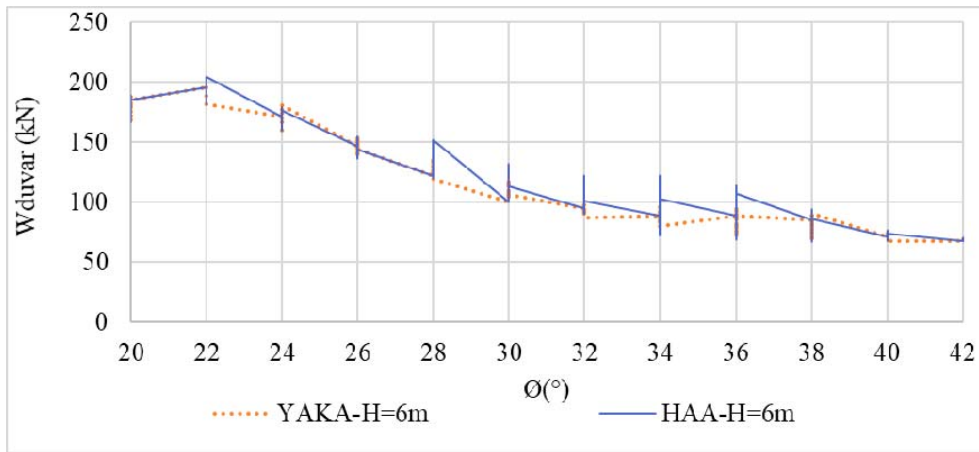
HAA ve YAKA algoritmalarının amaç fonksiyonu değerlerinin karşılaştırılması için verilen grafikteki gözlemlenen davranışa benzer değişimler dışlı konsol dayanma duvar ağırlıklarının (W_{duvar}) karşılaştırılması için Şekil 5.63-5.67' de verilmiştir.



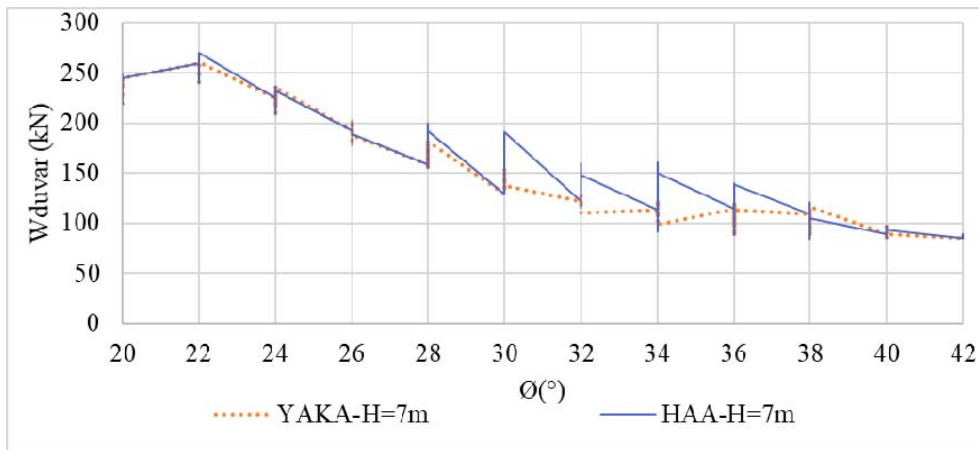
Şekil 5.63. H=4 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



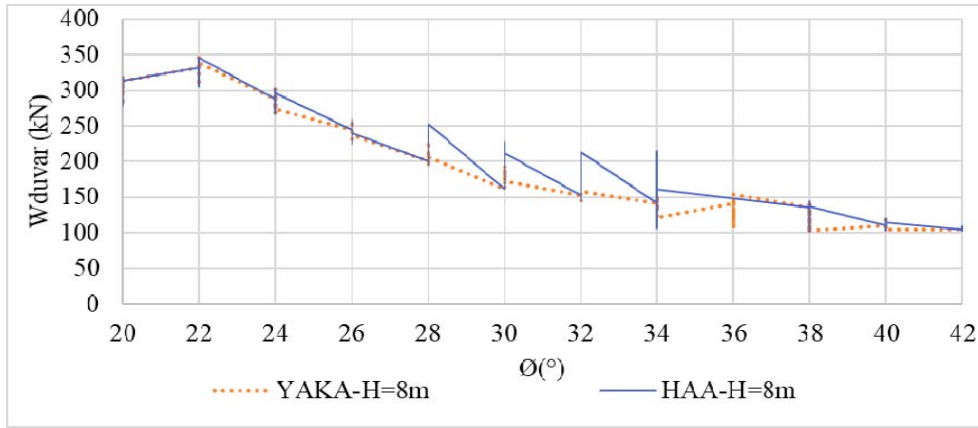
Şekil 5.64. H=5 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması



Şekil 5.65. H=6 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

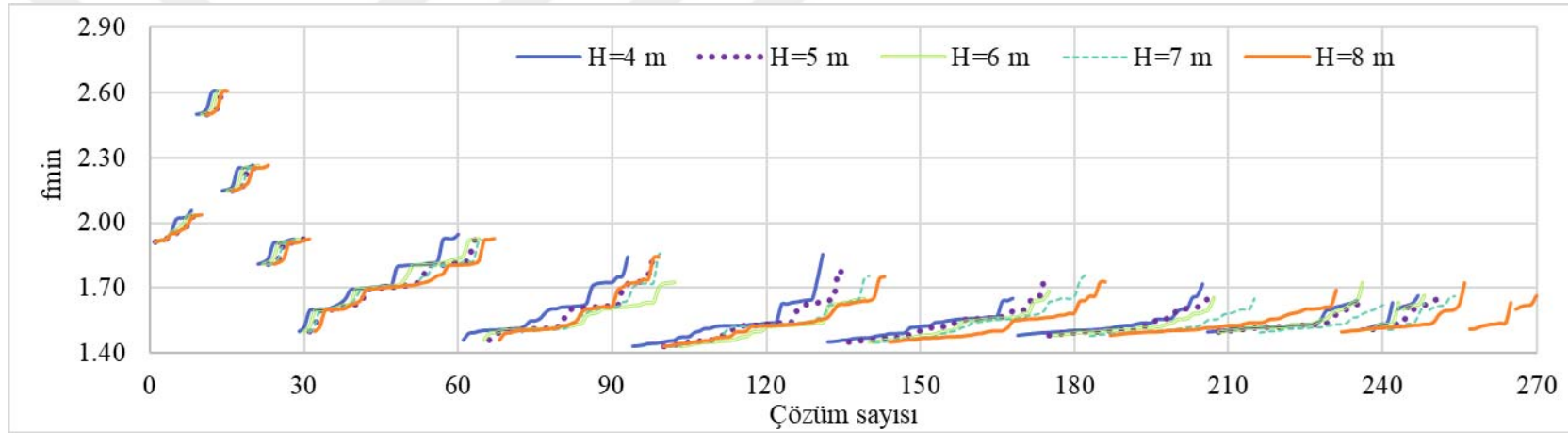


Şekil 5.66. H=7 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

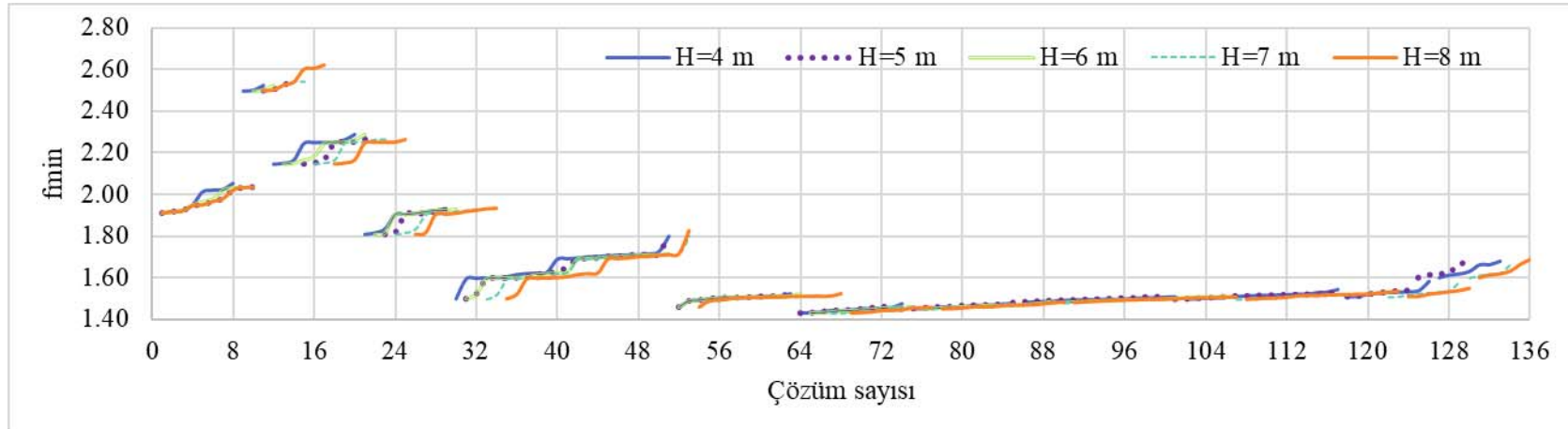


Şekil 5.67. H=8 m için HAA ve YAKA duvar ağırlıklarının karşılaştırması

Tüm içsel sürtünme açısı değerlerinin farklı duvar yükseklikleri için amaç fonksiyonuna göre değişimleri HAA için Şekil 5.68’ de ve YAKA için Şekil 5.69’ da sunulmuştur. Optimum tasarımlar dışında farklı duvar yüksekliği ve içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ile stabilitite koşulları sağlayan duvar tasarımlarının sayısı (optimal çözüm sayısı) YAKA ile elde edilen tasarımlara göre daha fazladır. Fakat, YAKA ile elde edilen duvar tasarımlarının minimum amaç fonksiyonu değerine daha yakın olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5.68 ve Şekil 5.69 ’da çözüm sayısı artışı ile birlikte içsel sürtünme açısı da artmaktadır. Verilen grafikler incelendiğinde tüm içsel sürtünme açısı değerleri için HAA ile maksimum 270 çözüm elde edilirken YAKA ile maksimum 136 çözüm (duvar tasarımı) elde edilmiştir.



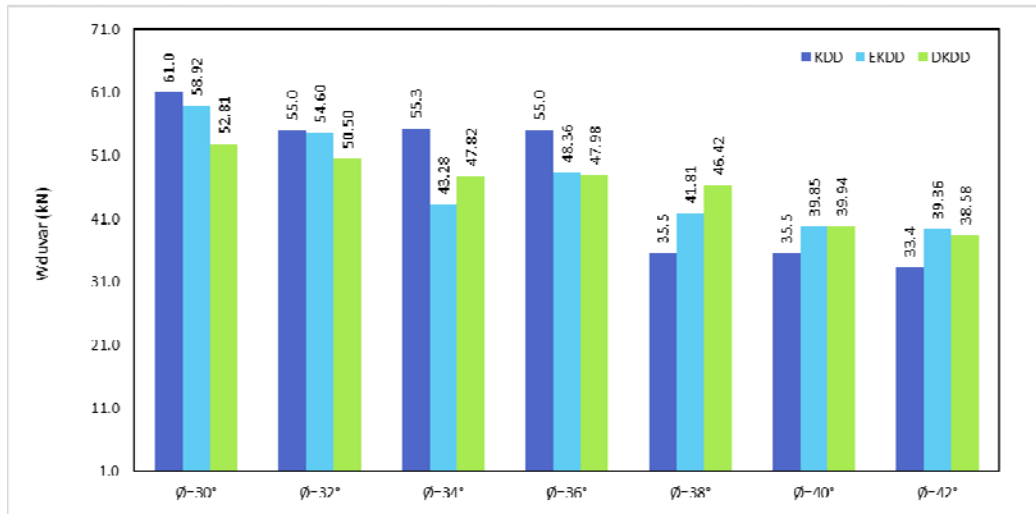
Şekil 5.68. HAA için çözüm sayılarının amaç fonksiyonu ile karşılaştırılması



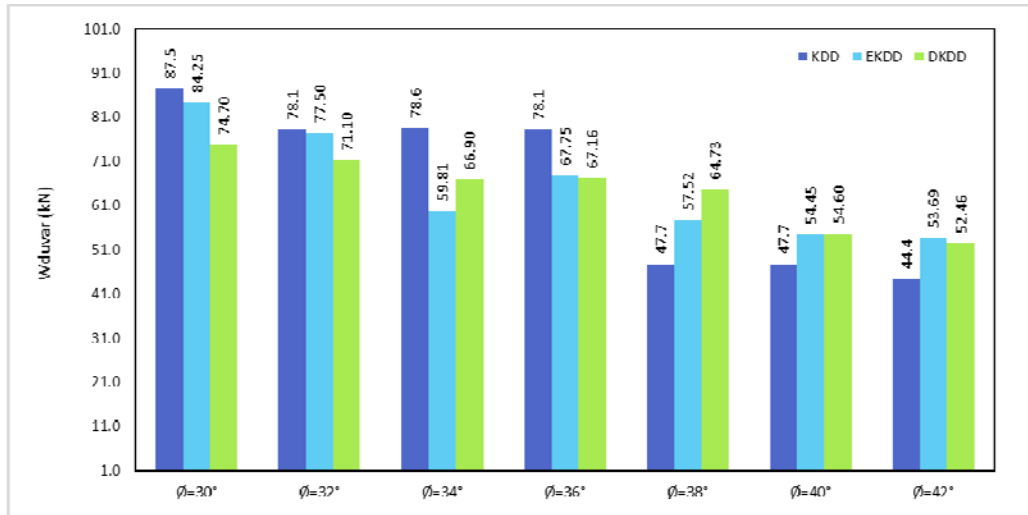
Şekil 5.69. YAKA için çözüm sayılarının amaç fonksiyonu ile karşılaştırılması

5.5. Dayanma Duvar Tiplerinin Optimum Tasarımlarının Karşılaştırılması

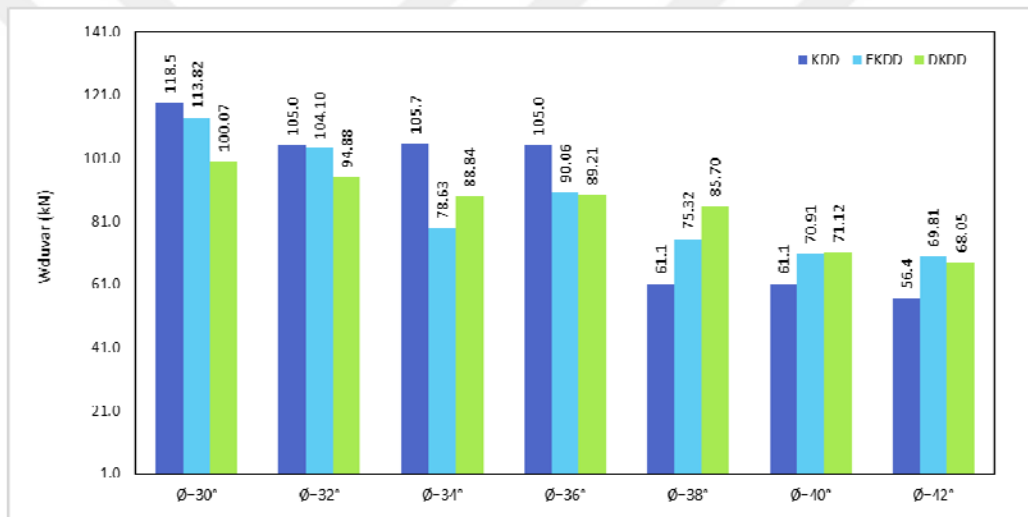
Konsol dayanma duvarı (KDD), eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvarı (EKDD) ve dişli konsol dayanma duvarı (DKDD) için harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak farklı duvar yüksekliği (H) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri için optimum duvar tasarımları araştırılmıştır. Tüm konsol dayanma duvarı tiplerinin tasarımlarında temel genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2) ve temel kalınlığı (X_3) için aynı değerler dikkate alınmıştır. EKDD tasarımında duvar taban eğimi (m, %) ve DKDD tasarımında diş yüksekliği (X_5) duvar tipine özgü seçilen tasarım parametrelerdir. Dayanma duvarlarının ağırlığının belirlenmesinde EKDD için eğik taban ağırlığı ve DKDD için diş ağırlığı dikkate alınmıştır. KDD, EKDD ve DKDD tasarımlarının amaç fonksiyonu (minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları) ve duvar ağırlığı (W_{duvar}) açısından karşılaştırılmasının yapılabilmesi için duvar tasarımlarının güvenlik sayılarının 1.30 ile 3.00 arasında elde edildiği ortak içsel sürtünme açıları, $\phi=30-42^\circ$, kullanılmıştır. Duvar ağırlığının konsol dayanma tipine göre H=4, 5, 6, 7 ve 8 m için değişimleri sırasıyla Şekil 5.70-5.74’ te verilmiştir.



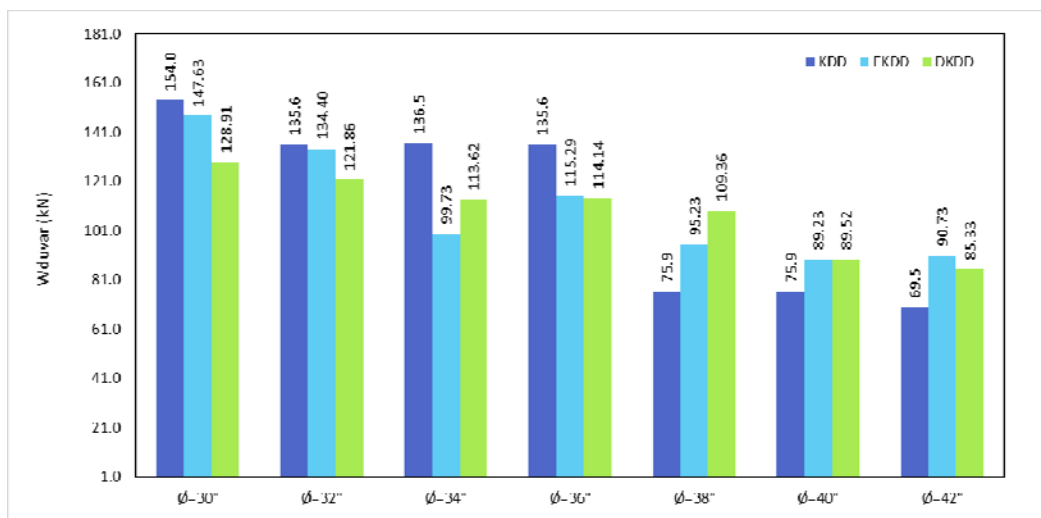
Şekil 5.70. Farklı dayanma duvar tipine ve içsel sürtünme açılarına göre duvar ağırlığı değişimi, H=4 m



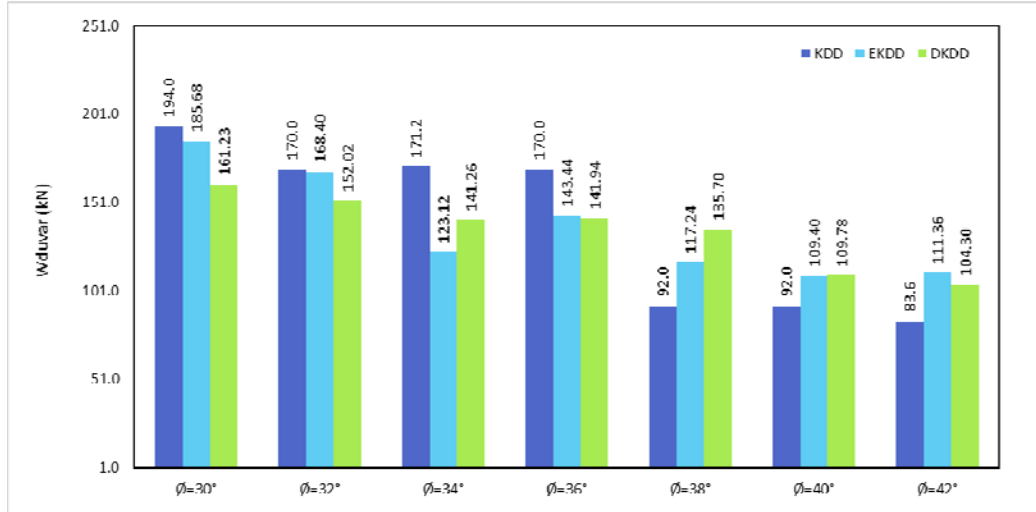
Şekil 5.71. Farklı dayanma duvar tipine ve içsel sürtünme açlarına göre duvar ağırlığı değişimi, H=5 m



Şekil 5.72. Farklı dayanma duvar tipine ve içsel sürtünme açlarına göre duvar ağırlığı değişimi, H=6 m



Şekil 5.73. Farklı dayanma duvar tipine ve içsel sürtünme açlarına göre duvar ağırlığı değişimi, H=7 m

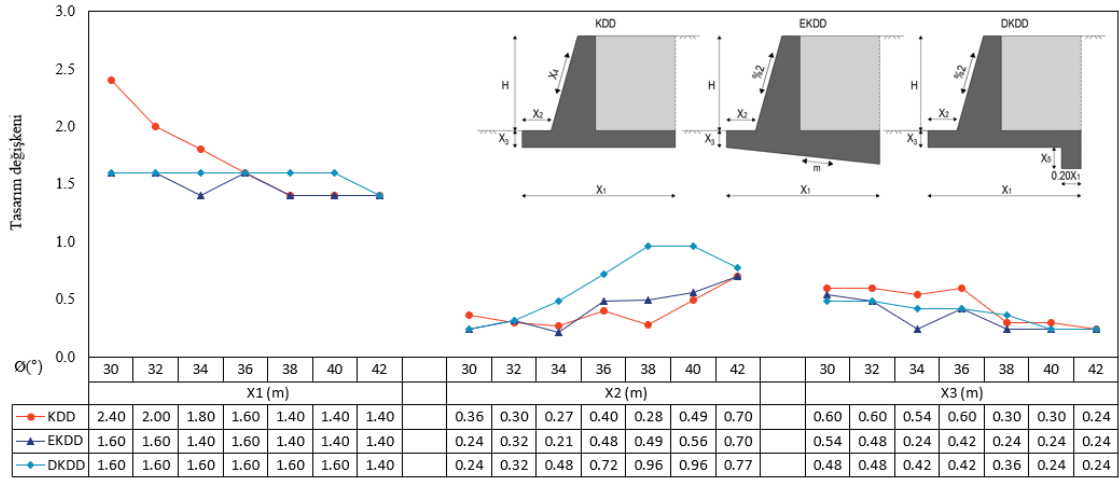


Şekil 5.74. Farklı dayanma duvar tipine ve içsel sürtünme açılarına göre duvar ağırlığı değişimi, H=8 m

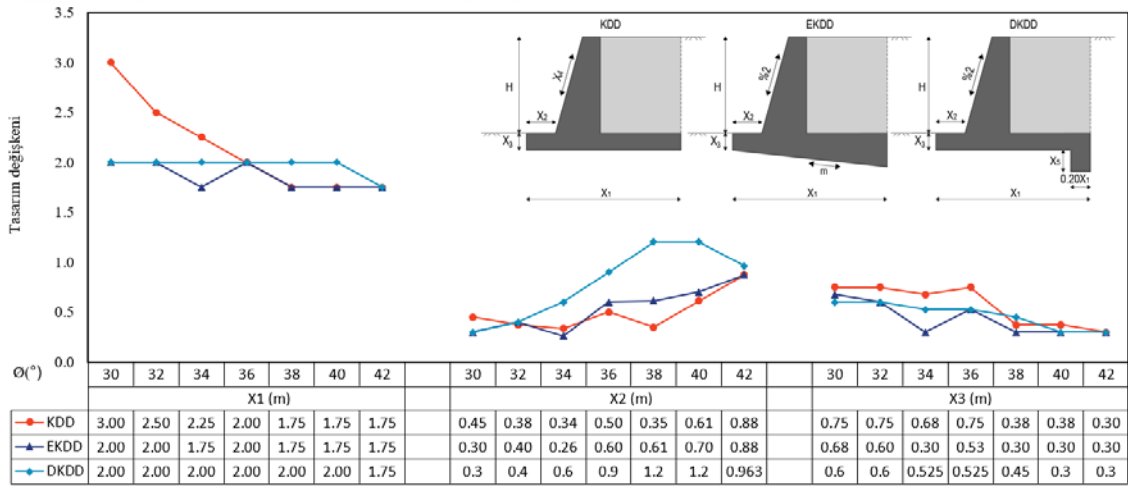
KDD ağırlıkları farklı içsel sürtünme açılarına göre incelendiğinde aynı duvar yüksekliği için $\text{Ø}=36^\circ$ ye kadar önemli bir duvar ağırlığı azalışı görülmezken bu değerden sonra ağırlıktaki azalma artışı daha fazla olmakta ve diğer dayanma duvarı tiplerine göre daha az duvar ağırlığına sahip olmaktadır. Aynı duvar yüksekliğine sahip dayanma duvar tasarımında $\text{Ø}=30$ ve 32° için DKDD ağırlığı EKDD ağırlığından daha az ağırlığa sahipken, $\text{Ø}=36, 40$ ve 42° için her iki dayanma duvarının ağırlığı yaklaşık olarak aynı olmaktadır. Artan dayanma duvarı yüksekliğine bağlı olarak duvar ağırlığı tüm duvar tiplerinde artış göstermektedir. Örnek vermek gerekirse, KDD tasarımında H=4 m ve $\text{Ø}=30^\circ$ için $W_{\text{duvar}}=61$ kN olarak elde edilirken, H=8 m ve $\text{Ø}=30^\circ$ için $W_{\text{duvar}}=194$ kN olarak elde edilmektedir. İçsel sürtünme açısı arttıkça KDD' nin eğik taban yüzü veya dişli olarak yapılmasının duvar ağırlığının azalmasına önemli bir katkıda bulunmazken içsel sürtünme açısının az olduğu zeminlerde EKDD ve DKDD tasarımlarının daha az ağırlığa sahip olduğu sonucu elde edilmiştir.

Farklı içsel sürtünme açısı ve duvar yükseklikleri için duvar ağırlıkları Şekil 5.70-Şekil 5.74' te verilen optimum tasarımların optimum duvar boyutları KDD, EKDD ve DKDD tasarımlarına göre karşılaştırılmıştır. Temel taban genişliği (X_1), ön çıkma mesafesi (X_2) ve temel kalınlığı (X_3) duvar boyutları H=4 m, 5 m, 6 m, 7 m ve 8 m için sırasıyla Şekil 5.75-5.79' da verilmiştir.

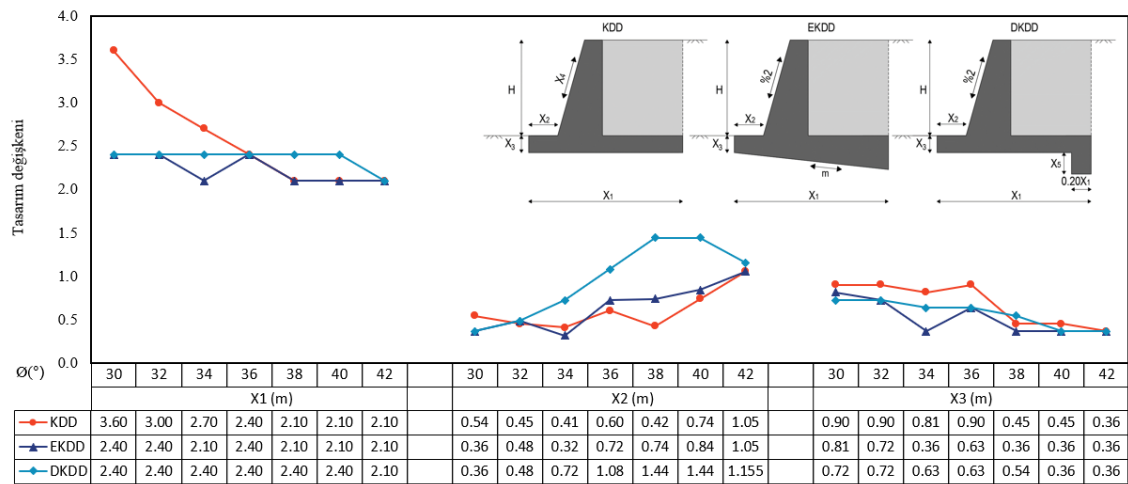
Optimum KDD tasarımlarının temel taban genişliği $\text{Ø}=38^\circ$ ye kadar azalmakta olup sonrasında sabit kalmaktadır. İçsel sürtünme açısı artışı ile birlikte ön çıkma mesafesi artarken temel kalınlığı azalmaktadır. Ön çıkma mesafesi ve temel kalınlığındaki önemli değişimlerin $\text{Ø}=38^\circ$ den sonra olduğu görülmektedir.



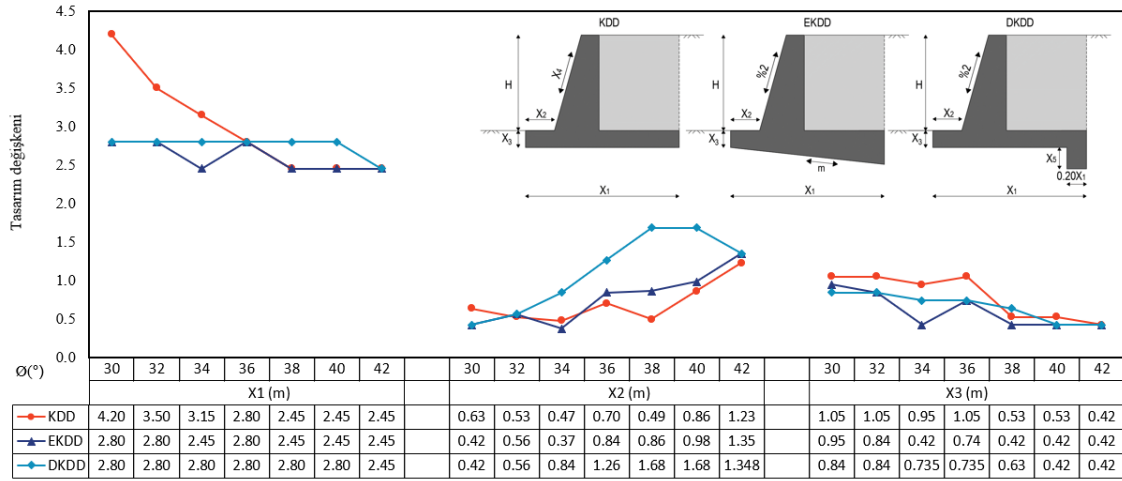
Şekil 5.75. KDD, EKDD ve DKDD için optimum duvar boyutları, H=4 m



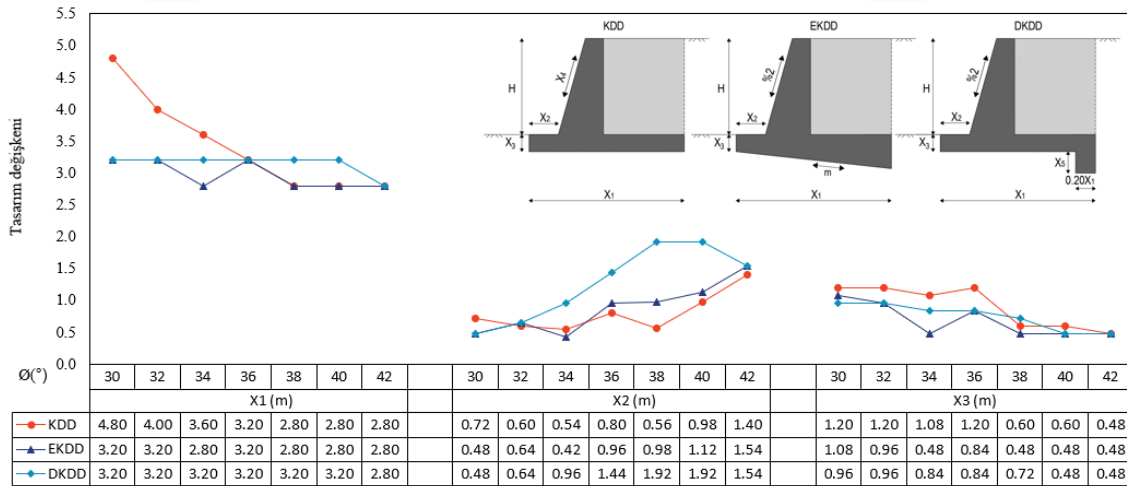
Şekil 5.76. KDD, EKDD ve DKDD için optimum duvar boyutları, H=5 m



Şekil 5.77. KDD, EKDD ve DKDD için optimum duvar boyutları, H=6 m



Şekil 5.78. KDD, EKDD ve DKDD için optimum duvar boyutları, H=7 m

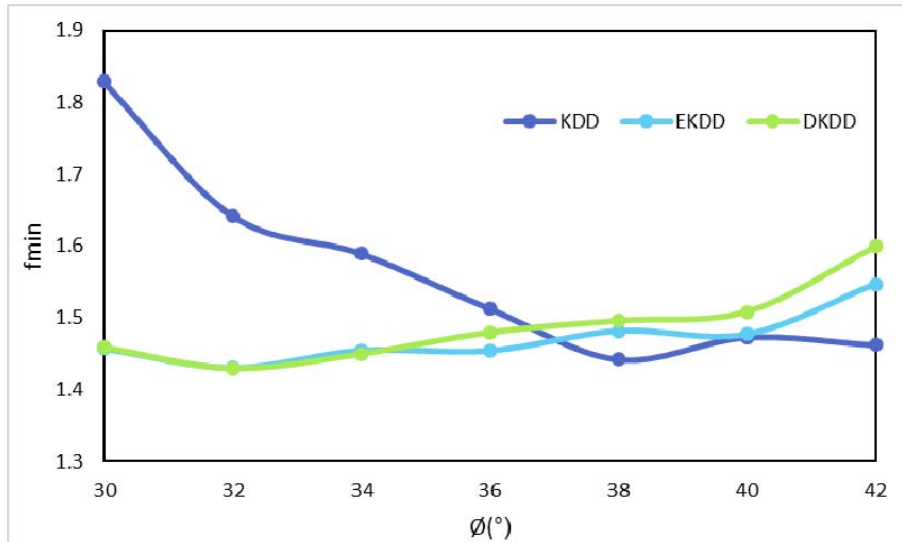


Şekil 5.79. KDD, EKDD ve DKDD için optimum duvar boyutları, H=8 m

Optimum EKDD tasarımlarında temel taban genişliği $\varnothing=34^\circ$ ten sonra yaklaşık olarak aynı kalmakta artan içsel sürtünme açısı değerlerinde değişiklik göstermemektedir. $\varnothing=20-42^\circ$ için ön çıkma mesafesi artış gösterirken, temel kalınlığı azalmaktadır.

Optimum DKDD tasarımlarında temel taban genişliği $\varnothing=42^\circ$ hariç diğer içsel sürtünme açısı değerlerinde aynı değere sahip olmaktadır. Ön çıkma mesafesi $\varnothing=38^\circ$ ye kadar arttıktan sonra $\varnothing=42^\circ$ de azalmaktadır. Temel kalınlığı tüm içsel sürtünme açısı değerlerinde yaklaşık olarak azalma göstermektedir.

Farklı içsel sürtünme açısı değerleri için KDD, EKDD ve DKDD tasarımlarının amaç fonksiyon değışimleri Şekil 5.80' de verilmiştir.



Şekil 5.80. KDD, EKDD ve DKDD için amaç fonksiyon değerlerinin değişimi

Tüm dayanma duvar tiplerinde amaç fonksiyon değerleri tüm duvar yükseklikleri için aynı değere sahip olmaktadır. Bu durum dayanma duvar tasarım parametrelerinin farklı değerlerinin Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4'te olduğu gibi temel taban genişliği için X_1/H , ön çıkma mesafesi için X_2/X_1 ve temel kalınlığı için X_3/H olarak seçilmesinden kaynaklanmaktadır. Optimizasyon analizlerinde elde edilen sonuçlar birbirine bağlı olarak seçilen tasarım parametre oranlarıdır ve optimum tasarımlar yükseklik değişse bile aynı oranların elde edilmesi sebebiyle aynı amaç fonksiyon değerine sahiptir.

İçsel sürtünme açısının 30° olduğu ve dayanma duvar tasarımının yapılacağı iki zemin arasındaki kot farkının 6m olduğu durumda verilen optimum tasarımlara göre farklı dayanma duvar tipine göre optimum duvar boyutları şu şekilde olmaktadır;

KDD; $X_1=3.6$ m, $X_2=0.54$ m; $X_3=0.90$ m, $X_4=0$

EKDD; $X_1=2.4$ m, $X_2=0.36$ m; $X_3=0.81$ m, $m=26\%$

DKDD; $X_1=2.4$ m, $X_2=0.36$ m; $X_3=0.72$ m, $X_5=1.15$ m

Verilen optimum duvar boyutlarına göre KDD için 118.5 kN, EKDD için 113.8 kN ve DKDD için 100 kN ağırlık elde edilmektedir. Bu tasarımların amaç fonksiyonu değerini inceleyecek olursak KDD için 1.83, EKDD ve DKDD için 1.46 olarak elde edilmiştir. Bu durumda yapılacak tasarımda daha düşük amaç fonksiyon değerine sahip olması sebebiyle EKDD ve DKDD tasarımlarından biri seçilebilir. Daha az duvar ağırlığına sahip olması sebebiyle $\phi=30^\circ$ ve $H=6$ m durumu için yapılacak olan tasarımda DKDD tasarımı seçilebilir. Bu yorum geniş çaplı dayanma duvar maliyet analizini kapsamamakta olup tasarımcıya bir ön fikir vermektedir. Daha uygun maliyetli

dayanma duvar tasarımı için yeraltı suyu varlığı, inşa alanı özellikleri ve farklı zemin özellikleri gibi durumlar dikkate alınmalıdır.

KDD, EKDD ve DKDD tasarımlarının karşılaştırılması için $\emptyset=20-30^\circ$ olduğu durumlar dikkate alınmamıştır. KDD tasarımları için $\emptyset=20^\circ$ ve 22° de ve DKDD için $\emptyset=20^\circ$ de kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarım elde edilememiştir. Tüm içsel sürtünme açısı değerleri için EKDD tasarımlarının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilmiştir.

$\emptyset=20^\circ$ ve $\emptyset=22^\circ$ içsel sürtünme açısı değerleri için optimizasyon analizleri sonucu stabilite koşulları sağlanmayan koşullarda, minimum stabilite koşullarını sağlayan tasarımları elde edebilmek için bilgisayar analizleri tekrarlanmıştır. Minimum stabilite koşullarını sağlayan tasarımlar için optimum boyutlar bulunarak Çizelge 5.45' de kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 5.45. Tüm duvar yükseklikleri için stabilite koşullarını sağlayan analiz sonuçları ($\emptyset=20^\circ$ ve $\emptyset=22^\circ$ için)

	H (m)	X_1 (m)	X_1/H	X_2 (m)	X_2/X_1	X_3 (m)	X_3/H	X_4 (%)	Fs(s)	Fs(o)	Fs(ss)
$\emptyset=20^\circ$	4	6.60	1.65	1.32	0.20	0.60	0.15	0.00	1.33	12.87	1.54
	5	8.30	1.65	1.65	0.20	0.75	0.15	0.00	1.32	12.85	1.48
	6	9.90	1.65	1.98	0.20	0.90	0.15	0.00	1.32	12.84	1.47
	7	11.60	1.65	2.31	0.20	1.05	0.15	0.00	1.32	12.84	1.49
	8	13.20	1.65	2.64	0.20	1.20	0.15	0.00	1.32	12.83	1.41
$\emptyset=22^\circ$	4	5.60	1.40	1.12	0.20	0.60	0.15	0.03	1.35	9.98	1.53
	5	7.00	1.40	1.40	0.20	0.75	0.15	0.03	1.35	9.96	1.51
	6	8.40	1.40	1.68	0.20	0.90	0.15	0.03	1.34	9.95	1.52
	7	9.80	1.40	1.96	0.20	1.05	0.15	0.03	1.34	9.95	1.52
	8	11.2	1.40	2.24	0.20	1.20	0.15	0.03	1.34	9.94	1.52

Çizelge 5.45 incelendiği zaman çok büyük duvar boyutları elde edilmiştir. Temel taban genişliği $\emptyset=20^\circ$ için duvar gövde yüksekliğinin 1.65 katı olurken bu değer $\emptyset=22^\circ$ için 1.40 katı olmaktadır. Güvenlik sayıları incelediği zaman kayma ve toptan göçme güvenlik sayıları ile devrilme güvenlik sayısı arasındaki fark büyük olması bu tasarımların stabilite koşulları sağlansa bile ekonomik tasarım olmadıklarını göstermektedir.

Sonuç olarak, dayanma duvar tasarımı yapılacak zeminin içsel sürtünme açısının 24° ve daha küçük olduğu durumda KDD ve içsel sürtünme açısının 22° den daha küçük olduğu durumda DKDD yapılmasının duvar stabilite koşullarını sağlanması açısından uygun olmadığı görülmüştür. Bahsedildiği gibi içsel sürtünme açısının küçük olduğu zeminlerde EKDD tasarımının yapılması ya da tasarım yapılacak zeminin iyileştirilerek iyileştirilmiş özelliklerine göre tasarım yapılması daha uygun olacaktır.

6. TEK SIRA ANKRAJLI ANKASTRE İKSA SİSTEMİNİN OPTİMAL TASARIMI

Bu bölümde, iki farklı zemin seviyesi arasında oluşan yatay zemin kuvvetlerini karşılamada yaygın olarak kullanılan tek sıra ankrajlı ankastre olarak çalışan iksa sistemi için optimal tasarımlar araştırılmıştır. Fakat, bu bölümde ele alınan optimum tasarım probleminde, tanımlanan tasarım parametrelerinin oluşturduğu tasarım uzayının arama mozağının geniş olmaması sebebiyle kullanılan tasarım parametrelerinin sayısı uygun bir şekilde artırılmıştır. Belirli zemin ve geometri özelliklerine göre ve farklı ankraj derinliği için desteklenecek yatay zemin basıncına göre uygun ankraj kuvveti ve uygun iksa gömme derinliği değerlerinin elde edilmesinde matematik tabanlı çözüm kullanılmıştır. Bu kapsamda seçilen kazı derinliği (H), zemin içsel sürtünme açısı (ϕ) ve zemin birim hacim ağırlık (γ) değerleri için uygun ankraj derinliği (a), iksa gömme derinliği (D) ve ankraj kuvvetini (R_a) veren tasarım grafikleri elde edilmiştir. Belirli zemin ve kazı derinlik değerlerine göre iki boyutlu zemin probleminin 1m lik genişliği için elde edilen ankraj kuvveti ve gömme derinliği değerleri kullanılarak optimal tasarımlar araştırılmış ve ankraj eğimi, ankrajlar arası yatay mesafe, ankraj kök boyu ve bir ankrajdaki halat sayısı tasarım parametreleri ile optimizasyon probleminin kapsamı genişletilmiştir. Ayrıca Taguchi yöntemi kullanılarak tasarım parametrelerinin ankraj kuvvetine etkisi araştırılarak ankraj kuvvetinin hesaplanmasında kullanılmak üzere istatiki olarak matematik model geliştirilmiştir. Geliştirilen matematik modelin doğrulama analizleri ile elde edilen rölatif hataların ihmal edilmeyecek seviyede olması sebebiyle analizlerde geliştirilen matematik model kullanılmamıştır.

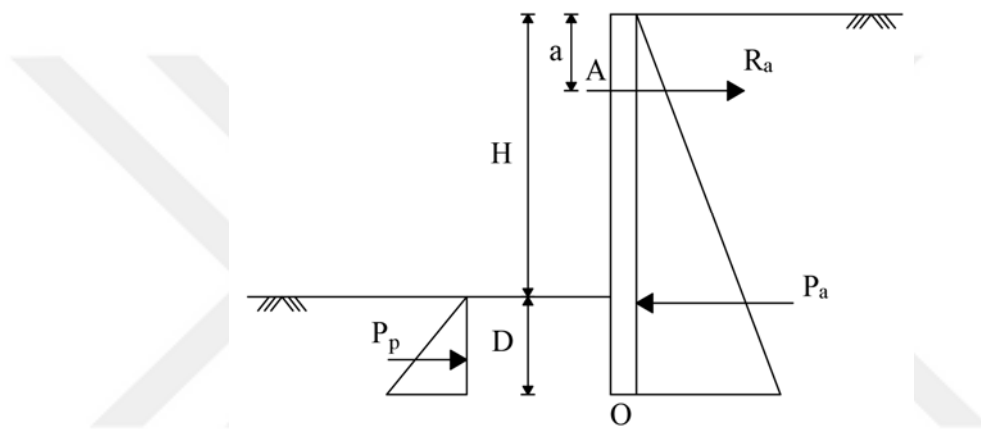
6.1. Taguchi Tasarımı

Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminde tasarım parametrelerinin araştırılmasında kazı derinliği, ankraj derinliği, zemin içsel sürtünme açısı ve zemin birim hacim ağırlık değerleri tasarım parametresi olarak dikkate alınmıştır. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemlerinin tasarımlarında dikkate alınan tasarım parametreleri ve seviye değerleri Çizelge 6.1’ de verilmiştir. Tasarım parametreleri ve seviyeleri belirlenmesinde tek sıra ankrajlı palplanş perde tasarım kriterlerinin araştırıldığı tez çalışması dikkate alınmıştır (Dilaver, 2007).

Çizelge 6.1. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi tasarımı parametreleri

Tasarım parametresi	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4
H: Kazı derinliği (m)	4	6	8	10
a: Ankraj derinliği (m)	1.00	1.50	2.00	3.00
ϕ : Zemin içsel sürtünme açısı ($^{\circ}$)	20	27	34	41
γ : Zemin birim hacim ağırlık (kN/m^3)	14	16	18	20

Tasarımlarda kullanılan tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminin tasarım parametreleri ve etki eden yükler ile birlikte Şekil 6.1’ de gösterilmiştir.

**Şekil 6.1.** Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi parametreleri ve etki eden yükler

Ankraj kuvvetinin belirlenmesinde belli bir derinlikte momentin sıfır olduğu kabulü yapan Eşdeğer Kiriş Yöntemi (Uzuner, 2000) kullanılmıştır (Şekil 2.21). Bölüm 2’ de detayları verilen yöntemde elde edilen sonuca göre momentin sıfır olduğu derinlik değeri içsel sürtünme açısına göre değişmektedir (Çizelge 2.6). İksa sisteminin çözülmesinde farklı içsel sürtünme açısına sahip zeminlerde bu derinliğin pratik olarak belirlenmesi için geliştirilen matematik model Eşitlik 6.1 ile verilmiştir.

$$x = 7.7333\phi^4 - 18.81\phi^3 + 17.8\phi^2 - 8.2282\phi + 1.658 \quad (6.1)$$

Matematik model geliştirilmesi süreci, Çizelge 4.1’ de verilen Taguchi ortogonal tablosu kullanılarak Çizelge 6.1’ de verilen tasarım parametreleri ve seviyelerine göre güncellenerek yapılmıştır. Güncellenen L_{16} tasarım tablosu Çizelge 6.2’ de verilmiştir.

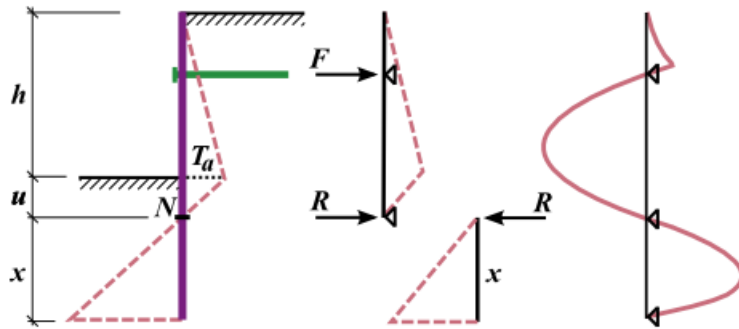
Çizelge 6.2. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi için güncellenmiş L₁₆ tasarım tablosu

Tasarım No	H (m)	a (m)	Ø (°)	γ (kN/m ³)
1	4.0	1.0	20.0	14.0
2	4.0	1.5	27.0	16.0
3	4.0	2.0	34.0	18.0
4	4.0	3.0	41.0	20.0
5	6.0	1.0	27.0	18.0
6	6.0	1.5	20.0	20.0
7	6.0	2.0	41.0	14.0
8	6.0	3.0	34.0	16.0
9	8.0	1.0	34.0	20.0
10	8.0	1.5	41.0	18.0
11	8.0	2.0	20.0	16.0
12	8.0	3.0	27.0	14.0
13	10.0	1.0	41.0	16.0
14	10.0	1.5	34.0	14.0
15	10.0	2.0	27.0	20.0
16	4.0	3.0	20.0	18.0

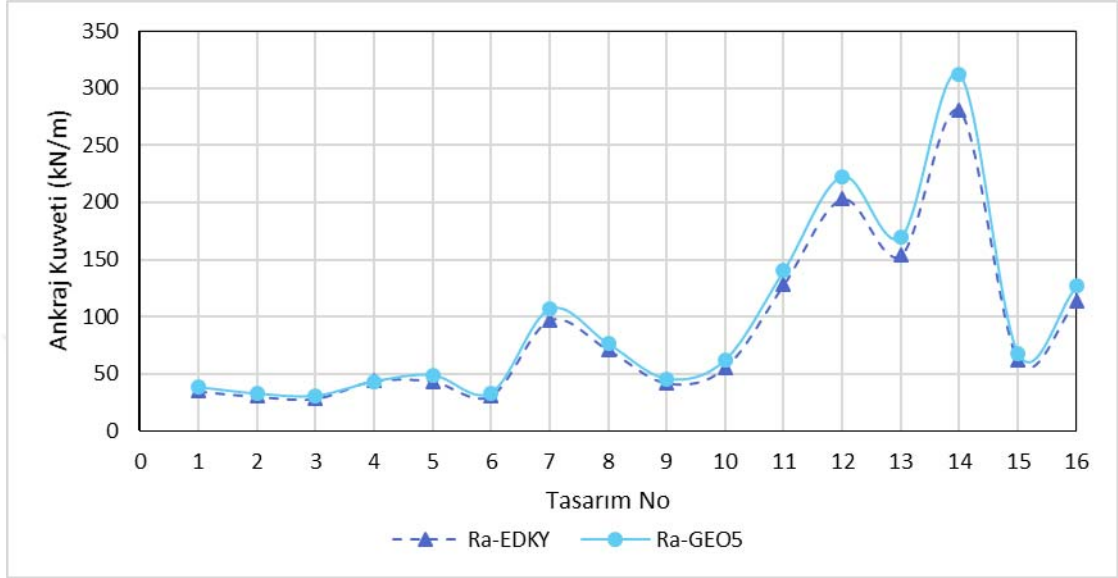
Çizelge 6.2’ de verilen 16 tasarım değeri kullanılarak Eşdeğer Kiriş Yöntemi (EDKY) ile ankraj kuvveti, gömme derinliği ve moment sıfır derinlik değerleri hesaplanmıştır. Aynı tasarımlar için ankraj kuvvetleri, gömme derinliği ve moment sıfır derinlik değerleri GEO5 yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. GEO 5 geoteknik yazılımında moment sıfır noktası derinliği (u) Eşitlik 6.2 kullanılarak belirlenmektedir. İksa sisteminin zeminde gömülü derinliğinin alt ucunda momentin sıfır olduğu kabulüne göre iksanın gömülü derinliği belirlemektedir.

$$u = \frac{\sigma_a}{\gamma K} \quad (6.2)$$

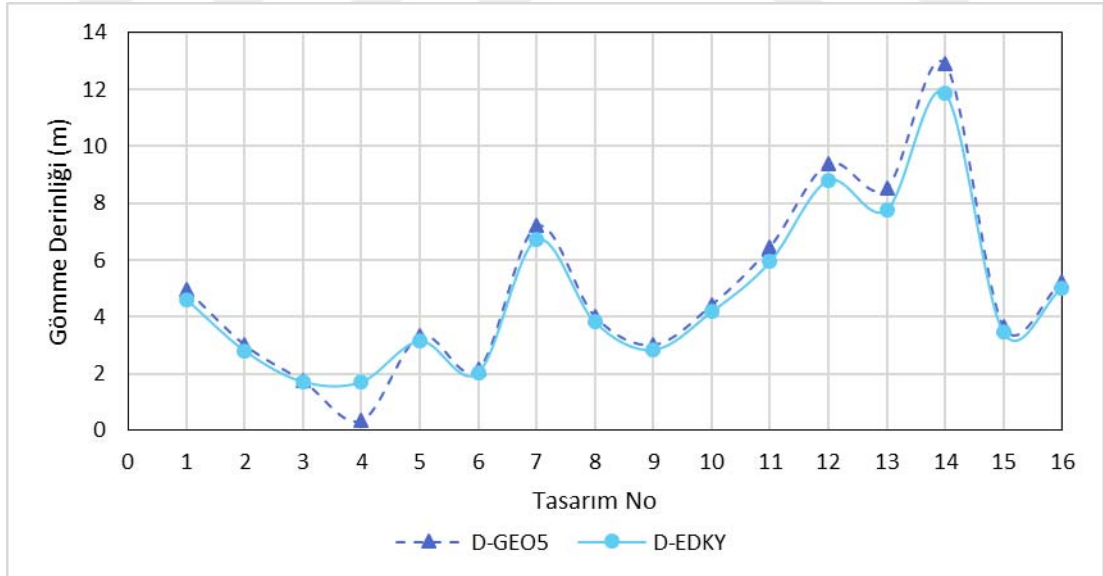
Burada, σ_a , kazı tabanındaki aktif basınç, γ , zemin birim hacim ağırlık ve K , basınç katsayısı olarak verilmiştir. GEO 5 yazılımına göre yapılan hesap kabulüne ait görsel Şekil 6.2 ile verilmiştir.

**Şekil 6.2.** Topuk noktası tutulu ankrajlı iksanın hesap kabulü (GEO5)

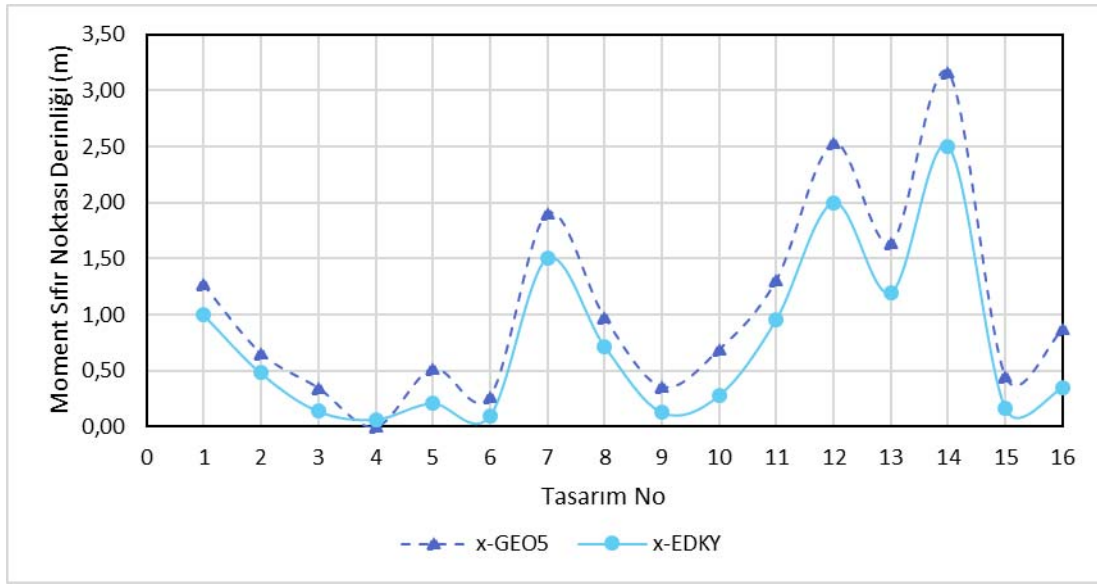
Çizelge 6.2’ de verilen 16 tek sıra ankrajlı ankastre iksa tasarımı kullanılarak EDKY ve GEO5 yazılımı ile elde edilen ankraj kuvveti (R_a), gömme derinliği (D) ve moment sıfır noktası değerlerinin karşılaştırılması sırasıyla Şekil 6.2, Şekil 6.3 ve Şekil 6.4’ te verilmiştir.



Şekil 6.2. EDKY ve GEO5 ile elde edilen ankraj kuvvetleri



Şekil 6.3. EDKY ve GEO5 ile elde edilen gömme derinliği



Şekil 6.4. EDKY ve GEO5 ile elde edilen moment sıfır nokta derinliği

Yukarıdaki şekillerde verilen grafikler incelendiğinde her iki yöntemle elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın oldukları görülmüştür. Moment sıfır noktası derinliğinin zemin içsel sürtünme açısına bağlı olarak belirlenmesi için önerilen Eşitlik 6.1 kullanılarak elde edilen R_a , D ve x' in gerçek duruma yakın değerlere sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

EDKY' ne göre elde edilen ankraj kuvvetleri kullanılarak “En Büyük-En İyi” (Eşitlik 3.2) durumuna göre belirlenen Sinyal/Gürültü oranları Çizelge 6.3’ te sunulmuştur.

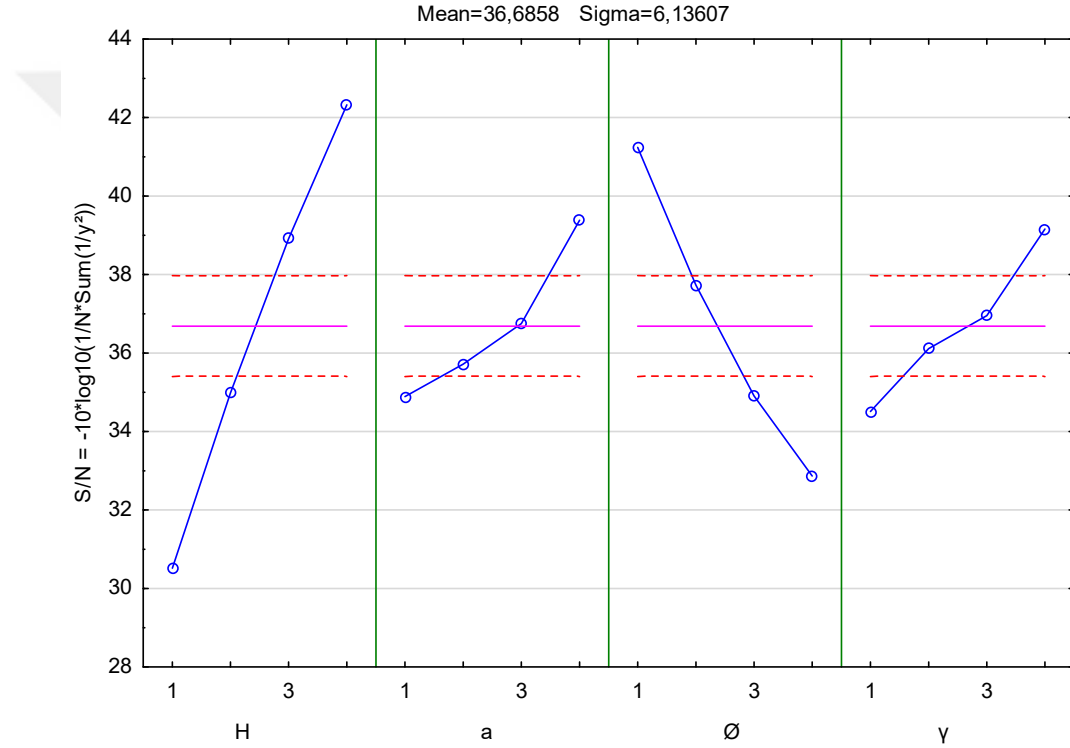
Çizelge 6.3. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi ankraj kuvveti ve S/N oranları

Tasarım No	R_a (kN)	S/N
1	34.6	30.77
2	29.9	29.53
3	28.1	28.97
4	43.7	32.80
5	59.2	35.44
6	111.5	40.94
7	26.8	28.56
8	56.2	35.00
9	73.4	37.32
10	50.5	34.06
11	156.6	43.90
12	104.5	40.39
13	63.4	36.04
14	82.5	38.33
15	189.9	45.57
16	293.4	49.35

Ankraj kuvvetine etkisi araştırılan tasarım parametrelerinin seviyelerine göre belirlenen ortalama S/N değerleri Çizelge 6.4’ te ve S/N oranlarının değişimi Şekil 6.5’ te gösterilmiştir.

Çizelge 6.4. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi ortalama S/N değerleri

Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3	Seviye 4	Ortalama S/N
H (m)	30.52	34.99	38.91	42.32	36.69
a (m)	34.89	35.72	36.75	39.38	
Ø (°)	41.24	37.73	34.90	32.87	
γ (kN/m3)	34.51	36.12	36.96	39.16	



Şekil 6.5. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi ankraj kuvveti-S/N oranları değişimi

Tasarım parametrelerinin ankraj kuvvetine etkisi varyans analizi ile araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 6.5’ te verilmiştir.

Çizelge 6.5. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi varyans analiz sonuçları

Parametre	Serbestlik Derecesi (DOF)	Kareler Toplamı (Ss)	Varyans	Etki oranı (P) (%)
H (m)	3	310.7337	103.578	55.508
a (m)	3	45.7601	15.2534	8.174
Ø (°)	3	158.3754	52.7918	28.291
γ (kN/m3)	3	44.9352	14.9784	8.027

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde ankraj kuvvetini en çok etkileyen parametrenin kazı derinliği, ikinci en çok etkileyen parametrenin ise içsel sürtünme açısı olduğu görülmüştür. Zemin birim hacim ağırlığı ve ankraj derinliği en az etkili parametreler olup her iki parametre de yaklaşık aynı etki oranına sahiptir.

Taguchi yöntemi kullanılarak tasarımda dikkate alınan tasarım parametrelerinin farklı değerlerinden oluşan tüm kombinasyonları arasından minimum ve maksimum tasarımlar optimizasyon analizleriyle tahmin edilebilmektedir. Bu sayede tek sıra ankrajlı iksa sisteminde minimum ve maksimum ankraj kuvvetini veren parametre seviyeleri tahmin edilmiştir. Bu parametre seviyelerine karşılık gelen tasarım parametre değerleri kullanılarak doğrulama analizleri gerçekleştirilmiştir. Tahmini minimum ve maksimum ankraj kuvveti ve doğrulama analizleri kullanılarak elde edilen ankraj kuvveti değerleri kullanılarak rölatif hatalar hesaplanmıştır. Taguchi optimizasyon analizleri sonucu elde edilen değerler Çizelge 6.6' da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminin minimum ve maksimum ankraj kuvveti için optimal sonuçları

Parametre	Parametre Seviyesi	Parametre Değeri	Parametre Etki Oranı	Etki Yüzdesi
H (m)	4	10 m	5.76	35.99
a (m)	4	3 m	2.61	16.30
$\emptyset$ (°)	1	20°	5.14	32.09
γ (kN/m ³)	4	20 kN/m ³	2.50	15.63
Maksimum ankraj kuvveti için parametrelerin toplam etkisi				16.02
Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				52.05
Bu seviyelerde beklenen maksimum ankraj kuvveti R_a (maks)				400.39
Doğrulama analizi ile bulunan maksimum ankraj kuvveti R_a (maks)				327.00
Rölatif hata (%)				22.4
H (m)	1	4 m	6.167	44.20
a (m)	1	1 m	1.7932	12.85
$\emptyset$ (°)	4	40°	3.8189	27.37
γ (kN/m ³)	1	14 kN/m ³	2.1728	15.57
Minimum ankraj kuvveti için parametrelerin toplam etkisi				13.95
Bu seviyelerde beklenen maksimum S/N değeri				-22.73
Bu seviyelerde beklenen minimum ankraj kuvveti R_a (min)				13.70
Doğrulama analizi ile bulunan minimum ankraj kuvveti R_a (min)				11.00
Rölatif hata (%)				24.5

Çizelge 6.6' da verilen sonuçlar irdelendiğinde minimum ve maksimum ankraj kuvveti tahmininde en fazla etkiye sahip tasarım parametresi kazı derinliği (H) olurken ikinci en fazla etkiye sahip parametre ise içsel sürtünme açısı olarak göze çarpmaktadır.

(Ø). Ankraj kuvveti için maksimum durumda rölatif hata değeri %22, minimum durumda rölatif hata değeri %25 olarak bulunmuştur.

6.2. Matematik Model ve Matematik Model Güvenirliğinin Araştırılması

Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminin matematiksel olarak elde edilen ankraj kuvvetleri altında parametre seviyelerine göre ortalama S/N değerleri kullanılarak istatistiksel tabanlı matematik modeller geliştirilmiştir. Ankraj kuvvetinin belirlenmesinde kullanılmak üzere geliştirilen matematik model Eşitlik 6.3' te ve toplam etki katsayısı, λ , Eşitlik 6.4' te verilmiştir.

$$R_a = \sqrt{\frac{1}{10^{-\lambda/10}}} \quad (6.3)$$

$$\lambda = \psi_H + \psi_a + \psi_\phi + \psi_\gamma + \Delta \quad (6.4)$$

Burada, Δ katsayısı ortalama S/N değeri, ψ_H , ψ_a , ψ_ϕ ve ψ_γ sırasıyla kazı derinliği, ankraj derinliği, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı tasarım parametrelerine karşılık gelen etki katsayıları olup detayları Çizelge 6.7' de verilmiştir.

Çizelge 6.7. Tek sıralı ankrajlı ankastre iksa sisteminin ankraj kuvveti matematik model etki katsayıları

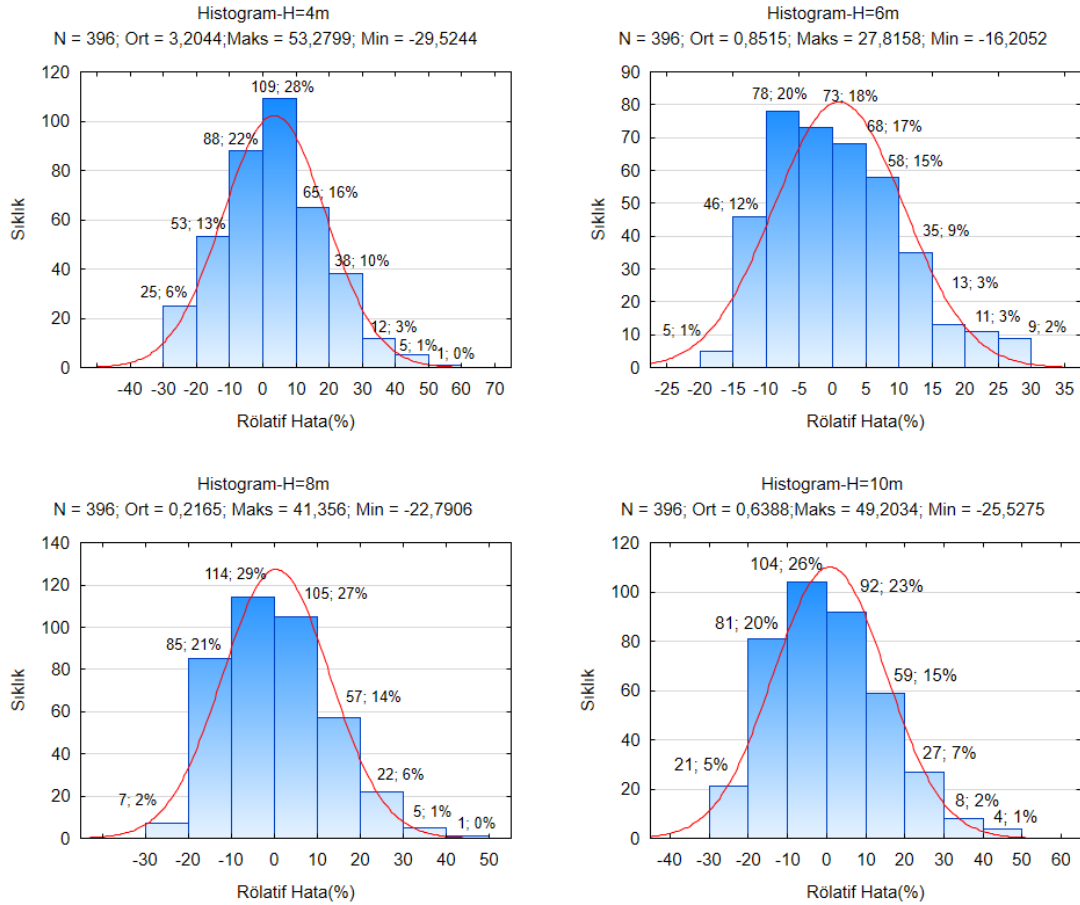
Parametre	Matematik model
H=4 m-10 m	$\psi_H = -0.0018H^3 - 0.0311H^2 + 2.6753H - 16.259$
a=1 m- 3 m	$\psi_a = -0.0729a^3 + 0.8106a^2 - 0.0522a - 2.478$
$\phi=20^\circ$ - 40°	$\psi_\phi = 7.7936(\tan\phi)^3 + 34.553(\tan\phi)^2 - 49.803(\tan\phi) + 18.482$
$\gamma=14 \text{ kN/m}^3$ - 18 kN/m^3	$\psi_\gamma = -0.0997\gamma^2 + 3.7996\gamma - 35.8135$
$\gamma=18 \text{ kN/m}^3$ - 20 kN/m^3	$\psi_\gamma = 1.0972\gamma - 19.487$

Geliştirilen matematik modelin güvenirlüğünün incelenmesi için Çizelge 6.8' de verilen tasarım parametrelerinin farklı değerlerini kapsayan 1584 tasarım kombinasyonu dikkate alınmıştır. Tüm tasarım kombinasyonları için ankraj kuvvetleri hem matematik modelle hem de EDKY ile belirlenmiş ve elde edilen ankraj kuvvetleri kullanılarak rölatif hatalar hesaplanmıştır (Eşitlik 3.6). Farklı kazı derinlikleri için elde edilen rölatif

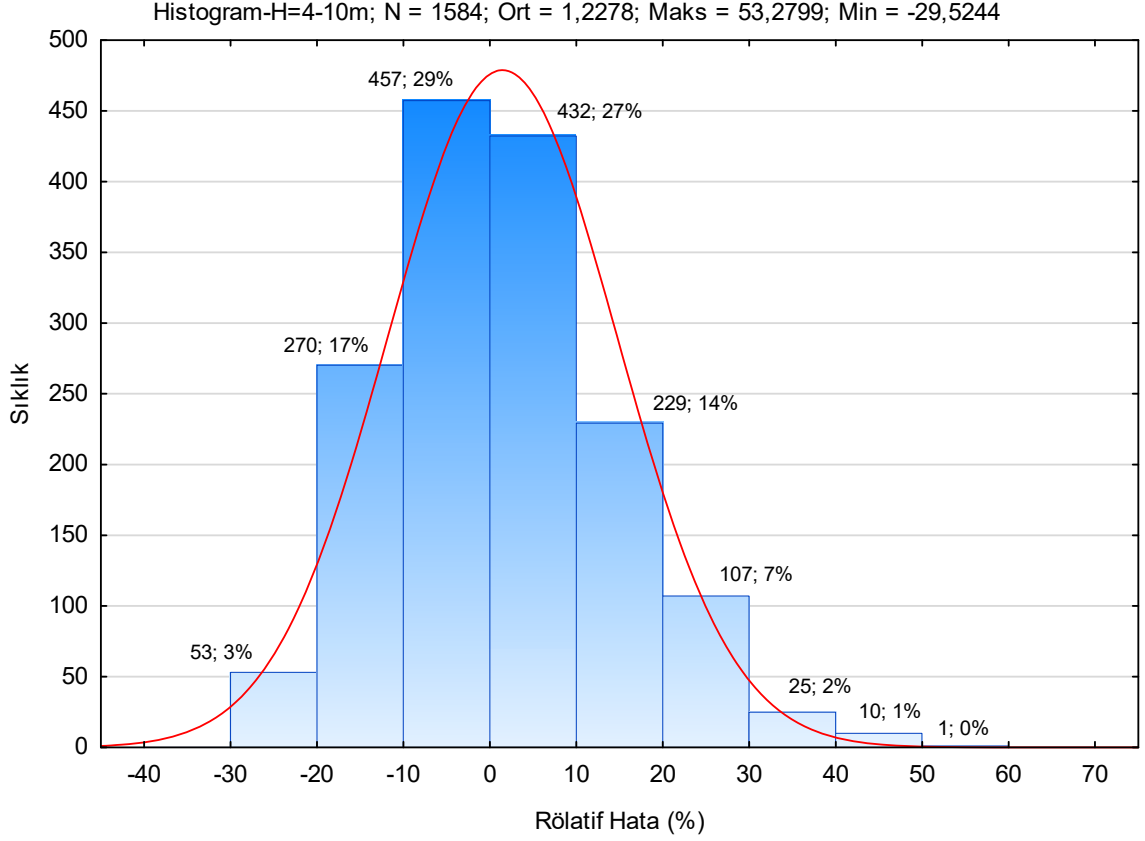
hata histogramları Şekil 6.6’ da tüm kazı derinlikleri için elde edilen rölatif hata histogramları ise Şekil 6.7’ de verilmiştir.

Çizelge 6.8 Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemine ait tasarım grafikleri parametre değerleri

H (m)	a (m)	θ (°)	γ (kN/m ³)
4	1.00	20	14
6	1.25	22	16
8	1.50	24	18
10	1.75	26	20
	2.00	28	
	2.25	30	
	2.50	32	
	2.75	34	
	3.00	36	
		38	
		40	



Şekil 6.6. Farklı kazı derinlikleri için matematik model rölatif hata dağılımı



Şekil 6.7. Tüm kazı derinlikleri için matematik model rölatif hata dağılımı

Her farklı kazı derinliği için 396 verinin dikkate alındığı Şekil 6.6’ da verilen histogramlar incelendiği zaman $\pm 20\%$ ’ den daha büyük rölatif hatanın elde edildiği veri sayısı kazı derinliği 4 m için 81 (20%), 6 m için 25 (4%), 8 m için 35 (9%) ve 10 m için 60 (15%) olarak elde edilmiştir. Kazı derinliği 4 m ve 10 m için $\pm 20\%$ ’ den daha büyük rölatif hataya sahip olduğu tasarımın daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca, verilen histogramlar incelendiği zaman yine görülmüştür ki ortalama mutlak rölatif hata kazı derinliği 4 m için 12% , 6 m için 8% , 8 m için 10% ve 10 m için 12% olarak elde edilmektedir.

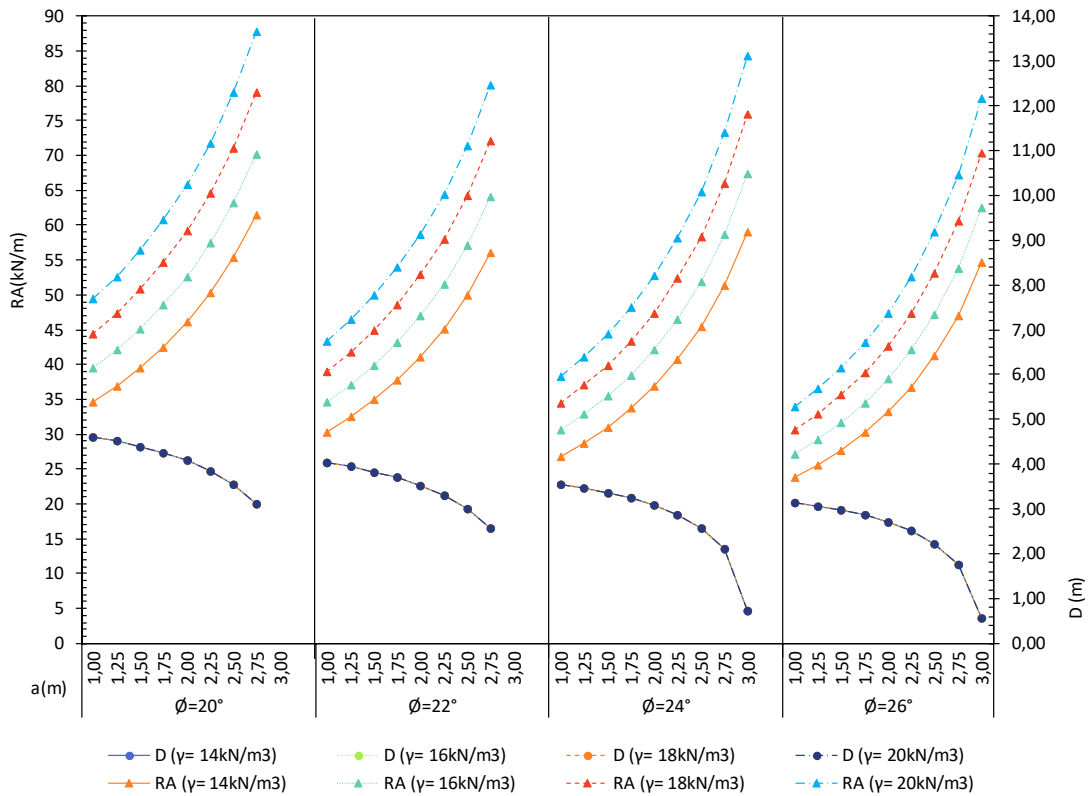
Şekil 6.7’ de verilen rölatif hatalar incelendiği zaman 1584 verinin 195 tanesinde rölatif hata $\pm 20\%$ ’ den büyüktür ve bu tasarımlar tüm kombinasyonların 6% ’ sına karşılık gelmektedir. Genel olarak tüm histogram grafiklerinde pozitif rölatif hatanın daha fazla olduğu görülmektedir. Yani matematik modelle hesaplanan ankraj kuvveti EDKY ile elde edilen ankraj kuvvetinden daha büyük olarak elde edilmektedir.

Sonuç olarak tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi tasarımında ankraj kuvvetinin belirlenmesi için istatistiki olarak geliştirilen matematik modelin devam eden analizlerde ve çalışmalarda kullanılmasının uygun olmadığı sonucuna varılmıştır.

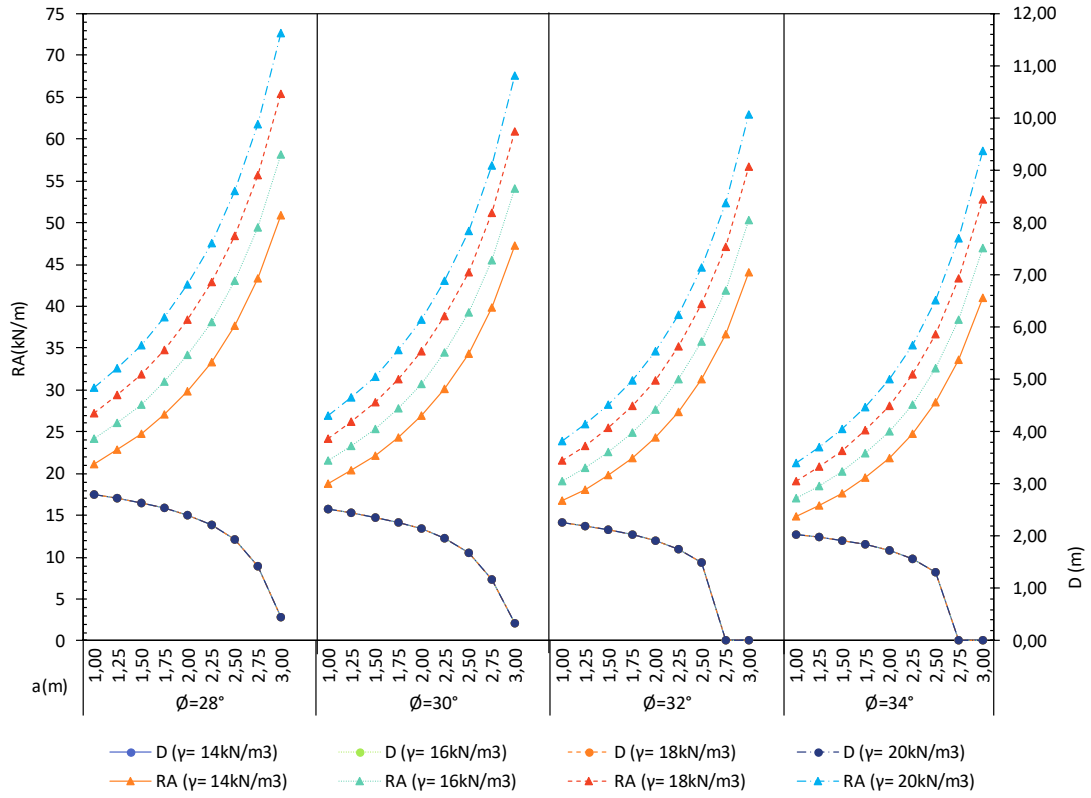
6.3. Tasarım Grafikleri

Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi tasarımında tasarım yapılacak zeminin içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri ile kazı derinliği ve ankraj derinliği değerlerine göre uygun ankraj kuvveti ve iksa gömme derinliğini veren tasarım grafikleri oluşturulmuştur. Tasarım grafikleri için Çizelge 6.8’ de verilen tasarım parametreleri dikkate alınmıştır.

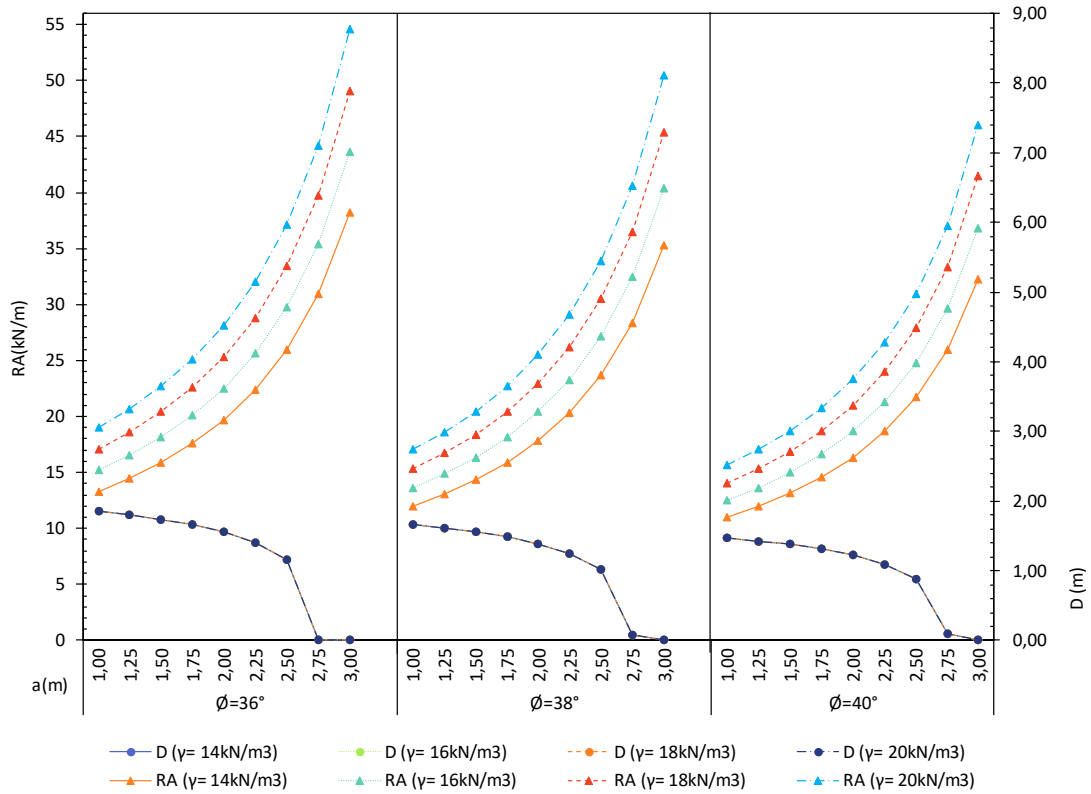
4 farklı kazı derinliği, 9 farklı ankraj derinliği, 11 farklı içsel sürtünme açısı ve 4 farklı birim hacim ağırlığı tasarım parametresi değerleri için 1584 kombinasyon dikkate alınarak EDKY ile ankraj kuvvetleri ve iksa gömme derinlikleri hesaplanmıştır. Elde edilen ankraj kuvveti ve gömme derinliği değerleri kullanılarak oluşturulan tasarım grafikleri farklı birim hacim ağırlığı (γ) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerlerine göre kazı derinliği (H) 4m için Şekil 6.8-6.10’ da, 6m için Şekil 6.11-6.13’ te, 8m için Şekil 6.14-6.16’ da ve 10m için ise Şekil 6.17-6.19’ da verilmiştir.



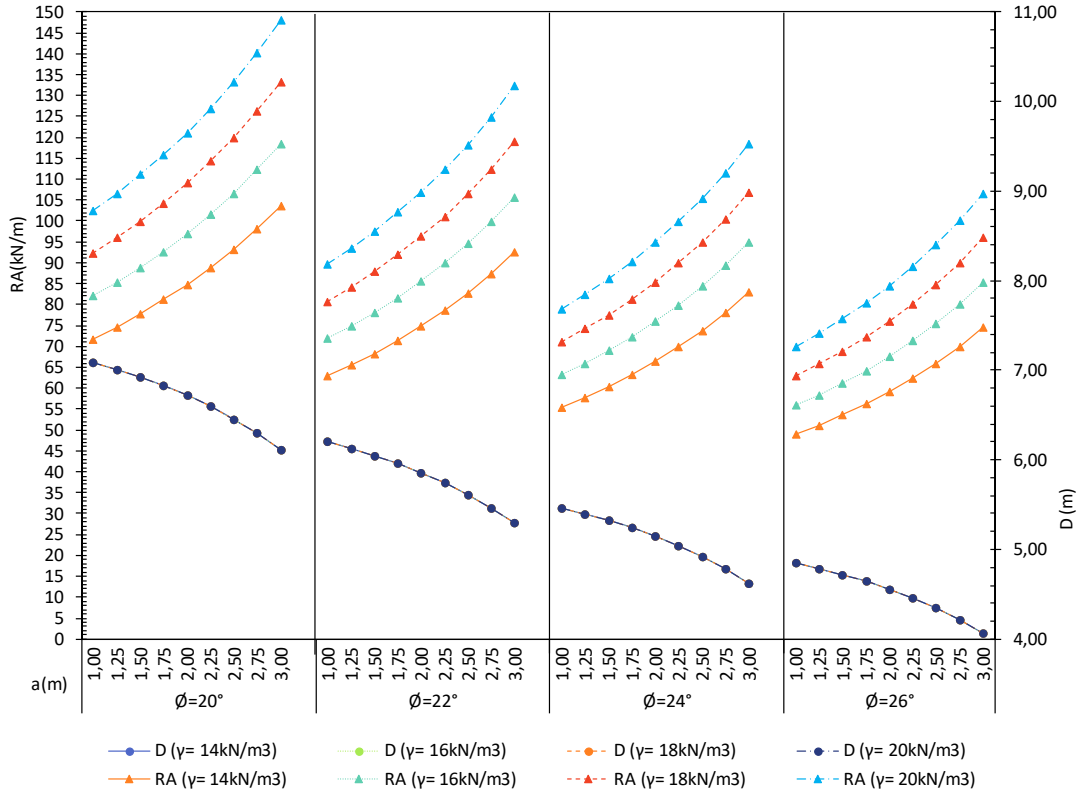
Şekil 6.8. H=4 m, $\gamma=14-20 \text{ kN/m}^3$ ve $\phi=20-26^\circ$ için tasarım grafiği



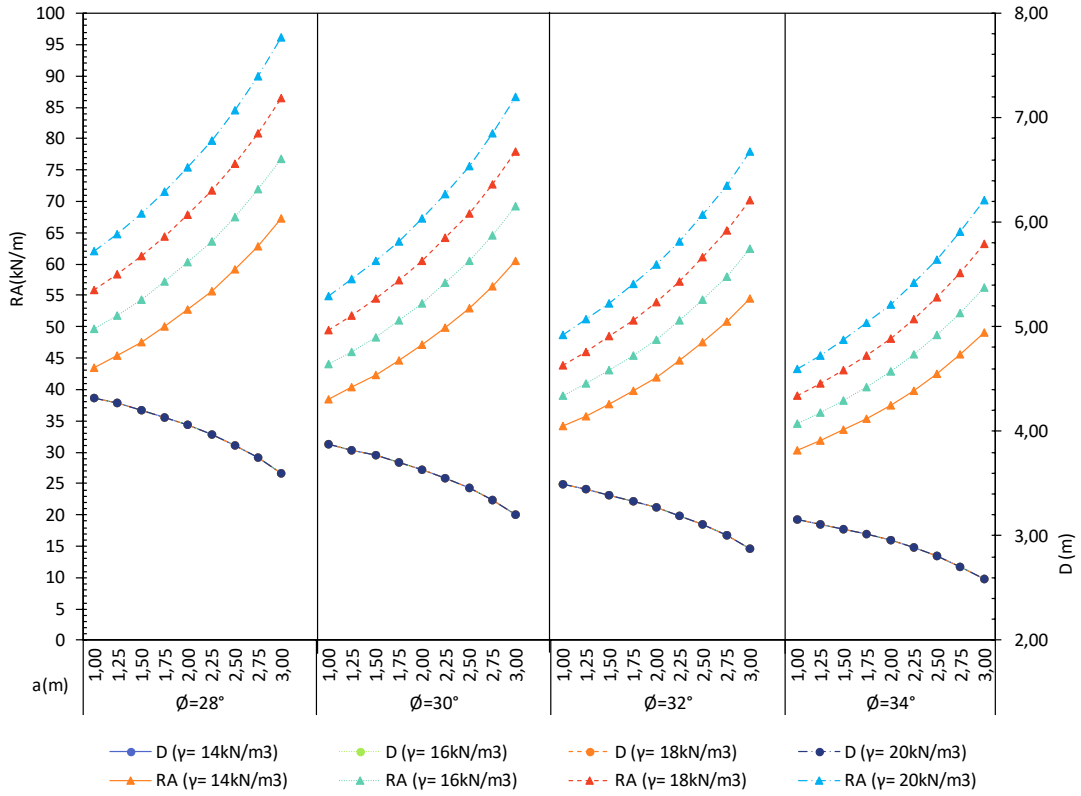
Şekil 6.9. $H=4$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\varnothing=28-34^\circ$ için tasarım grafiği



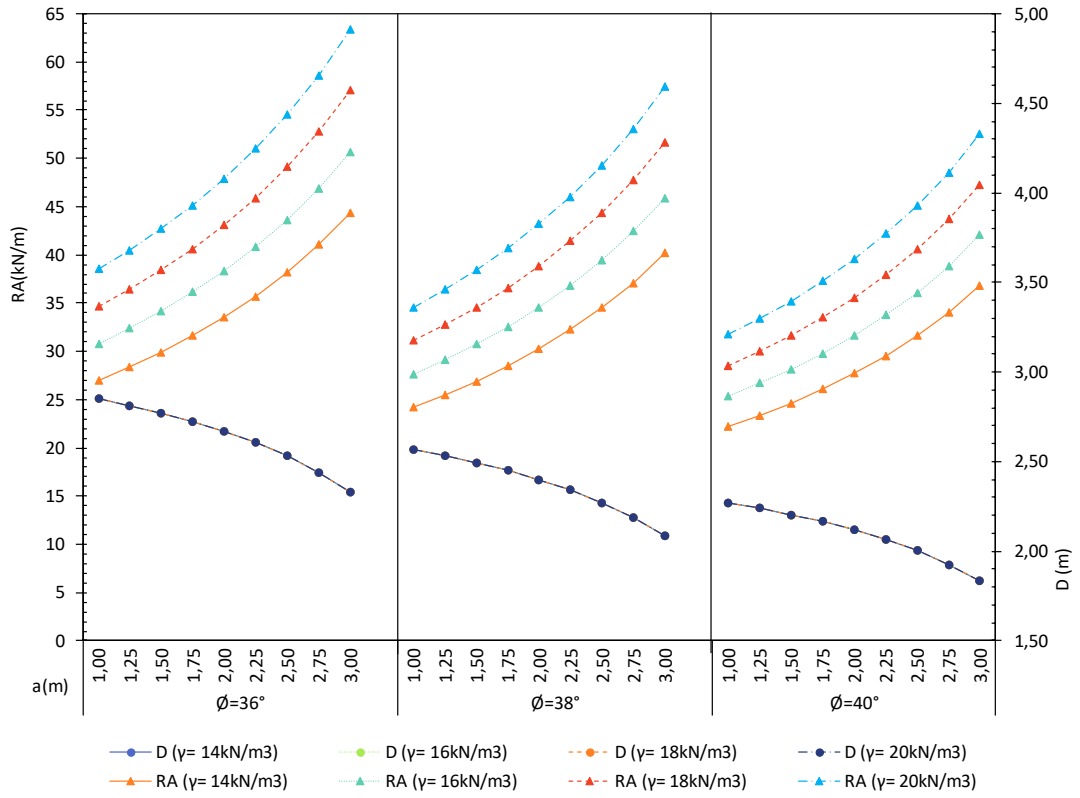
Şekil 6.10. $H=4$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\varnothing=36-40^\circ$ için tasarım grafiği



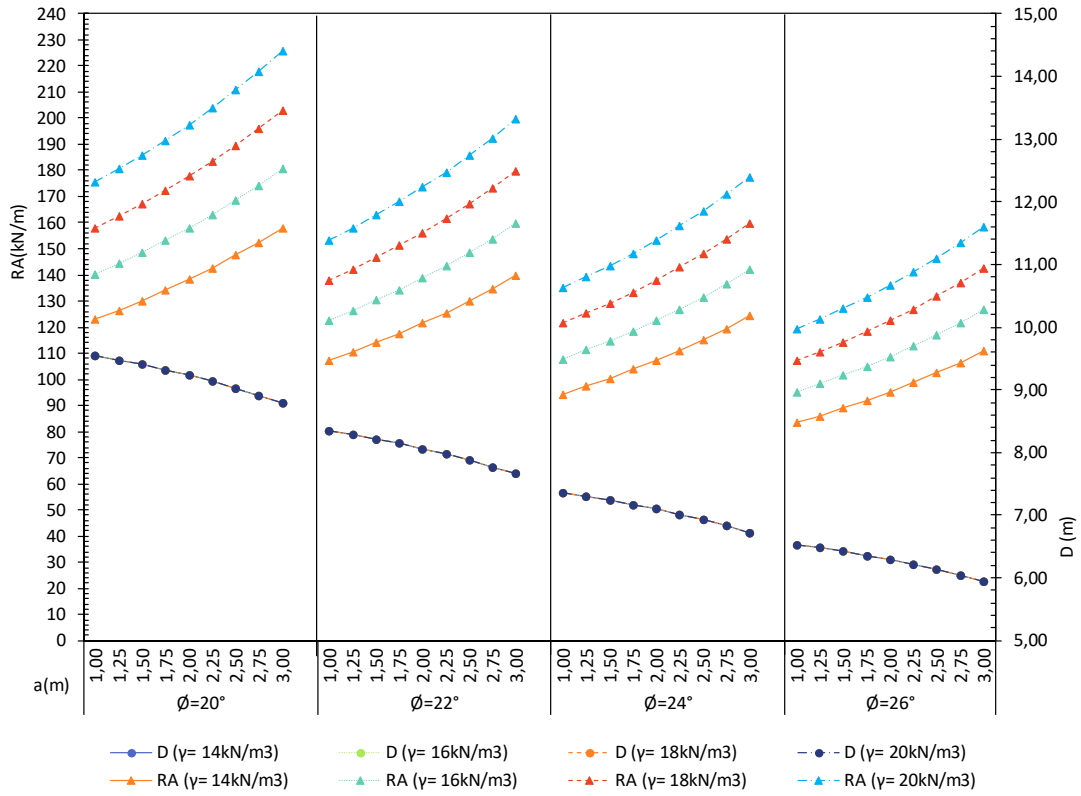
Şekil 6.11. $H=6$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\phi=20-26^\circ$ için tasarım grafiği



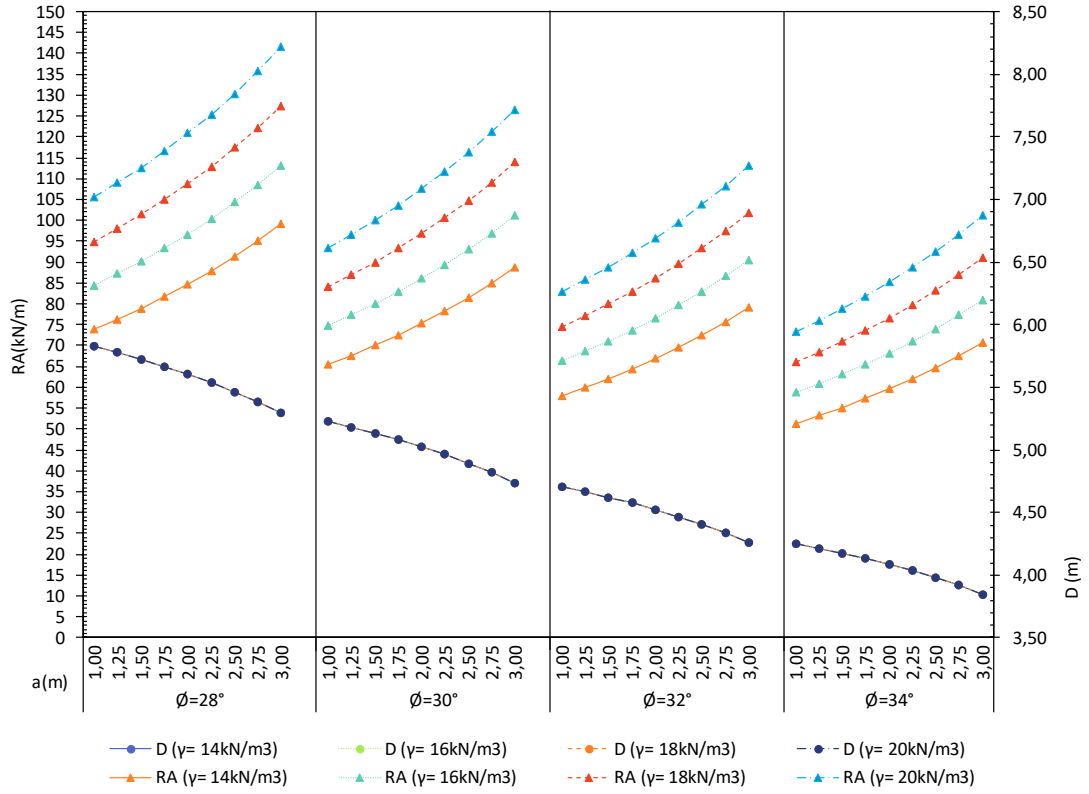
Şekil 6.12. $H=6$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\phi=28-34^\circ$ için tasarım grafiği



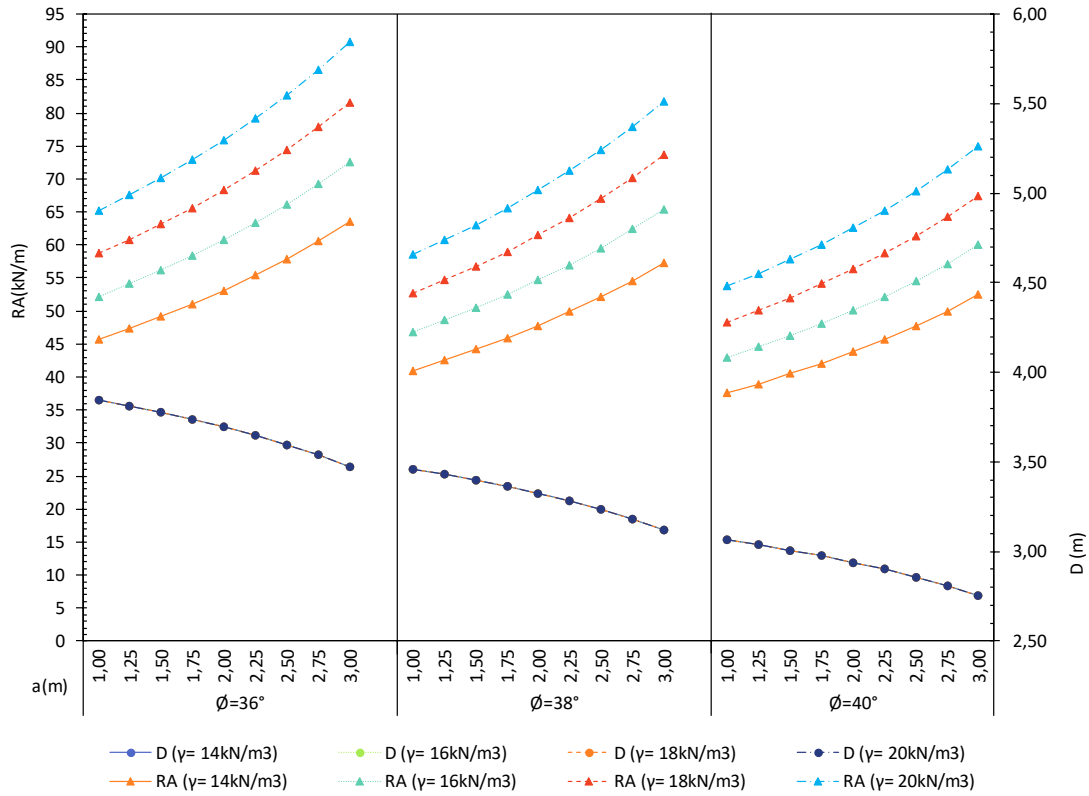
Şekil 6.13. $H=6$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\varnothing=36-40^\circ$ için tasarım grafiği



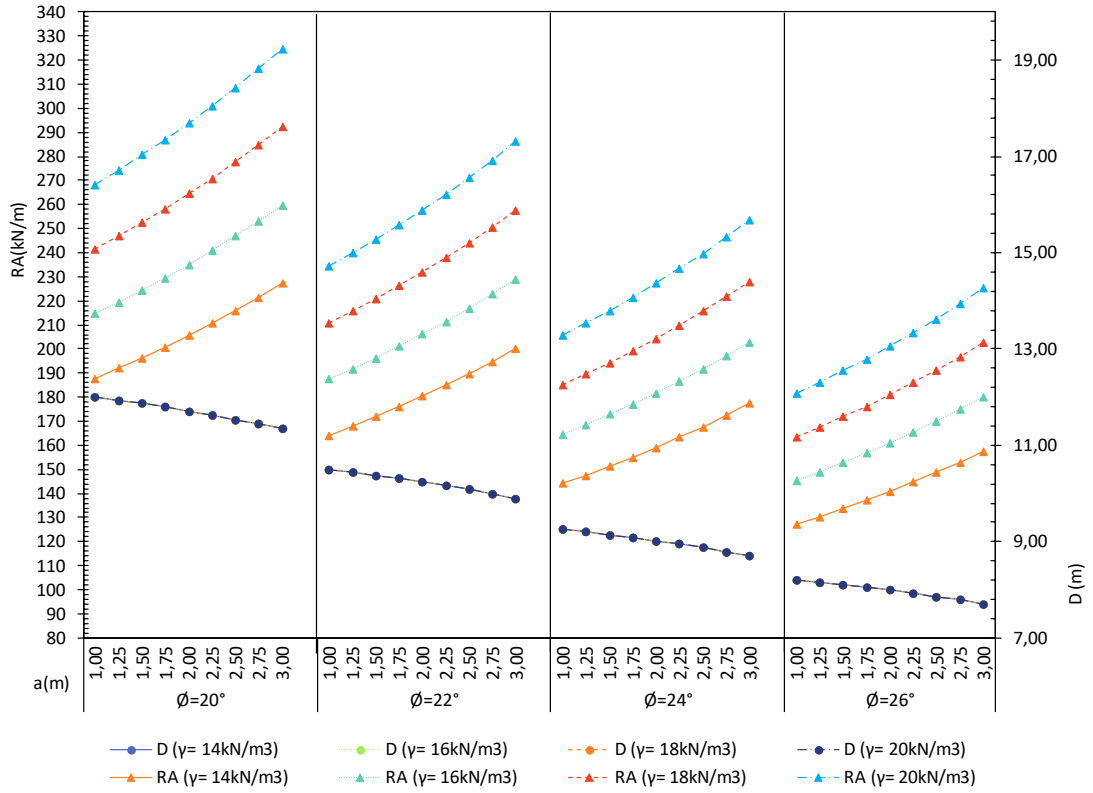
Şekil 6.14. $H=8$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\varnothing=20-26^\circ$ için tasarım grafiği



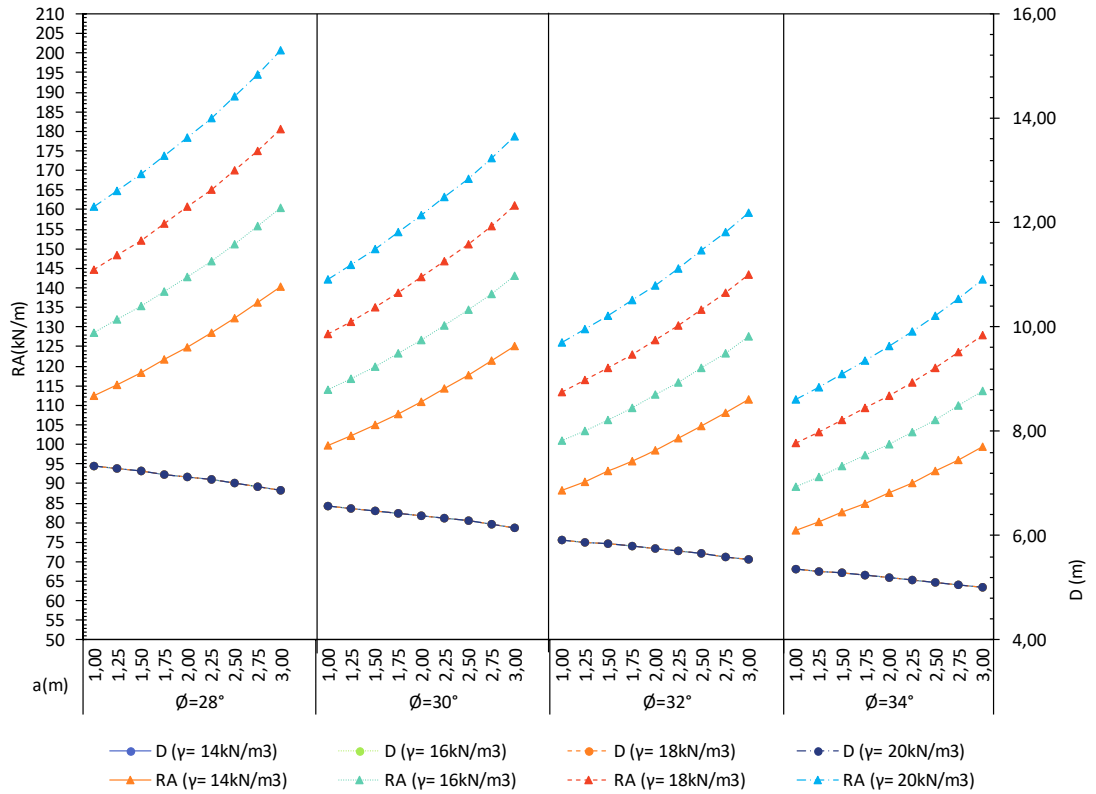
Şekil 6.15. H=8 m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\varnothing=28-34^\circ$ için tasarım grafiği



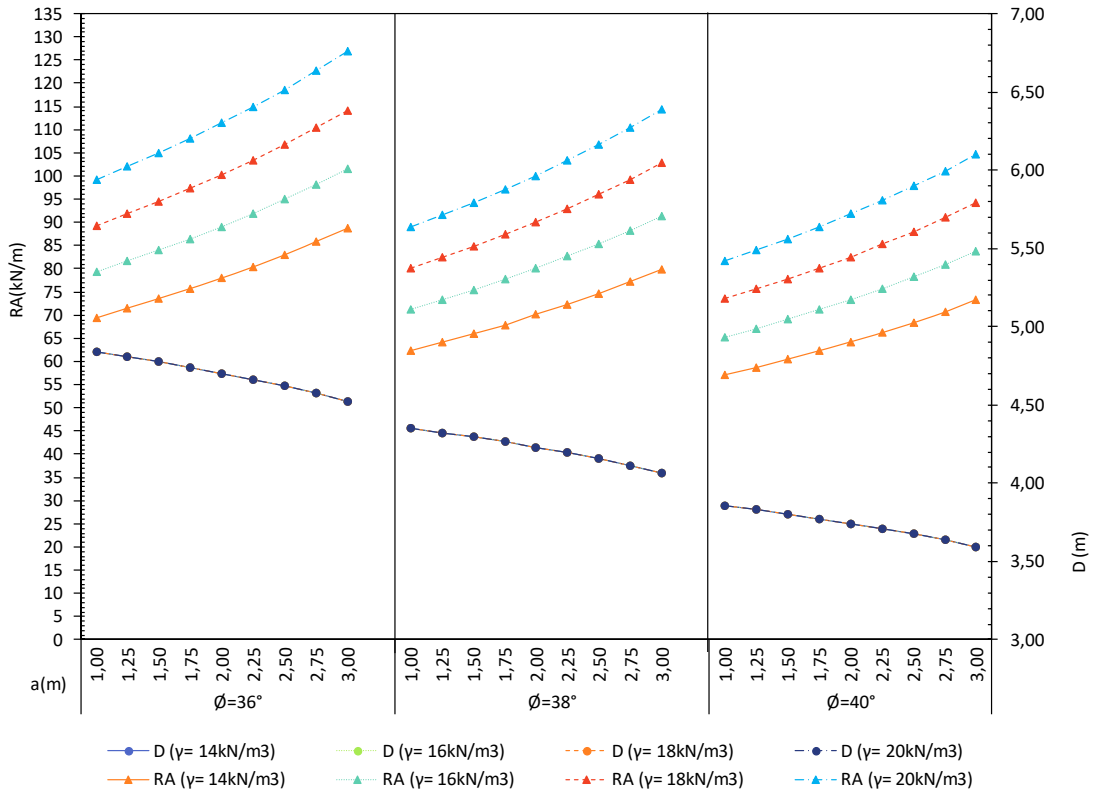
Şekil 6.16. H=8 m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\varnothing=36-40^\circ$ için tasarım grafiği



Şekil 6.17. $H=10$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\phi=20-26^\circ$ için tasarım grafiği



Şekil 6.18. $H=10$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\phi=28-34^\circ$ için tasarım grafiği

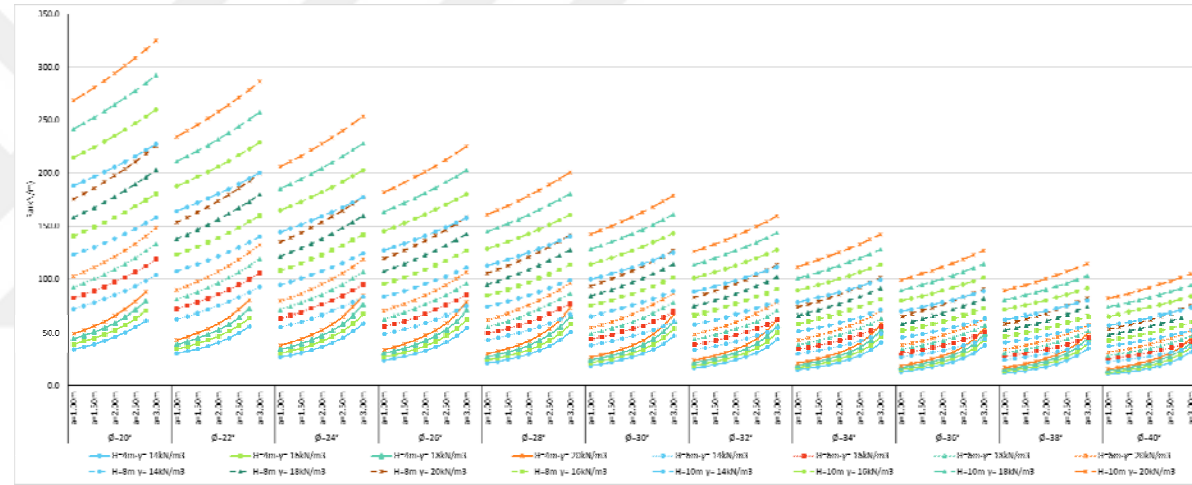


Şekil 6.19. $H=10$ m, $\gamma=14-20$ kN/m³ ve $\phi=36-40^\circ$ için tasarım grafiği

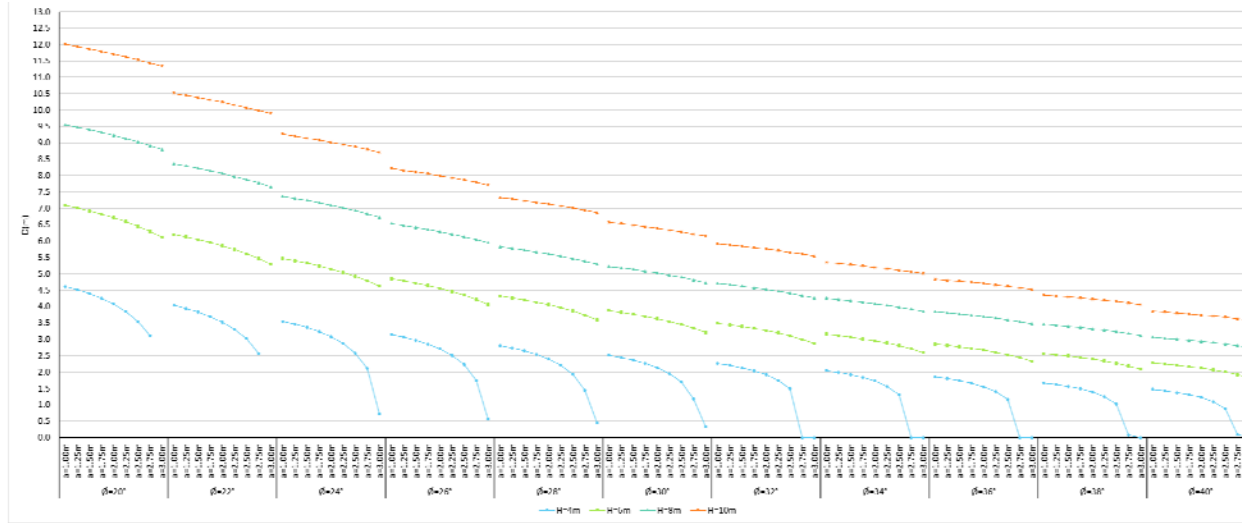
Şekil 6.8-10' da verilen grafikler incelendiğinde aynı kazı derinliği (H) ve birim hacim ağırlığı değerleri (γ) için içsel sürtünme açısı (ϕ) arttıkça ankraj kuvveti (R_a) ve gömme derinliği (D) azalmaktadır ($\phi=20^\circ$, $\gamma=14$ kN/m³ ve $a=1$ m için $R_a=44.4$ kN ve $D=4.6$ m olarak elde edilirken $\phi=30^\circ$, $\gamma=14$ kN/m³ ve $a=1$ m için $R_a=24.2$ kN ve $D=2.5$ m olarak elde edilmiştir). Diğer kazı derinliği ve birim hacim ağırlığı değerleri için de aynı durumun söz konusu olduğu görülmüştür.

Şekil 6.8-10' da verilen grafikler birim hacim ağırlığı değişiminin etkisi açısından incelendiği zaman aynı kazı derinliği ve içsel sürtünme açısı değerleri için birim hacim ağırlığı değerinin değişimi ile gömme derinliği değişmezken ankraj kuvvetinde artış olduğu görülmüştür ($\phi=32^\circ$, $a=2$ m ve $\gamma=14$ kN/m³ için $R_a=24.2$ kN ve $D=1.9$ m ve $\phi=32^\circ$, $a=2$ m ve $\gamma=20$ kN/m³ için $R_a=34.6$ kN). Farklı kazı derinlikleri ve içsel sürtünme açısı değerlerine göre Şekil 6.11-19 ile verilen grafikler incelendiğinde ise birim hacim ağırlığı değişiminin gömme derinliğinde etkili olmadığı belirlenmiştir.

Kazı derinliği (H) 4-10 m ve içsel sürtünme açısı (ϕ) $20-40^\circ$ olduğu tüm tasarımların toplu olarak gösterimi ankraj kuvveti (R_a) için Şekil 6.20' de ve gömme derinliği (D) için Şekil 6.21' de verilmiştir.



Şekil 6.20. H=4-10m ve Ø=20-40° için R_a değişimleri



Şekil 6.21. H=4-10m ve Ø=20-40° için D değişimleri

Şekil 6.20' de verilen Ra değişimleri incelendiği zaman $\phi=20^\circ$ için elde edilen ankraj kuvvetlerinin minimum ve maksimum değerleri arasındaki fark fazla iken, $\phi=40^\circ$ durumunda artan içsel sürtünme açısı değerleri ile bu farkın azaldığı gözlemlenmiştir. Azalan kazı derinliği ve artan ankraj derinliği değerleri ile birlikte farklı birim hacim ağırlığı değerleri için ankraj kuvvetinin minimum ve maksimum değerleri arasındaki farkın azaldığı tespit edilmiştir.

Şekil 6.21' de verilen farklı kazı derinliği ve içsel sürtünme açısı değerleri için gömme derinliği değerleri incelendiğinde içsel sürtünme açısının (ϕ) 20° olduğu durumda kazı derinliğini 4 m' den 10 m' ye çıktığında gömme derinlikleri arasındaki farkın yaklaşık 7.9 (%62) olduğu görülmektedir. Kazı derinliğinin 10 m olduğu düşük içsel sürtünme açısı değerlerine sahip tasarımlarda kazı derinliği kadar iksa sisteminin zemine gömülmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmıştır. $\phi=20^\circ$, 22° ve $a=3.0\text{m}$ için iksa topuk kısmında momentin sıfır olma durumunu sağlayan gömme derinliği elde edilemezken $\phi=32^\circ$ - 40° ve $a=2.75$, 3 m için bu durumu sağlayan gömme derinliği değerleri yaklaşık sıfır olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak, tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemin alt ucunda momentin sıfır olduğu teorik gömme derinliği değerleri için uygun ankraj kuvvetleri elde edildiği tasarım grafikleri oluşturulmuştur. Ayrıca, farklı ankraj derinliği, kazı derinliği, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerlerinin ankraj kuvvetine ve gömme derinliğine etkisinin araştırıldığı parametrik çalışma da icra edilmiştir. Farklı zemin durumlarına göre elde edilen tasarım grafikleri, teorik gömme derinliği ve ankraj kuvveti değerlerinin en uygun ve en gayri müsait kombinasyonlarını kapsamakta olup tek sıra ankrajlı ankastre iksa tasarımında direkt olarak maliyet yorumunu kapsamamaktadır.

6.4. Tasarım Grafikleri Uygulama Örneği

Farklı kazı derinliği, içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri için teorik olarak elde edilen gömme derinliği ve ankraj kuvveti tasarım grafiklerinin uygulamada kullanılması açısından araştırılarak örnek tasarımlar sunulmuştur.

Şekil 6.12' de verilen tasarımlardan $H=6\text{ m}$, $\phi=30^\circ$ ve $\gamma=20\text{ kN/m}^3$ olduğu zemin ortamı ve Şekil 6.15' de verilen tasarımlardan $H=8\text{ m}$, $\phi=30^\circ$ ve $\gamma=20\text{ kN/m}^3$ olduğu zemin ortamı tasarım örneği olarak dikkate alınmıştır. Tasarım örnekleri için teorik gömme derinliği ve ankraj kuvveti değerleri ve GEO5 analizleri ile elde edilen

gömme derinliği ve ankraj kuvveti değerleri Çizelge 6.9’ da verilmiştir. Eşitlik 3.6 ile her iki duruma ait gömme derinliği ve ankraj kuvveti değerleri kullanılarak elde edilen rölatif hata değerleri ise Şekil 6.22’ de verilmiştir. Bu şekilde verilen rölatif hata değerleri %10 ‘dan küçük olup tek sıra ankrajlı iksa sistemi tasarımında ankraj derinliği arttıkça gömme derinliği rölatif hata değeri azalırken ankraj kuvveti rölatif hata değerinin arttığı görülmüştür. Elde edilen tasarım grafiklerinin makul rölatif hata değeri ile tek sıra ankrajlı iksa tasarımında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 6.9 $H=6\text{m}$, $\theta=30^\circ$ ve $\gamma=20\text{kN/m}^3$ tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi gömme derinliği ve ankraj kuvveti değerleri

Yapının geometrisi
Yapı uzunluğu = 10,20 m
Zemin derinliği = 4,20 m

Tasarım örneği 1

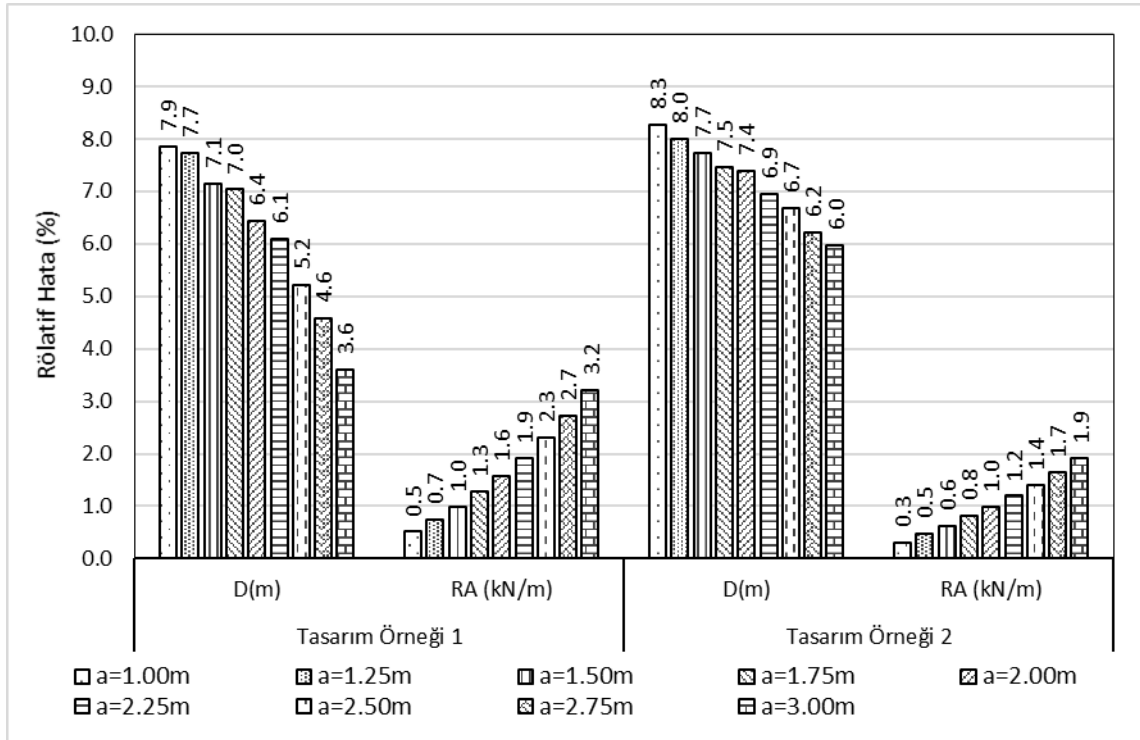
Yapının geometrisi
Yapı uzunluğu = 13,69 m
Zemin derinliği = 5,69 m

Tasarım örneği 2

	Teorik		GEO5		Teorik		GEO5	
a (m)	D(m)	R _A (kN/m)	D(m)	R _A (kN/m)	D(m)	R _A (kN/m)	D(m)	R _A (kN/m)
1.00	3.87	54.97	4.20	54.69	5.22	93.46	5.69	93.17
1.25	3.82	57.60	4.14	57.18	5.18	96.63	5.63	96.18
1.50	3.77	60.49	4.06	59.90	5.13	100.01	5.56	99.39
1.75	3.70	63.69	3.98	62.89	5.08	103.64	5.49	102.81
2.00	3.63	67.24	3.88	66.20	5.02	107.54	5.42	106.49
2.25	3.55	71.22	3.78	69.88	4.96	111.75	5.33	110.43
2.50	3.46	75.69	3.65	73.99	4.89	116.30	5.24	114.68
2.75	3.34	80.76	3.50	78.62	4.82	121.23	5.14	119.26
3.00	3.21	86.56	3.33	83.86	4.73	126.61	5.03	124.23

Tasarım grafikleri teorik olarak elde edilmiş olup bulunan ankraj kuvvetlerinin uygulama açısından kullanılmasını değerlendirmek için uygulamada kullanılan ön germe halat özellikleri dikkate alınmıştır (Sabatini ve ark., 1999). Tasarım grafikleri ile elde edilen ankraj yükü halat sayısı ve ankrajlar arası yatay mesafeden bağımsız olarak değerlendirilmiştir. Tasarım grafiklerinde verilen ankraj kuvvetlerinin minimum ve maksimum değerleri tüm içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlığı değerleri için

Çizelge 6.10’ da verilmiştir. Ankrajlar arası yatay mesafenin 1.2 m olduğu duruma göre minimum ve maksimum ankraj kuvvetleri sırasıyla 13.14 kN ve 389.72 kN olarak elde edilmektedir.



Şekil 6.22. Tasarım örnekleri rölatif hata değerleri

Çizelge 6.10 15mm’ lik çapa sahip ön germe çelik halatların özellikleri (ASTM A416, Grade 270 (metrik 1860)) (Sabatini ve ark., 1999)

H(m)	Minimum R_a (kN/m)	Maksimum R_a (kN/m)
4	87.77	10.95
6	148.11	22.20
8	225.70	37.61
10	324.81	57.15

Ankraj tasarımında belirlenen halat sayısına göre halatın mekanik özellikleri dikkate alınarak ankraj demeti kopma ve sıyrılma gibi gerekli tahkikler yapılmaktadır. Ankraj tasarımında kullanılan ön germe halatlarının özellikleri Çizelge 6.11’ de verilmiştir. Ön germe kuvveti uygulandığı zaman ankrajın kopma durumunun kontrol edilmesinde ankraj nihai dayanım değerinin %60’ ı, %70’ i ve %80’ i oranında test yükü uygulanmaktadır. Bu test oranlarının seçilmesinde yapılan deneysel çalışmalar, uygulama örnekleri ve ankraj serbest kısmında ön germe yük etkisiyle meydana gelen halat uzama yüzdesi etkili olmaktadır.

Çizelge 6.10' da verilen minimum ve maksimum ankraj kuvveti değerleri, Çizelge 6.11' de verilen halat adedine göre değişen nihai dayanım ve test yükleri açısından değerlendirildiğinde tasarım grafikleri ile bulunan ankraj kuvvetlerinin genel olarak uygulanabilir ve gerçekçi olduğu görülmüştür.

Çizelge 6.11 15mm' lik çapa sahip ön germe çelik halatların özellikleri (ASTM A416, Grade 270 (metrik 1860))

15 mm lik çaplı halat sayısı	En kesit alanı (mm ²)	Nihai dayanım ($f_{pu} \cdot A_{ps}$) (kN)	Ön germe kuvveti (kN)		
			$0.8f_{pu} \cdot A_{ps}$	$0.7f_{pu} \cdot A_{ps}$	$0.6f_{pu} \cdot A_{ps}$
1	140	260.7	209	182	156
3	420	782.1	626	547	469
4	560	1043	834	730	626
5	700	1304	1043	912	782
7	980	1825	1460	1277	1095
9	1260	2346	1877	1642	1408
12	1680	3128	2503	2190	1877
15	2100	3911	3128	2737	2346
19	2660	4953	3963	3467	2972

6.5. Optimizasyon Analizleri

Tasarım yapılacak alana göre değişiklik gösteren birçok zemin ve şev parametresinin etkili olduğu tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminin optimizasyon analizlerinde iksa elemanı, kuşak elemanı ve ankraj halatı uzunluğu (ankraj serbest boyu ve ankraj kök boyu toplamı) metre cinsinden maliyet değerlerinin minimum olduğu tasarımlar araştırılmıştır. Dayanma yapısı olarak iki farklı zemin seviyesi arasında yatay zemin basıncını destekleyen ankrajlı iksa sistemi tasarımında stabilite koşullarının sağlanması gerekmektedir.

Desteklenecek olan kazı derinliğine ve zemin ortam özelliklerine göre palplanş, kazı kaplama ve fore kazık gibi uygun iksa elemanı belirlendikten sonra iksa elemanının ankastre olarak tasarlanması durumunda duvar uç kısmında momentin sıfırlandığı uygun soket boyu belirlenmelidir. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminin optimum tasarımının araştırılmasında farklı zemin özellikleri için elde edilen gömme derinliği ve ankraj kuvveti tasarım grafikleri verileri kullanılmıştır.

İksa elemanın zemine kazı yapılmadan soketleme işlemi tamamladıktan sonra oluşturulan projeye göre kademeli olarak kazı ve ankraj imalatları uygulanmaktadır. Zemin ortamı özellikleri dikkate alınarak hesaplanan ankraj yükü tendonlara uygulandığı zaman yük tendon tarafından taşınmalı ve ankraj demeti kopmadan ankraj kök kısmına aktarılmalıdır. Ayrıca, tendonlara uygulanan yük etkisi ile tendon kök

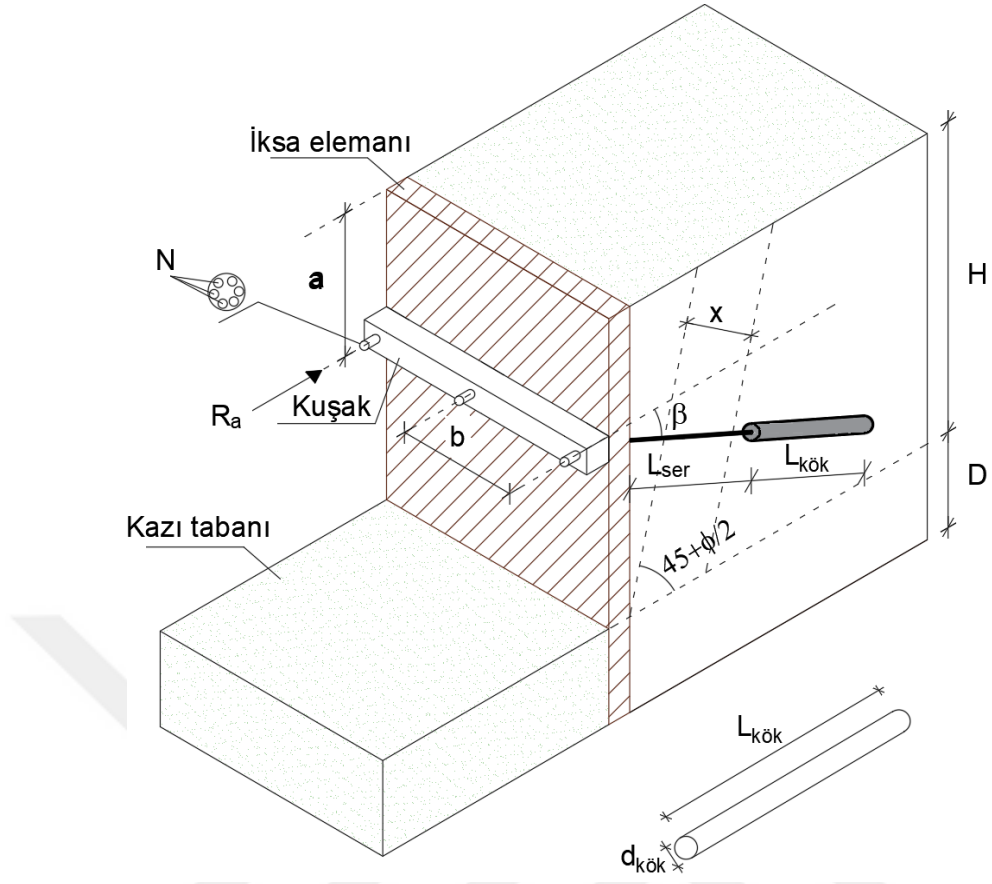
kısımındaki enjeksiyondan sıyrılmadan yük ankraj kökü ile güvenli bir şekilde taşınmalıdır. Ankrajlı iksa tasarımında karşılaşılan bir diğer tasarım problemi de enjeksiyonun yeterince priz almaması ya da zemin ile yeterince aderans ilişkisi oluşturamaması sebebiyle tendonun kök kısmı ile birlikte zeminden sıyrılmasıdır.

Tek sıra ankrajlı ankastre iksa tasarımının optimizasyon analizlerinde gerekli stabilite tahkikleri sınırlayıcılar ile uygulanmış ve farklı zemin ve şev özellikleri için stabilite koşullarını sağlayan optimum tasarımlar sezgisel yöntemlerle elde edilmiştir. Stabilite tahkiklerinin uygulanmasında “FHWA-IF-99-015 (Sabatini ve ark., 1999)” yönetmeliği ve “Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı İşleri Genel Müdürlüğü, 2018)” yönetmeliğinde ki hususlar dikkate alınmıştır.

20 m’ lik ve kazı derinliğinin (H) 4 m, 6 m, 8 m ve 10 m olduğu iksa tasarımlarının her biri için sabit alınan kohezyonsuz zemin ortamı için minimum imalat maliyetini veren tasarımlar bulunmuştur. Zemin özelliği olarak içsel sürtünme açısı değerleri 20° , 24° , 28° , 32° , 36° ve 40° olarak alınmıştır. Tüm zemin ortamları için ve optimizasyon analizlerinde birim hacim ağırlığı değeri (γ) 18 kN/m^3 ve zemin ve yapı elamanı arasındaki sürtünme açısı (δ) $2\phi/3$ olarak alınmıştır.

6.5.1. Tasarım Değişkenleri

Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sisteminin tasarımı için Çizelge 6.1’ de verilen tasarım parametrelerinden ankraj derinliğinin (a) alt ve üst limitleri dikkate alınmıştır. Ayrıca optimum sonuçların elde edilmesinde arama mozaığının genişletilmesi için ankrajlar arası düşey mesafe (b), ankraj eğimi (β), ankraj kök uzunluğu ($L_{\text{kök}}$) ve halat sayısı (N) dikkate alınmıştır. Tasarım değişkenlerinin alt ve üst limitlerinin belirlenmesinde literatürde yapılmış çalışmalar ve yönetmelikler dikkate alınmıştır (Sabatini ve ark., 1999; Dilaver, 2007; Altun, 2013; Yazıcı ve Keskin, 2019). Optimizasyon analizlerinde dikkate alınan tek sıra ankrajlı iksa sitemi Şekil 6.23’ te ve tasarım değişkenlerinin değerlerinin oluşturduğu tasarım uzayı da Çizelge 6.12’ de verilmiştir.



Şekil 6.23. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi tasarım değişkenleri

Çizelge 6.12. Optimizasyon analizlerinde kullanılan tasarım uzayı

Sıra No	a (m)	b (m)	β (°)	$L_{kök}$ (m)	N_{halat}
1	1.00	1,25	15	4.50	1
2	1.50	1,30	20	5.00	3
3	2.00	1,35	25	5.50	4
4	3.00	1,40	30	6.00	5
5		1,45		6.50	7
6		1,50		7.00	9
7		1,55		7.50	
8		1,60		8.00	
9		1,65		8.50	
10		1,70		9.00	
11		1,75		9.50	
12		1,80		10	
13		1,85			
14		1,90			
15		1,95			
16		2,00			

6.5.2. Sınırlayıcılar

Kazı derinliğinin güvenli bir şekilde desteklendiği iksa sisteminde sağlanması gereken stabilite koşullarının (FHWA-IF-99-015) optimizasyon analizlerinde sınırlayıcılarla uygulanması bu bölümde açıklanmıştır.

İksa sisteminde ilk sıra ankrajın üstünde 4.5 m' lik zemin örtüsü bulunmalıdır. Rastgele seçilen tasarım değişkenlerine göre elde edilen zemin örtüsü yüksekliğinin kontrolü optimizasyon algoritmasında Eşitlik 6.5 ile tanımlanmıştır. Verilen eşitlikte x değeri kazı tabanında yatayla $45+\phi/2$ ' lik açı yaptığı kabul edilen potansiyel göçme düzleminin güvenli ankraj gövde boyunun elde edilmesi için ötelenme miktarıdır. x ' in minimum değeri 1.5 m ile $0.2H$ değerlerinden büyük olanının seçilmesi elde edilmektedir. Ankraj kök boyu x kadar ötelenmiş olan mesafeden itibaren başlamaktadır.

$$g_x(1) = \frac{(H-a) \sin(45-\phi/2)}{\sin(45+\phi/2+\beta)} + x \quad (6.5)$$

Ankrajın serbest boyu (L_{ser}) minimum 4.5 m olarak alınmalıdır. Analizlerde ankraj serbest boyunun 4.5 m' den küçük elde edilmesi durumunda $L_{ser}=4.5$ m olarak alınmıştır. Bu tasarım kriterinin kontrolü için minimum serbest boy uzunluk sınırlayıcısı Eşitlik 6.6 ile verilmiştir.

$$g_x(2) = 1 - \frac{L_{ser}}{4.50} \leq 0 \quad (6.6)$$

İzin verilen maksimum ankraj tasarım yükü, zemine aktarılan nihai tasarım yükünün (F_{trans}) kök uzunluğu ile çarpılmasından elde edilen değer belli bir güvenlik sayısına (2.00) bölünmesi ile hesaplanır. Tendondan yükün güvenli bir şekilde ankraj köküne aktarılması için ankraj tasarım yükünün izin verilen maksimum ankraj tasarım yükünden küçük olması gerekmektedir. F_{trans} değeri zemin türü ve standart penetrasyon sayısına (SPT) bağlı bir değer olup analizlerde bu değer 100 kN/m olarak seçilmiştir (FHWA-IF-99-015, Table 6). Bu stabilite kontrolü için kullanılan sınırlayıcı Eşitlik 6.7 ve ankraj tasarım yükü Eşitlik 6.8 ile verilmiştir. Ankraj tasarım yükü (R_a) seçilen

zemin özelliği ve kazı derinliğine göre topukta momentin sıfır olduğu gömme derinliği değerlerine göre oluşturulan tasarım grafiklerinden alınmıştır.

$$g_x(3) = \frac{2xR_{ad}}{F_{trans} \times L_{kok}} - 1 \quad (6.7)$$

$$R_{ad} = \frac{R_a \times b}{\cos \beta} \quad (6.8)$$

Ankraj kök yanal yüzeyi ile zemin arasında oluşan çevre sürtünmesi kullanılarak ankraj kök taşıma kapasitesi (P_{kok}) hesaplanmıştır (Eşitlik 6.9).

$$P_{kok} = k \pi d_{kok} L_{kok} (a_1 \gamma \tan \delta) \quad (6.9)$$

Burada, k değeri 1.4 olarak alınmıştır. a_1 ilk sırada ankrajın kök yarı boyundaki noktanın zemin üst kotuna olan düşey uzaklığı, d_{kok} ve L_{kok} sırasıyla ankraj kökünün çapına ve uzunluğuna karşılık gelmektedir. d_{kok} analizlerde 0.15 m olarak alınmıştır.

Ankraj tasarım (R_a) yükünün belirlenen ankraj kök taşıma kapasitesinden küçük olma durumunun kontrolü için kullanılan sınırlayıcı Eşitlik 6.10 ile verilmiştir.

$$g_x(4) = \frac{R_{ad}}{P_{kok}} - 1 \quad (6.10)$$

Tendona uygulanan çekme kuvveti etkisi ile ankraj demetinde kopma olmamalı ve kök boyu içinde bulunan ankraj demeti sıyrılmamalıdır. Tendonların gelen yük etkisi ile gösterdiği kopma dayanımının maksimum ankraj tasarım yüküne oranının 1.4' den büyük olması durumunda ankraj stabilitesi sağlanmış olmaktadır. Tasarımda ankraja gelen yük halat kopma yükünün (F_{ank}) 0.6 katını geçmemelidir. Tasarımda tendonların kök bölgesinden sıyrılma durumunun kontrol edilmesinde emniyetli halat taşıma gücünün maksimum ankraj tasarım yüküne oranını 2.0' den büyük olması gerekmektedir. Ankraj demeti kopma tahkikinın sınırlayıcısı Eşitlik 6.11 ile adersan tahkiki sınırlayıcısı Eşitlik 6.12 ile verilmiştir.

$$g_x(5) = 1 - \frac{N_{halat} F_{ank}}{1.4 R_{ad}} \quad (6.11)$$

$$g_x(6) = 1 - \frac{\tau_{em} \pi d_{kök} L_{kök} N_{halat}}{2 R_{ad}} \quad (6.12)$$

Eşitlik 6.11’ de verilen F_{ank} , Çizelge 6.11’ den alınan 15 mm’ lik çapa sahip 7 örgü telli tek bir halat için 260.7 kN değerinin %60’ ının test yükü şeklinde uygulanması durumuna göre 156 kN olarak dikkate alınmıştır. Eşitlik 6.12’ de σ_{em} nervürlü çelik için 700 kN/m² olarak alınmıştır.

Optimizasyon analizlerinde detayları ile birlikte altı eşitsizlik sınırlayıcısı sıfırdan küçük olma şartını sağlama durumuna göre normalize edilmiş olan matematiksel ifadeleri verilmiştir. Sınırlayıcıları sağlayan iksa tasarımlarının belirlenmesinde Deb tarafından önerilen kural (Deb, 2000; Babalik ve ark., 2018) kullanılmıştır.

6.5.3. Amaç fonksiyonu

Optimizasyon probleminin amaç fonksiyonu olarak minimum iksa imalat maliyetini veren tasarımlar harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılarak araştırılmıştır. Elde edilen optimum iksa tasarımlarında her iki algoritma için de aynı minimum değerler bulunduğu için sadece YAKA sonuçları verilmiştir. Stabilitate kriterleri olarak verilen sınırlayıcıları sağlayan çok amaçlı amaç fonksiyonun matematiksel ifadesi Eşitlik 6.13 ile verilmiştir. İksa tasarımının metre cinsinden imalat maliyetinin araştırılmasında palplanş maliyeti (PM), ankraj maliyeti (AM) ve kuşak maliyeti (KM) dikkate alınmıştır. Tasarımın amaç fonksiyonun çok amaçlı olması sebebiyle “Ağırlıklı toplam amaç fonksiyonu modeli” (Fishburn, 1967; Triantaphyllou, 2000) kullanılarak her amaç fonksiyonu 0.33 katsayısı ile ağırlıklandırılmıştır. Toplam iksa elemanın uzunluğu olarak tanımlanan, PM, ankraj tasarımında kullanılacak toplam halat uzunluğu, AM ve 20 m’ lik kazı genişliğini ankraj noktasında yatay olarak desteleyen, KM amaç fonksiyonlarının detaylı formülasyonları sırasıyla Eşitlik 6.14-15-16 ile verilmiştir. Burada, N_{ank} 20 m’ lik kazı genişliğinde bulunan yatay ankraj sayısına karşılık gelmektedir.

$$f_{\min} = 0.33PM + 0.33AM + 0.33KM \quad (6.13)$$

$$PM = H + D \quad (6.14)$$

$$AM = (L_{\text{kök}} + L_{\text{ser}}) N_{\text{ank}} N_{\text{halat}} \quad (6.15)$$

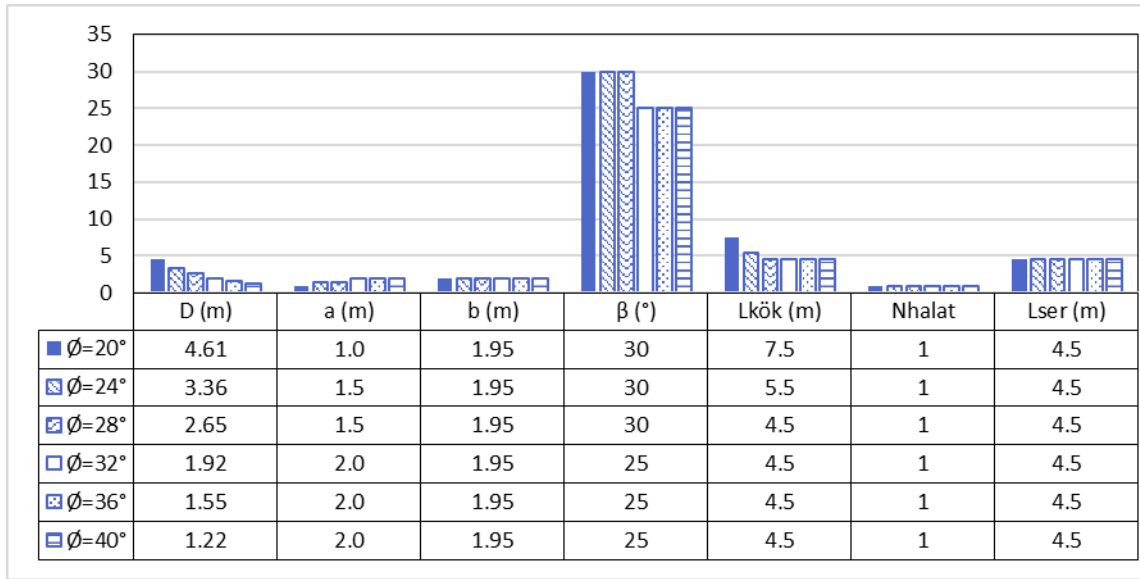
$$KM = (N_{\text{ank}} - 1) b \quad (6.16)$$

Çizelge 6.12’ de tanımlanan tasarım uzayındaki tasarım değişkenlerinin rastgele seçilmesi ile elde edilen her tasarım (çözüm) için Eşitlik 6.5, 6.6, 6.7, 6.10, 6.11 ve 6.12 kullanılarak eşitsizlik sınırlayıcıları hesaplanarak, sınırlayıcıları (stabilite kriterlerini) sağlayan ve Eşitlik 6.13 ile verilen minimum amaç fonksiyon değerine sahip tasarımlar elde edilmiştir. Optimizasyon analizlerinde Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8 ile verilen HAA ve YAKA parametreleri dikkate alınmıştır.

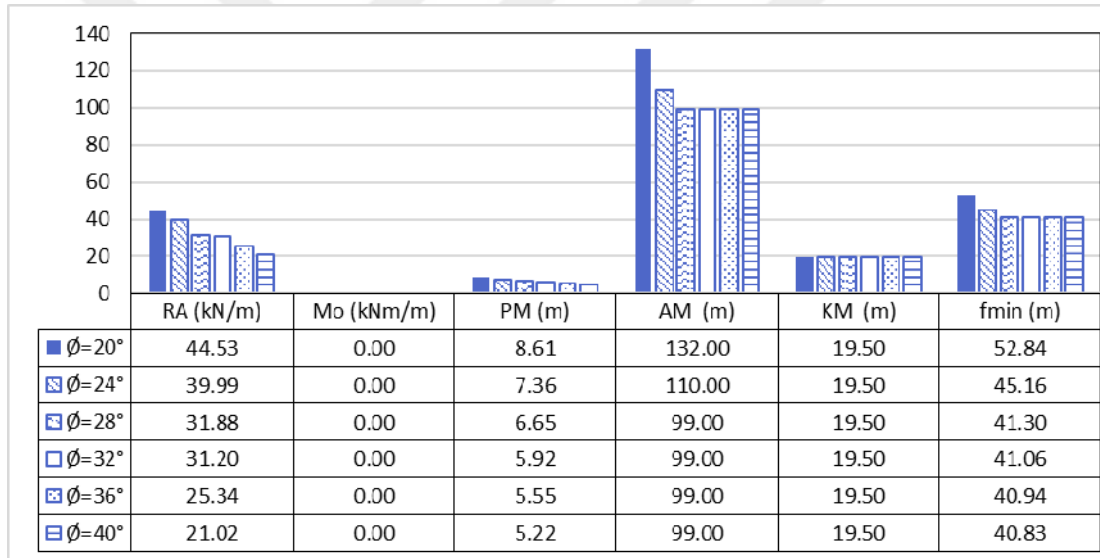
6.5.4. Tek sıra ankrajlı ankastre iksa sistemi optimizasyon analiz sonuçları

Optimizasyon analizleri sonucu farklı kazı derinliği (H) ve farklı içsel sürtünme açısı değerleri ($\emptyset$) için elde edilen teorik ankraj kuvveti (R_a) ve gömme derinliği (D) değerleri kullanılarak tek sıra ankrajlı ankastre iksa tasarımı için ankraj derinliği (a), ankrajlar arası yatay mesafe (b), ankraj eğimi (β), ankraj kök boyu ($L_{\text{kök}}$), ankraj halat sayısı (N_{halat}) ve ankraj serbest boyu (L_{ser}) için optimum değerler elde edilmiştir. Stabilite kriterlerini sağlayan optimum iksa tasarımına ait tasarım değişkenleri ve diğer analiz sonuçları sırasıyla H=4 m için Şekil 6.24 ve 6.25, H=6 m için Şekil 6.26 ve Şekil 6.27, H=8 m için Şekil 6.28 ve Şekil 6.29 ve H=10 m için Şekil 6.30 ve Şekil 6.31’de verilmiştir.

Optimizasyon analizleri ile edilen tasarım değişkenleri kullanılarak iksa sisteminin topuk kısmında moment değerleri hesaplanmıştır. Verilen analiz sonuçları grafiklerinde elde edilen moment değerleri sıfır olup iksa elemanın yatay yükler etkisinde dönmeye karşı stabilitesi sağlanmıştır.



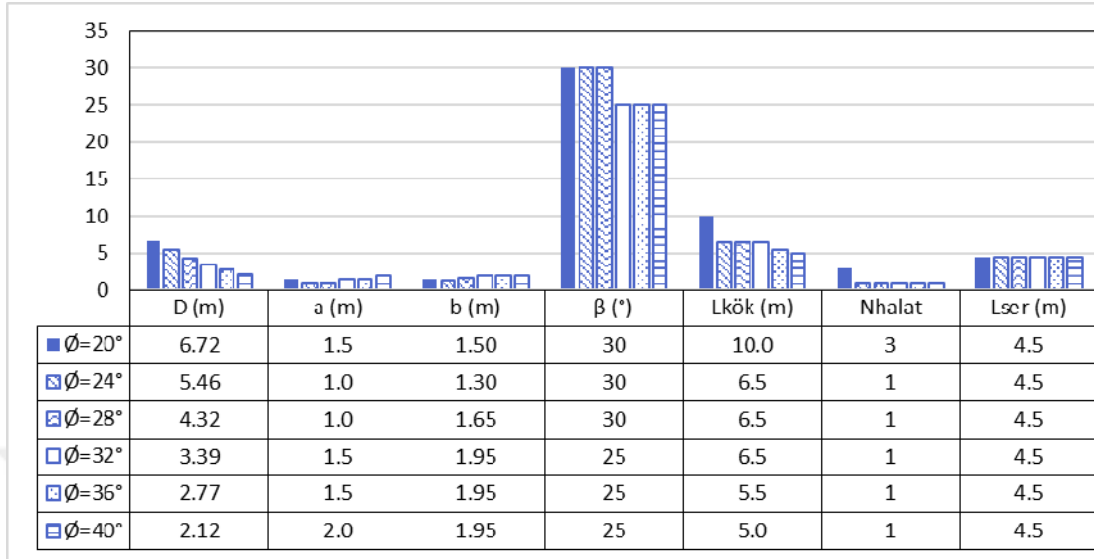
Şekil 6.24. H=4m için tasarım değişkenlerinin optimum değerleri



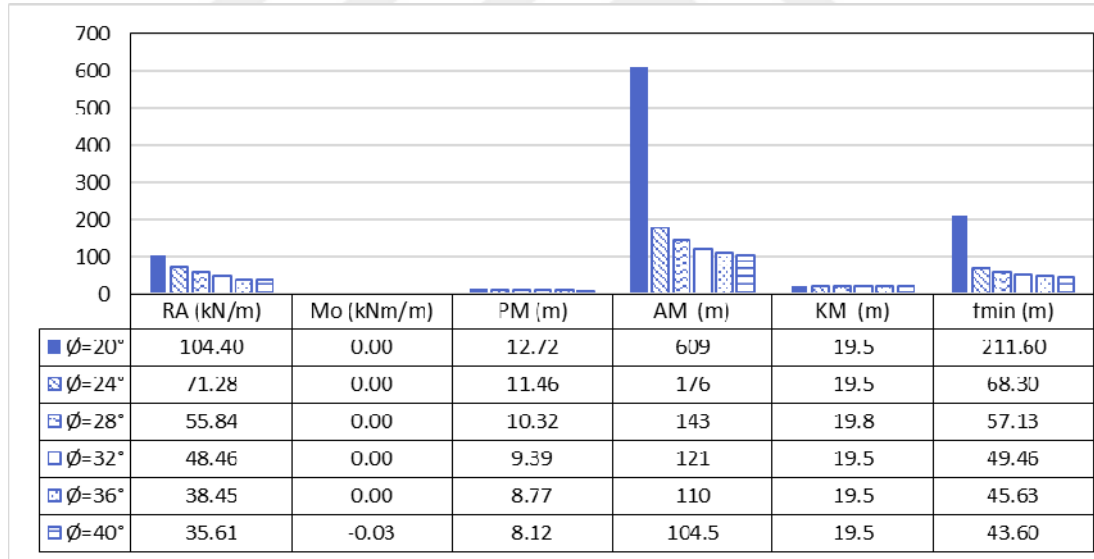
Şekil 6.25. H=4m için ankraj kuvveti, moment ve amaç fonksiyon değerleri

Şekil 6.24 ve 6.25 incelendiğinde tüm içsel sürtünme açısı değerleri için stabilite koşullarının sağlandığı tasarımların elde edildiği görülmektedir. İçsel sürtünme açısının artışı ile gömme derinliği ve ankraj kuvveti azalırken ankrajlar arası yatay mesafe, halat sayısı ve serbest kök boyunun değerleri sabit olarak elde edilmiştir. Optimum değerlerin sonrasında değişmediği içsel sürtünme açısı ($\emptyset$) 28° ye kadar ankraj kök boyu ve ankraj eğimi azalırken, ankraj derinliği artış göstermiştir. Bu sebeple $\emptyset=28^\circ$ den sonra ankraj maliyetinin daha minimum olduğu optimum tasarımlar elde edilememiştir. Palplanş maliyeti ve toplam maliyet değeri, artan içsel sürtünme açısı ile birlikte azalıp en

minimum değere $\emptyset=40^\circ$ de ulaşmıştır. Kuşak maliyeti tüm içsel sürtünme açısı değerleri için sabit olarak elde edilmiştir.



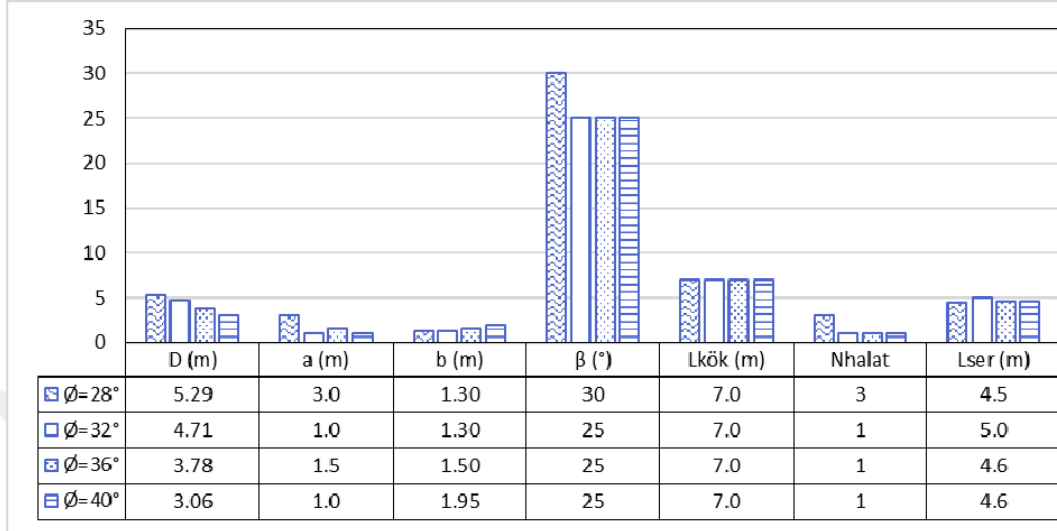
Şekil 6.26. H=6m için tasarım değişkenlerinin optimum değerleri



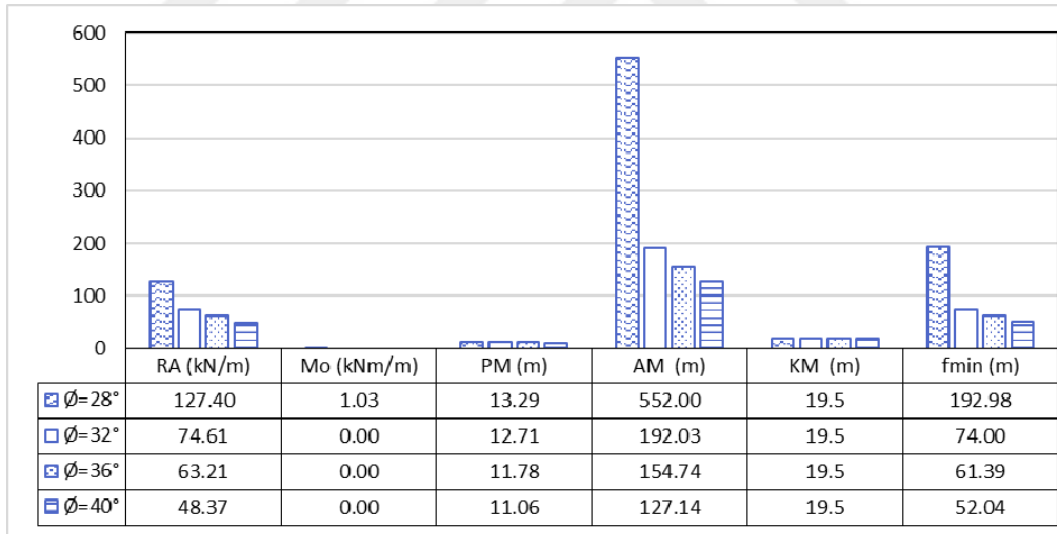
Şekil 6.27. H=6m için ankraj kuvveti, moment ve amaç fonksiyon değerleri

Şekil 6.26 ve 6.27 ile verilen kazı derinliğinin 6 m olduğu optimizasyon analiz sonuçları incelendiği zaman $\emptyset=20^\circ$ için imalat maliyeti en yüksek olan iksa tasarımı bulunmuştur. Çünkü, düşük içsel sürtünme açısı değeri için yapılan analizde stabilite kriterlerinin sağlanması büyük ankraj kök boyu ve fazla halat seçilmesi ile mümkün olmuştur. $\emptyset=32^\circ$ ye kadar ankrajlar arası yatay mesafe ve ankraj eğimi azalırken sonraki içsel sürtünme açısı değerleri için sabit kalmıştır. Artan içsel sürtünme açısı ile

birlikte gömme derinliği, ankraj kök boyu, ankraj kuvveti ve iksa sistemi imalat maliyeti azalırken ankraj derinliği artış göstermiştir. Kuşak maliyeti tüm içsel sürtünme açısı değerleri için sabit olarak elde edilmiştir.



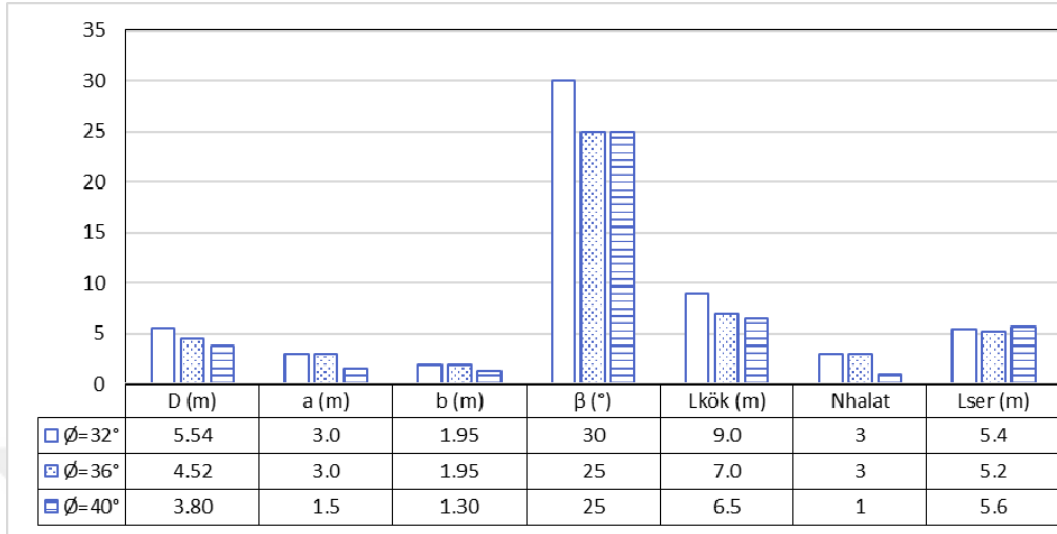
Şekil 6.28. H=8m için tasarım değişkenlerinin optimum değerleri



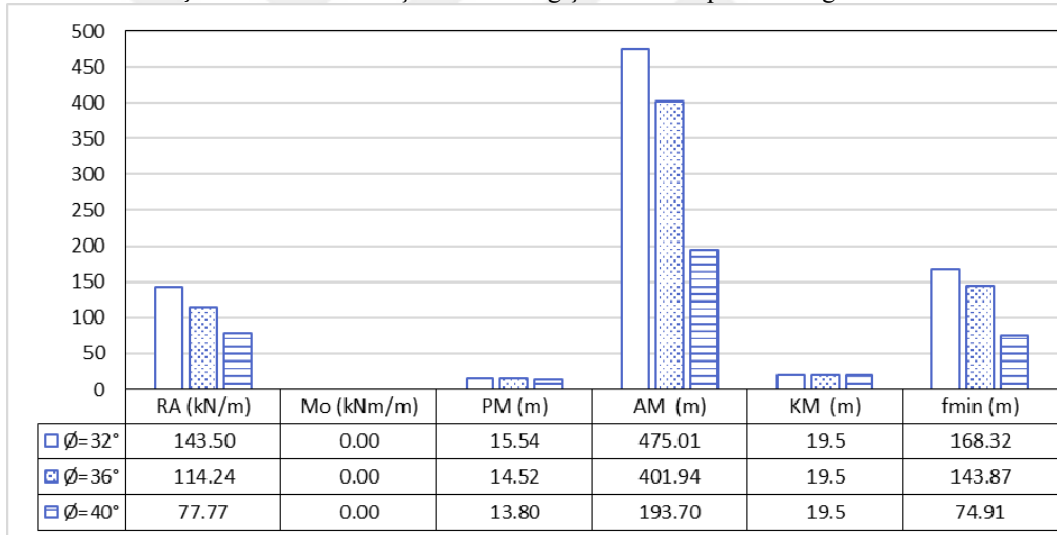
Şekil 6.29. H=8m için ankraj kuvveti, moment ve amaç fonksiyon değerleri

Şekil 6.28 ve 6.29' da kazı derinliğinin 8 m olduğu analizlerde $\emptyset=20^\circ$ ve 24° için stabilite kriterlerini sağlayan herhangi bir tasarım elde edilememiştir. Bu durum ile artan kazı derinliğini tek sıra ankrajla desteklemenin mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır. $\emptyset=28^\circ$ için en maliyetli tasarım elde edilirken, en az maliyete sahip tasarım $\emptyset=40^\circ$ için elde edilmiştir. Gömme derinliği, ankraj kuvveti ve iksa imalat maliyeti diğer kazı derinliklerine benzer değişimler göstermiştir. H=4 m ve 6 m olduğu

tasarımlarda ankraj serbest boyu minimum değere sahip olurken kazı derinliğinin artışı ile birlikte ankraj serbest boyunun minimum değer olan 4.5 m den farklı değerler aldığı belirlenmiştir.



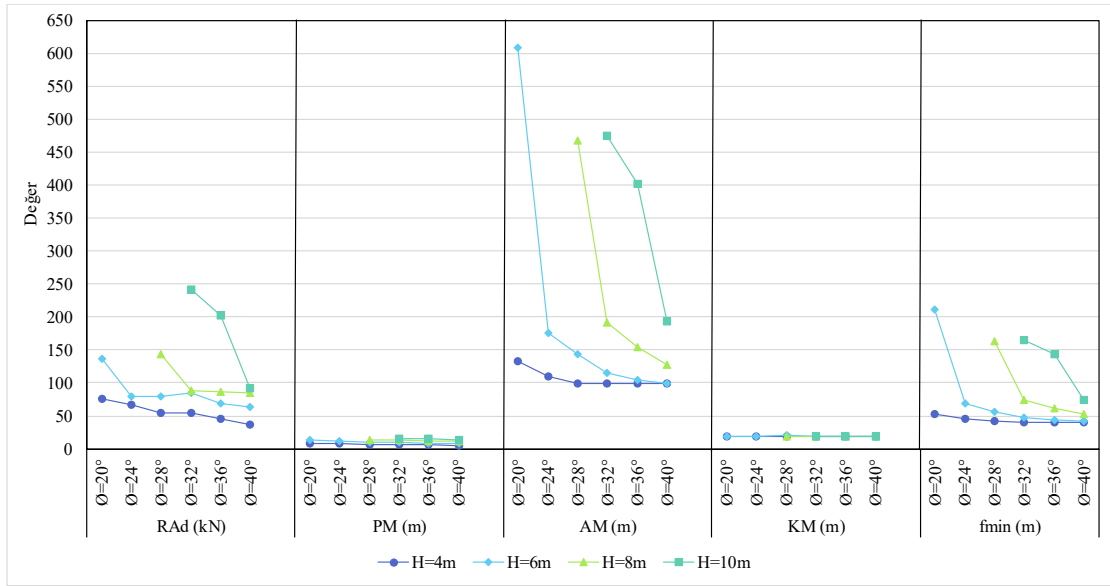
Şekil 6.30. H=10m için tasarım değişkenlerinin optimum değerleri



Şekil 6.31. H=10m için ankraj kuvveti, moment ve amaç fonksiyon değerleri

Optimizasyon analizlerinde kazı derinliğinin en büyük olduğu tasarımlara ait sonuçların verildiği Şekil 6.30 ve 6.31 incelendiğinde stabilite koşullarının sağlandığı tasarımlar içsel sürtünme açısının 32° ve daha büyük olduğu zemin ortamlarında elde edilmiştir. Stabilite koşullarını sağlayan tasarımların ise imalat maliyet değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Optimizasyon analizlerinde dikkate alınan tüm kazı derinliği ve içsel sürtünme açısı değerleri için imalat maliyet değerlerinin karşılaştırılması Şekil 6.32’ de verilmiştir.



Şekil 6.32. Optimum tasarımların imalat maliyetleri karşılaştırması

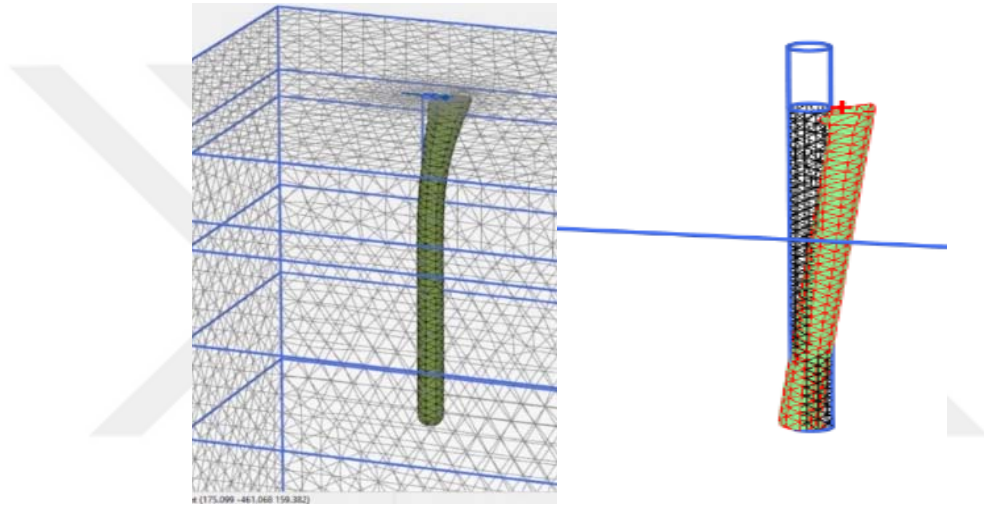
Şekil 6.32’ de verilen imalat maliyetlerinin her bir kendi içinde incelendiğinde değişen içsel sürtünme açısı ve kazı derinliği değerlerinde en fazla değişimin ankraj maliyetinde olduğu görülmektedir. İçsel sürtünme açısının düşük ve kazı derinliğinin büyük olduğu durumlarda stabilite kriterlerini sağlayan tasarım genellikle elde edilemezken, stabilite kriterlerini sağlayan tasarımların ise ankraj maliyetlerinin oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Seçilen kazı derinliği ve içsel sürtünme açısı değerine göre elde edilen ve iksa elemanının topuk kısmında momenti sıfır yapan gömme derinlik değerinin matematiksel olarak elde edilmiştir. Optimum tasarım maliyetleri palplanş maliyeti açısından karşılaştırıldığında sabit kazı derinliği ve gömme derinlik değerleri olması sebebiyle önemli bir değişim görülmemektedir. Kazı genişliği boyunca yer alan ankrajların yatay mesafesi ile ilişkilendirilen kuşak imalat maliyetinde de önemli bir değişim tespit edilmemiştir. Bu durum, ankrajlar arası yatay mesafe tasarım değişkeninin sınırlı bir aralıkta tanımlı olmasından ve diğer tasarım parametrelerine göre tasarımda daha az etkili bir parametre olmasından kaynaklanmıştır.

Farklı kazı derinliği ve içsel sürtünme açısı değerleri için metre cinsinden toplam imalat maliyetini ifade eden amaç fonksiyonunun belirlenmesinde ankraj, palplanş ve kuşak maliyetlerinin toplam maliyete etkisinin araştırılması da amaçlanmış olup tek sıra ankrajlı ankastre iksa optimum tasarımında ankraj maliyetinin en büyük yüzdeye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

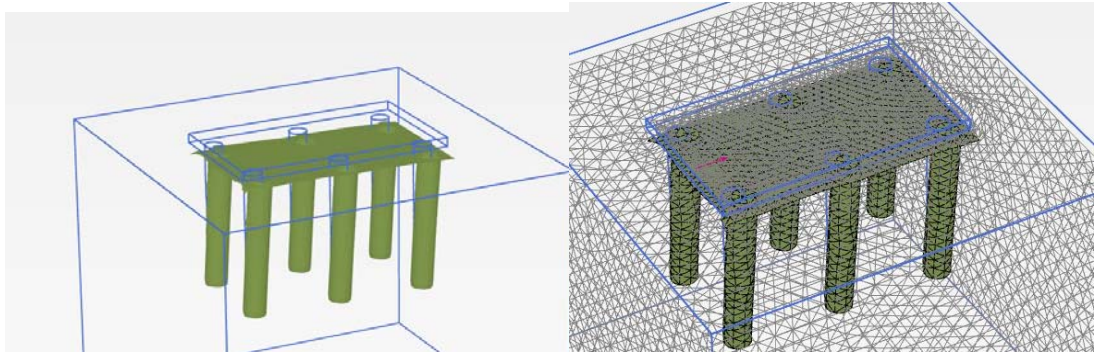
7.YATAY YÜKLÜ TEKİL KAZIK VE KAZIK GRUBU OPTİMİZASYONU

7.1. Plaxis 3D Bilgisayar Analizleri

Yatay yüklü tekil kazık ve kazık grubunun modellemesinde sonlu elemanlar yöntemiyle analiz yapan geoteknik bilgisayar yazılımlarından Plaxis 3D (PLAXIS3D) kullanılarak tekil ve 6' lı kazık modelleri oluşturulmuştur. Tekil kazığın yapısal analizine ait görseller Şekil 7.1' de ve 6' lı kazık grubunun yapısal analizine ait görseller Şekil 7.2' de verilmiştir.



Şekil 7.1. Yatay yüklü tekil kazık tasarımı ve Plaxis 3D modeli



Şekil 7.2. Yatay yüklü 6' lı kazık grubu tasarımı ve Plaxis 3D modeli

Yatay yüklü tekil kazık ve 6' lı kazık grubu tasarımı için Plaxis 3D' de gerçekleştirilen analizlerde zemin ve sonlu elemanlar modeli ile ilgili yapılan kabuller şunlardır (Zarzour, 2019);

- Zemin homojen ve izotropik yapıya sahiptir.
- Zemin tek tabakadan oluşturmaktadır.
- Drenajlı kohezyonsuz zemin ortamı geçerlidir.
- Zemin ara yüzey rijitliği $R=0,8$ olarak alınmıştır.
- Zemin modelinin boyutları x ve y yönlerinde 15D ve z yönünde kazığın bitiş derinliğinden 8D itibaren alınmıştır.
- Kazıklar kısa (rijit) ve lineer elastik davranışa sahiptir.
- Zemin göçme modeli Mohr-Coulomb olarak modellenmiştir.
- Model çok ince (very fine) mesh seçilerek oluşturulmuştur.
- Plaxis de tanımlanan zemin ortamında zeminin içsel sürtünme açısı ve elastisite modülünün sırasıyla Eşitlik 7.1 (Mcgregor ve Duncan, 1998) ve Eşitlik 7.2 (Tan ve diğ., 1991) kullanılarak belirlenmiştir.

$$\phi = \sqrt{12 N_{60}} + 15 \quad (7.1)$$

$$E_s = 500(N_{60} + 15) \quad (7.2)$$

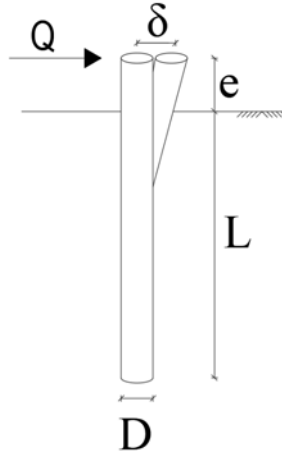
- Zeminin poisson oranı (ν), doymun birim hacim ağırlığı (γ_d) ve birim hacim ağırlığı (γ) sırasıyla 0.30, 18 kN/m³ ve 17 kN/m³ olarak alınmıştır.
- Kazığın zemin üstünde kalan uzunluğu (e), tüm analizlerde 2 m olarak alınmıştır.
- Modeli oluşturulan tekil kazık tasarımında kazık malzemesi olarak kullanılan betonun elastisite modülü Eşitlik 7.3 ile belirlenmiştir. Burada betonun karakteristik basınç dayanımı $f_c = 40$ MPa olarak alınmıştır.

$$E = 4700 \sqrt{f_c} \quad (7.3)$$

7.2. Yatay Yüklü Tekil Kazık Tasarımı

Bu tez çalışması kapsamında yatay yüke maruz serbest tekil kazığın farklı kazık üst ucu yanal deplasman değerleri ve tasarım yapılan zeminin standart penetrasyon sayısı değerlerine göre parametrik çalışma yapılarak matematik modeller geliştirilmiştir.

Matematik modeller kullanılarak tasarıma etki eden yanal yükü taşıyabilecek optimum kazık çapı ve kazık uzunluğu araştırılmıştır. Bu amaçla, kazık çapı, kazık uzunluğu, standart penetrasyon sayısı (N_{60}), kazık üst ucunun yatay deplasmanı tasarım parametreleri olarak alınmıştır. Tasarım parametreleri ve farklı değerleri Çizelge 7.1’ de verilmiştir ve üst ucu δ yatay ötelenme yapan yatay yüklü tekil kazık tasarımı Şekil 7.3’ te verilmiştir.



Şekil 7.3. Yatay yüklü tekil kazık tasarımı

Çizelge 7.1. Yatay yüklü serbest tekil kazık tasarım parametreleri

Tasarım parametresi	Değeri
D: Kazık çapı	0,60m, 0.80m, 1.00m
L: Kazık uzunluğu	3m, 5m, 7m, 9m, 10m, 13m, 15m
δ : Kazık ucu yatay ötelenme	10mm, 25mm, 50mm
N_{60} : SPT sayısı	20, 40

Analizler sonucunda farklı yatay deplasmanlara göre elde edilen yatay yük (Q) değerleri Çizelge 7.2’ de verilmiştir. Analizlerde iki farklı SPT sayısı, (N_{60}) 20 ve 40 olarak ve üç farklı yatay ötelenme (δ) 10 mm, 25 mm, 50 mm olarak altı farklı durum göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 7.2. Plaxis 3D analiz sonuçları

No	D (m)	L(m)	e (m)	N ₆₀	Ø (°)	Es (kN/m ²)	Q (kN) için δ= 10 mm için	Q (kN) için δ= 25 mm için	Q (kN) için δ= 50 mm için
1	0.6	3	2	20	30	17500	22.1	35.3	45.9
2	0.6	5	2	20	30	17500	38.0	71.0	105.5
3	0.6	7	2	20	30	17500	41.5	83.2	136.2
4	0.6	9	2	20	30	17500	41.7	83.9	139.1
5	0.6	10	2	20	30	17500	41.7	84.1	139.4
6	0.6	13	2	20	30	17500	41.7	84.1	139.4
7	0.6	15	2	20	30	17500	41.8	84.1	139.6
8	0.6	3	2	40	37	27500	31.2	53.5	74.8
9	0.6	5	2	40	37	27500	48.2	96.1	153.5
10	0.6	7	2	40	37	27500	50.6	103.0	178.4
11	0.6	9	2	40	37	27500	50.6	105.3	179.5
12	0.6	10	2	40	37	27500	50.8	105.7	180.3
13	0.6	13	2	40	37	27500	50.7	105.6	180.5
14	0.6	15	2	40	37	27500	50.7	105.7	180.8
15	0.8	3	2	20	30	17500	30.2	47.2	61.5
16	0.8	5	2	20	30	17500	58.6	102.3	144.8
17	0.8	7	2	20	30	17500	75.3	144.6	223.6
18	0.8	9	2	20	30	17500	79.6	158.6	259.1
19	0.8	10	2	20	30	17500	79.9	159.9	263.8
20	0.8	13	2	20	30	17500	80.2	161.5	267.8
21	0.8	15	2	20	30	17500	80.0	160.8	267.0
22	0.8	3	2	40	37	27500	43.1	72.3	100.0
23	0.8	5	2	40	37	27500	79.2	147.3	221.5
24	0.8	7	2	40	37	27500	95.3	191.9	313.4
25	0.8	9	2	40	37	27500	97.8	201.5	340.6
26	0.8	10	2	40	37	27500	97.90	202.40	343.6
27	0.8	13	2	40	37	27500	98.1	203.4	346.3
28	0.8	15	2	40	37	27500	98.2	202.7	346.0
29	1.0	3	2	20	30	17500	38.7	59.8	78.0
30	1.0	5	2	20	30	17500	76.6	130.8	183.0
31	1.0	7	2	20	30	17500	108.6	200.7	300.9
32	1.0	8	2	20	30	17500	117.8	224.3	347.3
33	1.0	9	2	20	30	17500	123.7	242.0	384.2
34	1.0	10	2	20	30	17500	126.7	250.4	405.5
35	1.0	13	2	20	30	17500	129.2	260.8	432.3
36	1.0	3	2	40	37	27500	55.1	91.2	125.4
37	1.0	5	2	40	37	27500	105.5	190.5	281.1
38	1.0	7	2	40	37	27500	142.5	277.0	437.4
39	1.0	8	2	40	37	27500	151.2	301.9	489.0
40	1.0	9	2	40	37	27500	155.8	316.8	524.8
41	1.0	10	2	40	37	27500	157.4	321.9	540.4
42	1.0	13	2	40	37	27500	159.1	329.3	561.1

7.2.1. Yatay yük için geliştirilen matematik modeller

Çizelge 7.2’ de verilen yatay deplasman durumlarına göre numerik analizlerden elde edilen yatay yükler kullanılarak farklı $D=0.60$ m- 1.00 m değerleri için Q' nun L' ye bağlı fonksiyonu olacak şekilde matematik modeller elde edilmiştir. $\delta=10$ mm $N_{60}=20$ için Çizelge 7.3, $\delta=10$ mm $N_{60}=40$ için Çizelge 7.4, $\delta=25$ mm $N_{60}=20$ için Çizelge 7.5, $\delta=25$ mm $N_{60}=40$ için Çizelge 7.6, $\delta=50$ mm $N_{60}=20$ için Çizelge 7.7 ve $\delta=50$ mm $N_{60}=40$ için Çizelge 7.8’de verilmiştir.

Çizelge 7.3. Yatay yük matematik model, $N_{60}=20$ - $\delta=10$ mm

D(m)	Matematik Model
60	$Q = 0.0008L^5 - 0.0432L^4 + 0.9352L^3 - 9.9856L^2 + 52.62L - 67.809$
65	$Q = 0.0001L^5 - 0.0107L^4 + 0.3625L^3 - 5.4551L^2 + 38.165L - 50.206$
70	$Q = -0.0006L^5 + 0.0218L^4 - 0.2102L^3 - 0.9246L^2 + 23.71L - 32.604$
75	$Q = -0.0013L^5 + 0.0543L^4 + 0.7829L^3 + 3.6059L^2 + 9.2541L - 15.001$
80	$Q = 0.002L^5 + 0.0868L^4 - 1.3556L^3 + 8.1363L^2 - 5.2014L + 2.6023$
85	$Q = -0.0023L^5 + 0.1027L^4 - 1.6852L^3 - 9.9856L^2 - 16.333L + 18.169$
90	$Q = -0.0025L^5 + 0.1185L^4 - 2.0147L^3 + 14.277L^2 - 27.464L + 33.735$
95	$Q = -0.0028L^5 + 0.1344L^4 - 2.3443L^3 + 17.347L^2 - 38.595L + 49.301$
100	$Q = -0.0031L^5 + 0.1503L^4 - 2.6739L^3 + 20.417L^2 - 49.726L + 64.868$

Çizelge 7.4. Yatay yük matematik model, $N_{60}=40$ - $\delta=10$ mm

D(m)	Matematik Model
60	$Q = 0.0015L^5 - 0.0784L^4 + 1.5775L^3 - 15.479L^2 + 74.195L - 88.705$
65	$Q = 0.0008L^5 - 0.0463L^4 + 1.0413L^3 - 11.608L^2 + 64.163L - 78.424$
70	$Q = 0.0001L^5 - 0.0141L^4 + 0.5051L^3 - 7.7374L^2 + 54.131L - 68.143$
75	$Q = -0.0006L^5 + 0.0181L^4 - 0.0311L^3 - 3.8667L^2 + 44.098L - 57.861$
80	$Q = -0.0013L^5 + 0.0503L^4 - 0.5673L^3 + 0.0041L^2 + 34.066L - 47.58$
85	$Q = -0.0022L^5 + 0.0921L^4 - 1.3458L^3 + 6.5942L^2 + 11.123L - 17.224$
90	$Q = -0.003L^5 + 0.1339L^4 - 2.1243L^3 + 13.184L^2 - 11.82L + 13.132$
95	$Q = -0.0038L^5 + 0.17554L^4 - 2.8999L^3 + 19.755L^2 - 34.699L + 43.413$
100	$Q = -0.0047L^5 + 0.2171L^4 - 3.6755L^3 + 26.325L^2 - 57.578L + 73.694$

Çizelge 7.5. Yatay yük matematik model, $N_0=20-\delta=25$ mm

D(m)	Matematik Model
60	$Q = -0.0001L^5 - 0.0082L^4 + 0.5133L^3 - 9.2585L^2 + 69.179L - 102.06$
65	$Q = -0.0017L^5 + 0.0669L^4 - 0.8612L^3 + 2.2096L^2 + 29L - 50.361$
70	$Q = -0.0032L^5 + 0.1421L^4 - 2.2356L^3 + 13.678L^2 - 11.18L + 1.3412$
75	$Q = -0.0048L^5 + 0.2172L^4 - 3.6101L^3 + 25.146L^2 - 51.36L + 53.043$
80	$Q = -0.0063L^5 + 0.2924L^4 - 4.9846L^3 + 36.614L^2 - 91.54L + 104.75$
85	$Q = -0.0062L^5 + 0.2925L^4 - 5.1099L^3 + 38.709L^2 - 100.39L + 118.94$
90	$Q = -0.0061L^5 + 0.2927L^4 - 5.2351L^3 + 40.803L^2 - 109.25L + 133.14$
95	$Q = -0.006L^5 + 0.2928L^4 - 5.3604L^3 + 42.898L^2 - 118.1L + 147.34$
100	$Q = -0.0058L^5 + 0.2929L^4 - 5.4856L^3 + 44.992L^2 - 126.96L + 161.54$

Çizelge 7.6. Yatay yük matematik model, $N_{60}=40-\delta=25$ mm

D(m)	Matematik Model
60	$Q = 0.0041L^5 - 0.2086L^4 + 4.0981L^3 - 39.361L^2 + 186.11L - 245.36$
65	$Q = 0.0015L^5 - 0.0879L^4 + 1.9969L^3 - 22.796L^2 + 131.56L - 178.53$
70	$Q = -0.001L^5 + 0.0327L^4 - 0.1043L^3 - 6.2314L^2 + 77.014L - 111.69$
75	$Q = -0.0036L^5 + 0.1533L^4 - 2.2056L^3 + 10.333L^2 + 22.468L - 44.853$
80	$Q = -0.0062L^5 + 0.274L^4 - 4.3068L^3 + 26.898L^2 - 32.078L + 21.984$
85	$Q = -0.0074L^5 + 0.3343L^4 - 5.5041L^3 + 37.718L^2 - 71.718L + 75.996$
90	$Q = -0.0085L^5 + 0.3946L^4 - 6.7013L^3 + 48.537L^2 - 111.36L + 130.01$
95	$Q = -0.0097L^5 + 0.4549L^4 - 7.8986L^3 + 59.357L^2 - 151L + 184.02$
100	$Q = -0.0108L^5 + 0.5152L^4 - 9.0959L^3 + 70.177L^2 - 190.64L + 238.03$

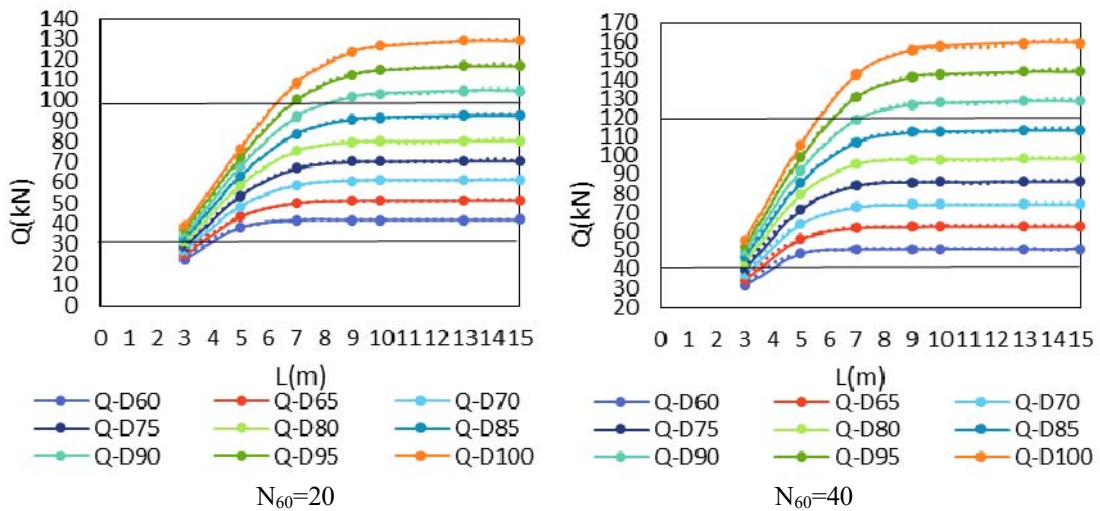
Çizelge 7.7. Yatay yük matematik model, $N_{60}=20-\delta=50$ mm

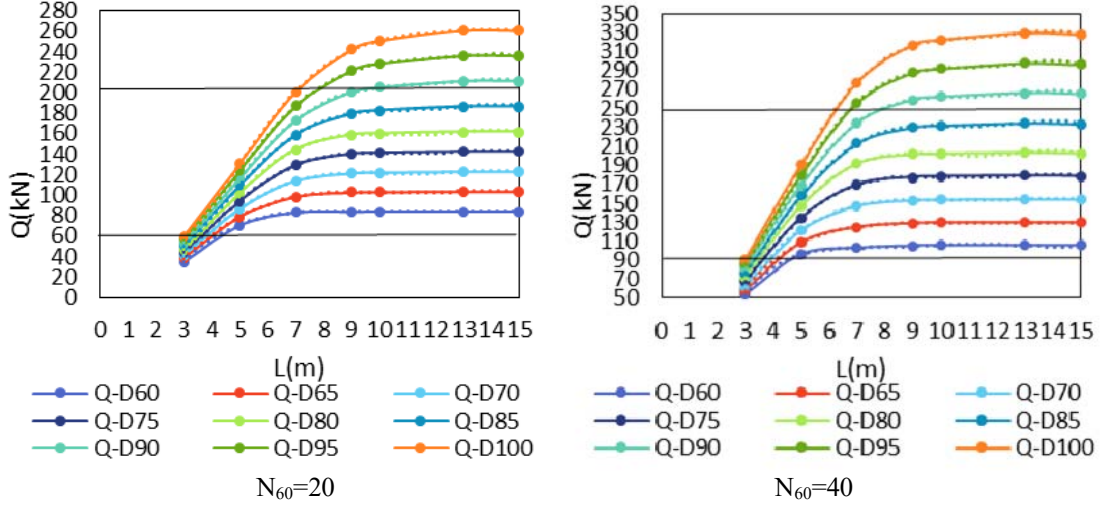
D(m)	Matematik Model
60	$Q = -0.0044L^5 + 0.1849L^4 - 2.7267L^3 + 14.547L^2 + 3.1446L - 34.834$
65	$Q = -0.0059L^5 + 0.2641L^4 - 4.295L^3 + 28.717L^2 - 49.796L + 36.666$
70	$Q = -0.0074L^5 + 0.3433L^4 - 5.8632L^3 + 42.887L^2 - 102.74L + 108.17$
75	$Q = -0.0089L^5 + 0.4225L^4 - 7.4314L^3 + 57.056L^2 - 155.68L + 179.67$
80	$Q = -0.0104L^5 + 0.5017L^4 - 8.9996L^3 + 71.226L^2 - 208.62L + 251.17$
85	$Q = -0.0093L^5 + 0.4598L^4 - 8.455L^3 + 68.649L^2 - 202.15L + 247.53$
90	$Q = -0.0083L^5 + 0.4179L^4 - 7.9104L^3 + 66.071L^2 - 195.68L + 243.88$
95	$Q = -0.0072L^5 + 0.3759L^4 - 7.3658L^3 + 63.494L^2 - 189.21L + 240.24$
100	$Q = -0.0061L^5 + 0.334L^4 - 6.8212L^3 + 60.917L^2 - 182.74L + 236.6$

Çizelge 7.8. Yatay yük matematik model, $N_{60}=40-\delta=50$ mm

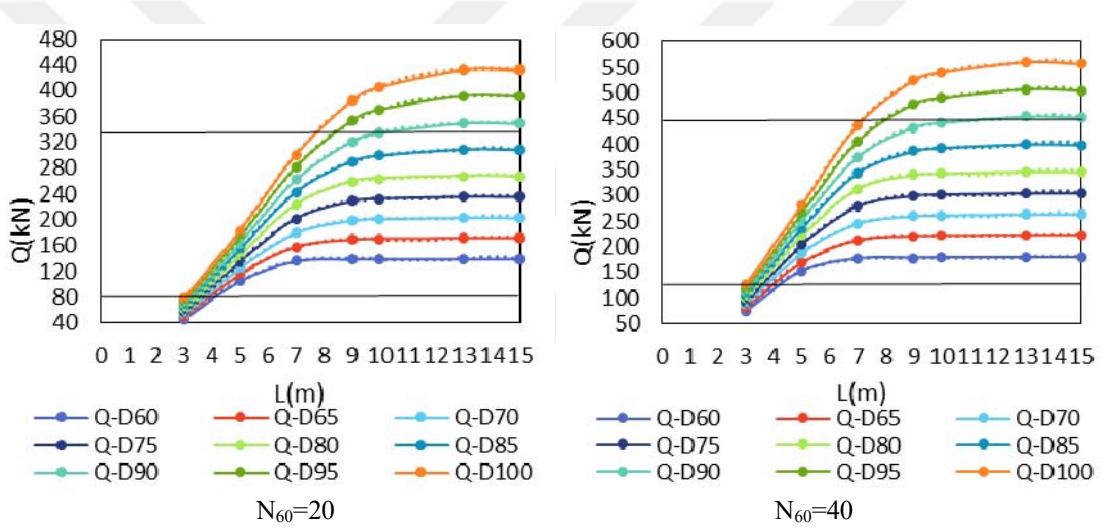
D(m)	Matematik Model
60	$Q = 0.0006L^5 - 0.0575L^4 + 1.8494L^3 - 26.48L^2 + 175.49L - 258.82$
65	$Q = -0.0032L^5 + 0.1235L^4 - 1.4342L^3 + 0.7042L^2 + 80.449L - 137.15$
70	$Q = -0.0069L^5 + 0.3046L^4 - 4.7177L^3 + 27.888L^2 - 14.595L - 15.482$
75	$Q = -0.0107L^5 + 0.4857L^4 - 8.0013L^3 + 55.073L^2 - 109.64L + 106.19$
80	$Q = -0.0145L^5 + 0.6668L^4 - 11.285L^3 + 82.257L^2 - 204.68L + 227.85$
85	$Q = -0.015L^5 + 0.7015L^4 - 12.166L^3 + 91.816L^2 - 242.51L + 282.8$
90	$Q = -0.0154L^5 + 0.7362L^4 - 13.048L^3 + 101.38L^2 - 280.35L + 337.75$
95	$Q = -0.0159L^5 + 0.7709L^4 - 13.93L^3 + 110.94L^2 - 318.18L + 392.7$
100	$Q = -0.0164L^5 + 0.8057L^4 - 14.811L^3 + 120.49L^2 - 356.01L + 447.66$

Tasarım grafikleri geliştirilirken farklı değerlere sahip yatay yük eğrileri dikkate alınmıştır. Yatay yük değerleri seçilirken Çizelge 7.2 ile verilen Plaxis 3D analiz sonuçları kullanılarak farklı N_{60} ve deplasman durumları için yatay yükün kazık uzunluğuna göre değişim grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 7.4-7.6' da verilmiştir. Belli kazık çaplarına göre farklı kazık uzunluklarının yatay yük değerleri ile değişiminin verildiği şekiller incelenerek tasarım grafiklerinin minimum ve maksimum yatay yük değerleri belirlenmiştir. Bu değerler belirlenirken en az üç kazık çapı için analizlerle yatay yük değeri elde edilen veren yatay yük değerleri dikkate alınmıştır.

Şekil 7.4. Farklı N_{60} ve $\delta=10$ mm için yatay yük kazık uzunluk değişimi

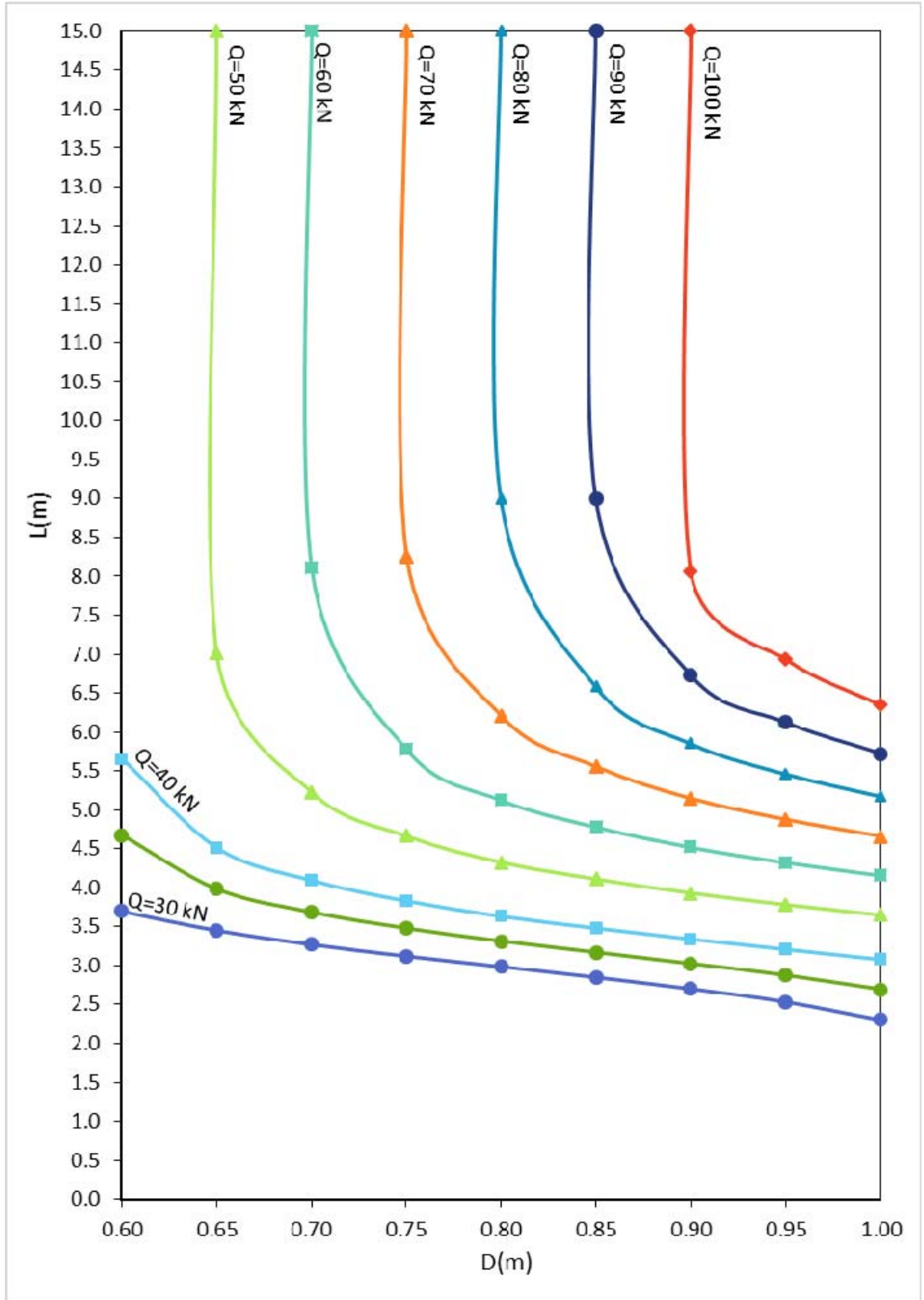


Şekil 7.5. Farklı N_{60} ve $\delta=25$ mm için yatay yük kazık uzunluk değişimi

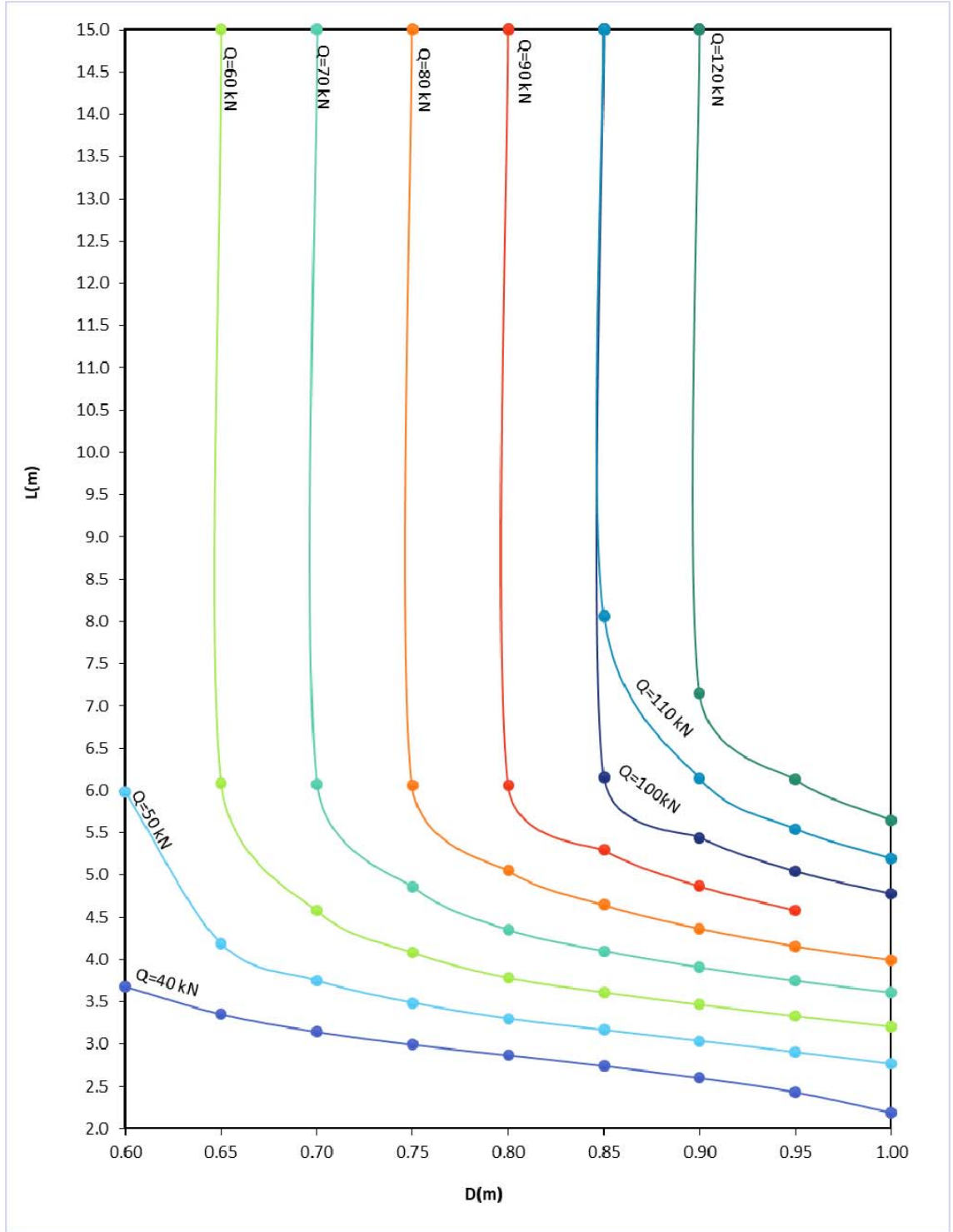


Şekil 7.6. Farklı N_{60} ve $\delta=50$ mm için yatay yük kazık uzunluk değişimi

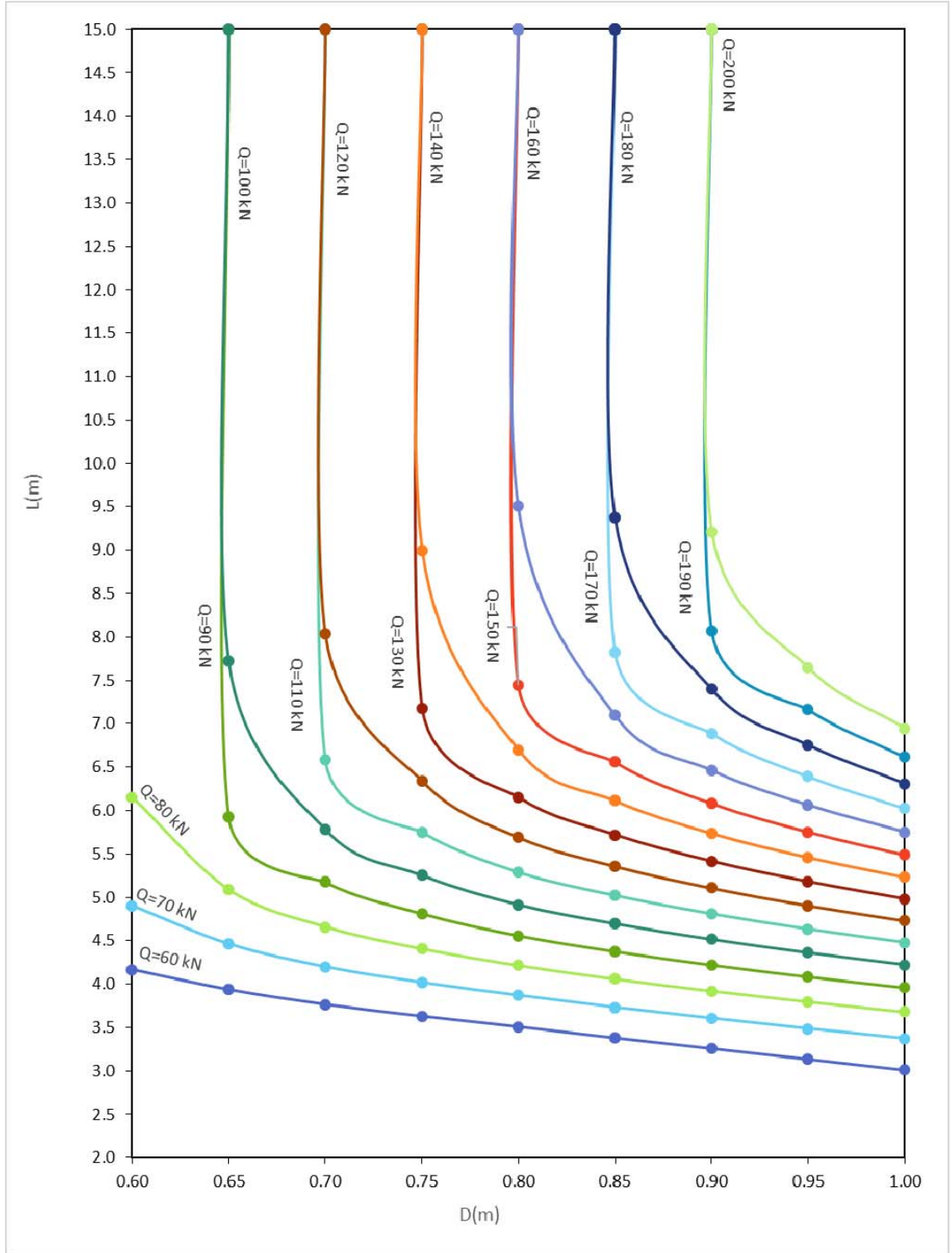
Farklı kazık çapları için geliştirilen matematik modeller ile belirli yatay yükü (Q , kN) taşıyan kazık uzunluğu (L , m) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar kullanılarak yatay yüklü tekil kazık tasarımında belirli kazık yükü için uygun D ve uygun L değerlerini veren tasarım grafikleri geliştirilmiştir. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafikleri $\delta=10$ mm $N_{60}=20$ için Şekil 7.7, $\delta=10$ mm $N_{60}=40$ için Şekil 7.8, $\delta=25$ mm $N_{60}=20$ için Şekil 7.9, $\delta=25$ mm $N_{60}=40$ için Şekil 7.10, $\delta=50$ mm $N_{60}=20$ için Şekil 7.11 ve $\delta=50$ mm $N_{60}=40$ için Şekil 7.12’de verilmiştir.



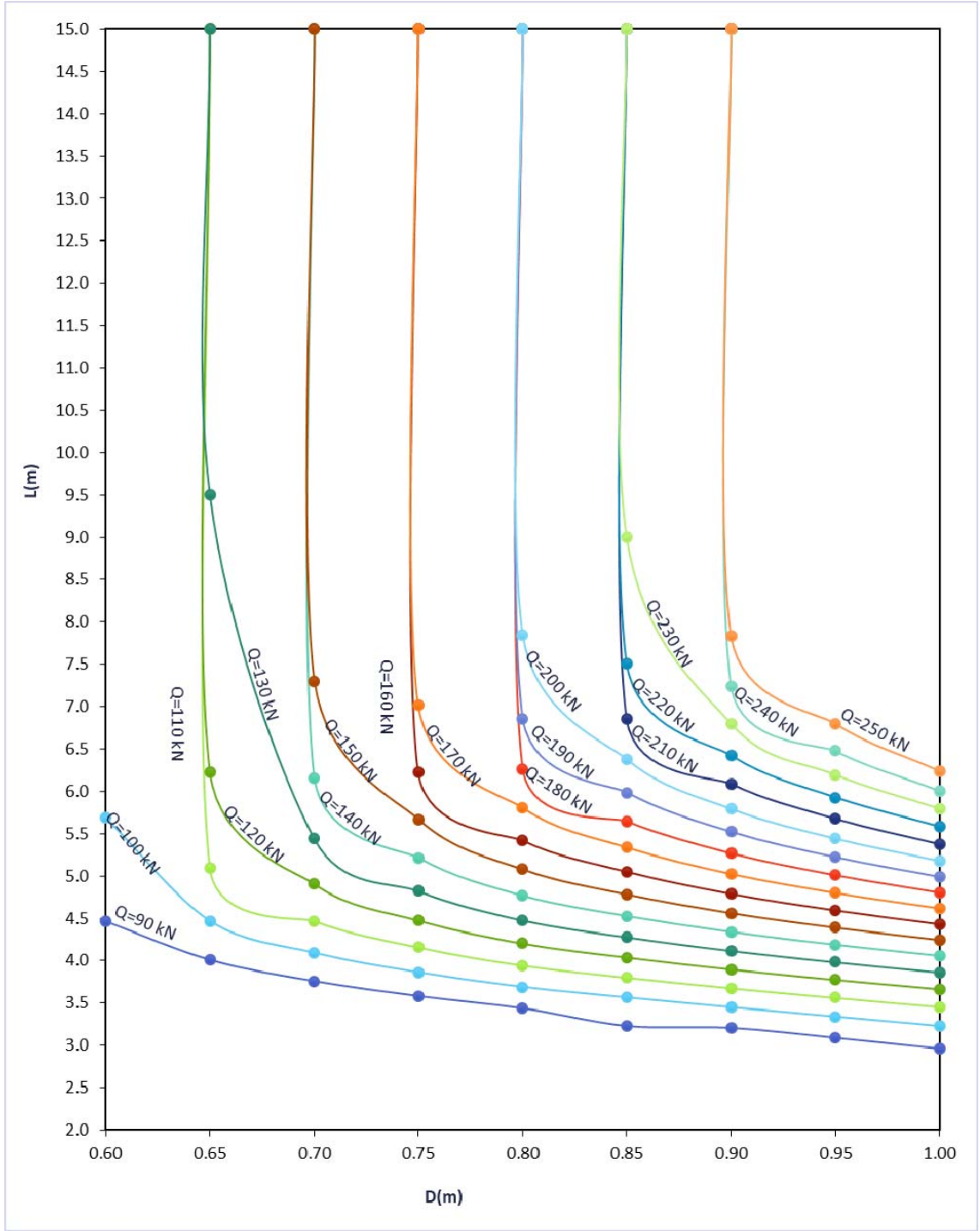
Şekil 7.7. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $N_{60} = 20$, $\delta = 10\text{mm}$



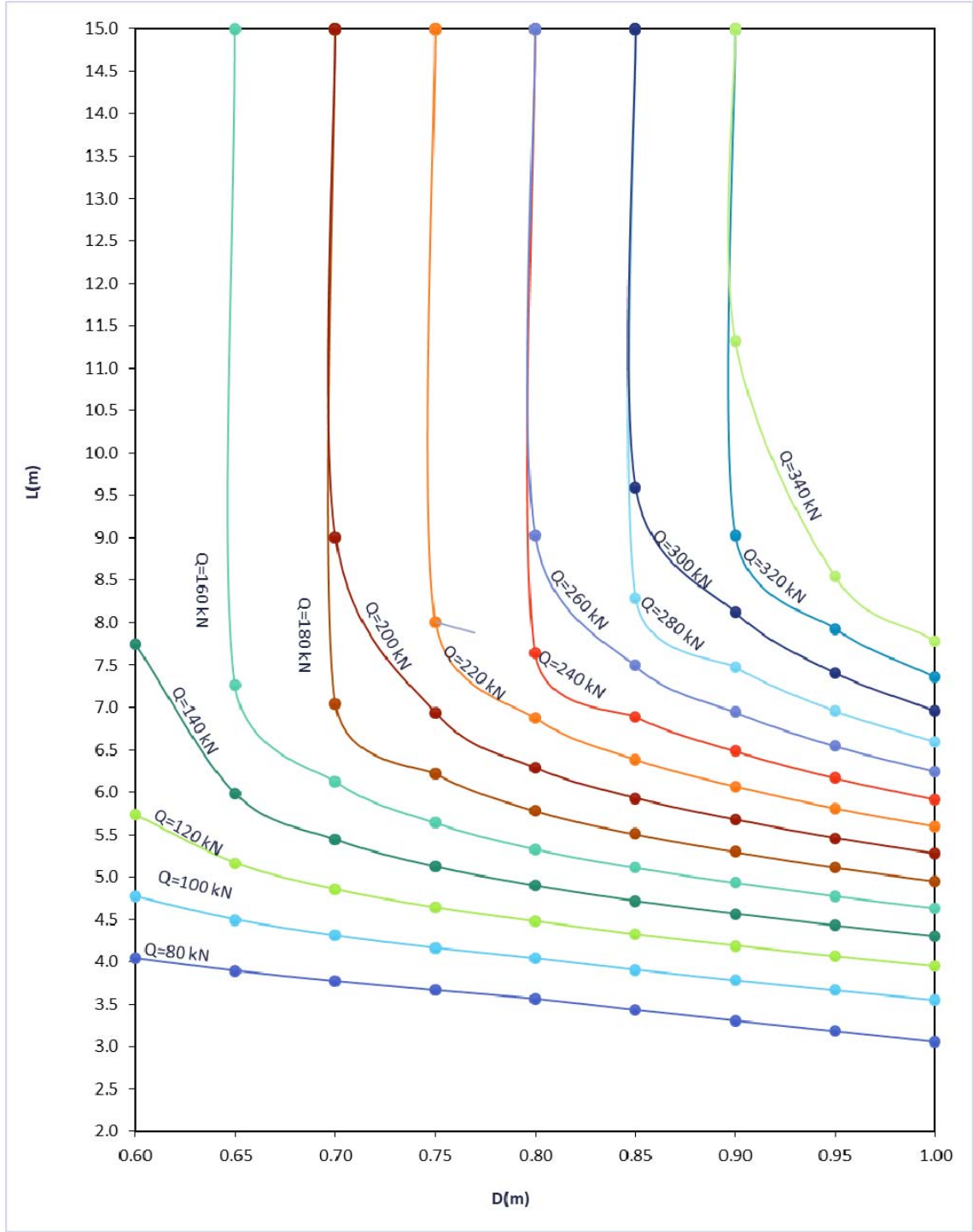
Şekil 7.8. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $N_{60} = 40$, $\delta = 10\text{mm}$



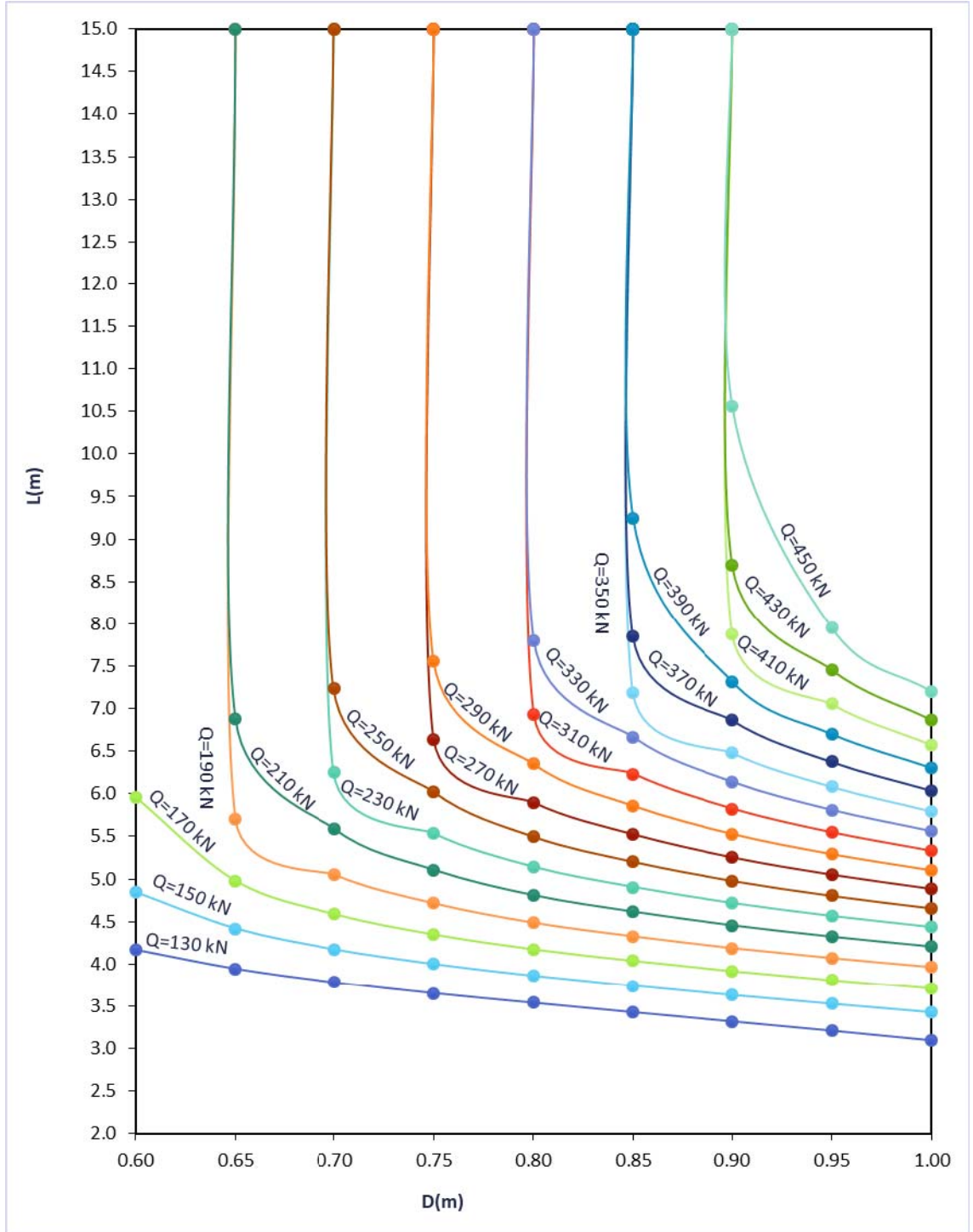
Şekil 7.9. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $N_{60} = 20$, $\delta = 25$ mm



Şekil 7.10. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $N_{60}=40$, $\delta=25\text{mm}$



Şekil 7.11. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $N_{60}=20$, $\delta=50$ mm



Şekil 7.12. Yatay yüklü tekil kazık tasarım grafiği, $N_{60}=40$, $\delta=50\text{mm}$

Farklı N_{60} ve δ değerlerine göre Şekil 7.7.-7.12. de verilen tasarım grafikleri incelendiğinde yatay yükün büyük olduğu durumlarda da küçük kazık çapının elde edilemediği ve yatay yükün küçük olduğu durumlarda ise daha büyük kazık uzunluğunun elde edilemediği gözlemlenmiştir.

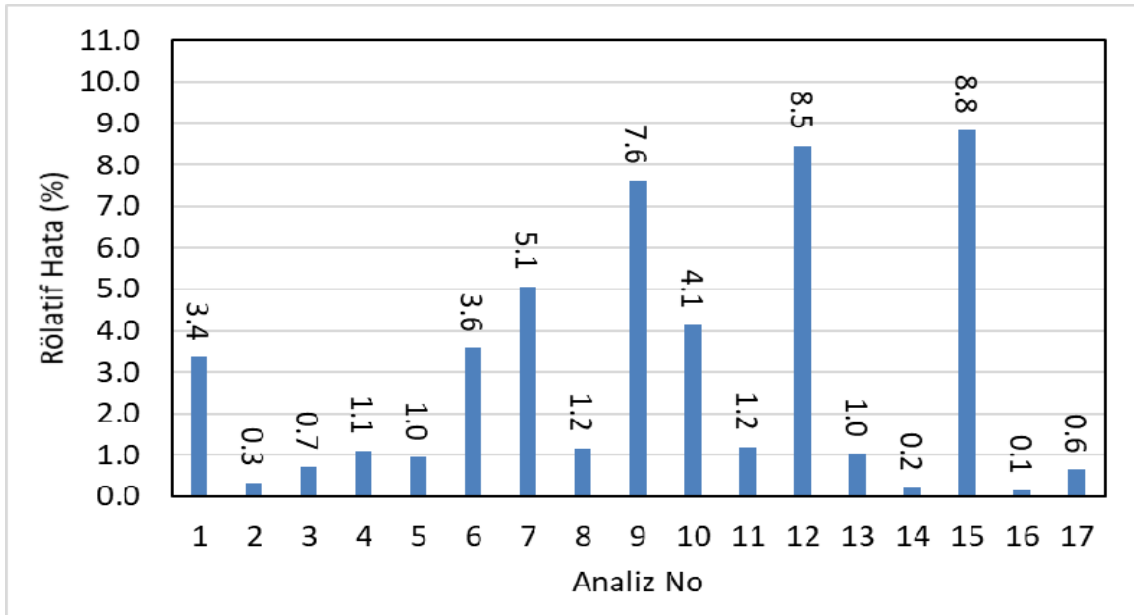
7.2.2. Matematik modellerin doğrulanması

Yatay yüklü kazık tasarımı için önerilen tasarım grafiklerinin güvenilirliğini incelemek ve doğrulamalarını yapmak için rastgele seçilen D, L, N₆₀ ve δ tasarım parametre değerleri Çizelge 7.9’ da verilmiştir. Çizelge 7.9’ da verilen tasarımlar için PLAXIS 3D analizleri tekrarlanmış ve elde edilen yatay yük değerleri (Q_{analiz}) ve matematik modeller kullanılarak hesaplanan yatay yük değerleri (Q_{model}) aynı çizelgede verilmiştir.

Çizelge 7.9. Yatay yüklü tekil kazık tasarım parametreleri ve yatay yük sonuçları

Analiz No.	D (m)	L (m)	N ₆₀	δ (mm)	Q_{analiz} (kN)	Q_{model} (kN)
1	0.65	4	20	10	35	36
2	0.70	6	40	10	69	70
3	0.75	8	20	10	68	69
4	0.85	11	40	50	391	387
5	0.95	14	20	50	389	393
6	0.65	4	20	25	59	61
7	0.85	11	40	10	112	106
8	0.65	4	20	50	83	84
9	0.70	14	40	10	77.2	71
10	0.65	14	20	10	50	52
11	0.70	6	40	50	226	223
12	0.95	14	20	25	234	214
13	0.85	11	40	25	230	228
14	0.75	8	20	50	219	220
15	0.65	14	20	50	147	160
16	0.75	8	20	25	135	136
17	0.70	6	40	25	139	138

Matematik modellerle elde edilen yatay yük değerleri ile Plaxis 3D analizlerinde elde edilen yatay yüklere ait rölatif hata değerleri Şekil 7.13’ te verilmiştir.



Şekil 7.13. Matematik model rölatif hata değerleri

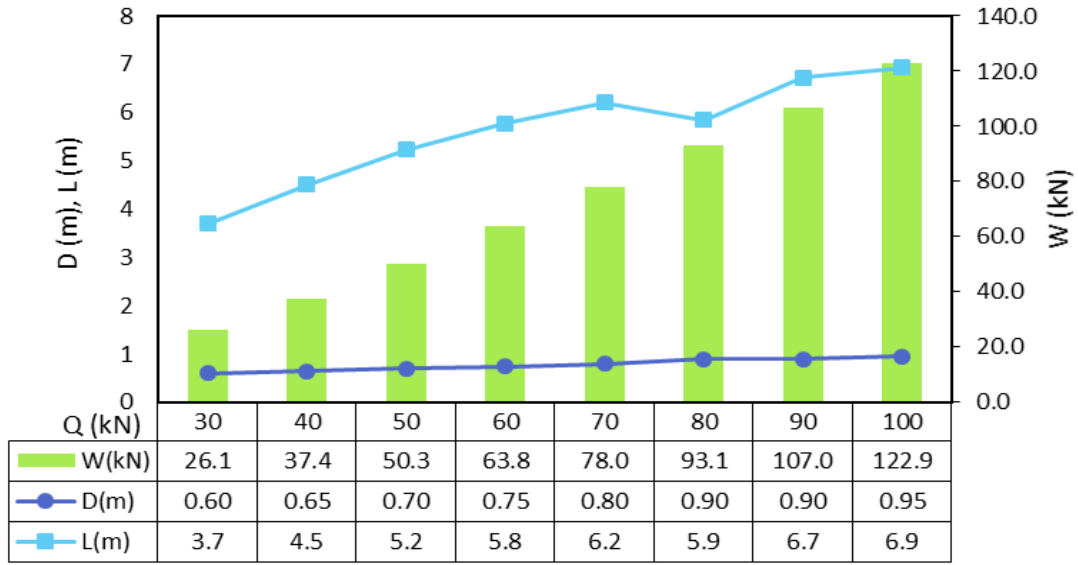
Geliştirilen tasarım grafiklerinin doğrulama analizleri sonucu elde edilen rölatif hata grafiği incelendiği zaman elde edilen rölatif hataların %10' dan küçük olduğu ve ortalama mutlak rölatif hatanın %3 olduğu görülmüştür. Bu sonuç yatay yüklü tekil kazık tasarımında önerilen tasarım grafiklerinin etkili ve güvenli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Tasarım grafiklerinde Q eğrilerinin lineer davranış gösterdiği L noktası ve sonra ki L değerlerinde rölatif hata değerlerinin arttığı görülmüştür.

7.2.3. Yatay yüklü tekil kazıkların optimum tasarımı

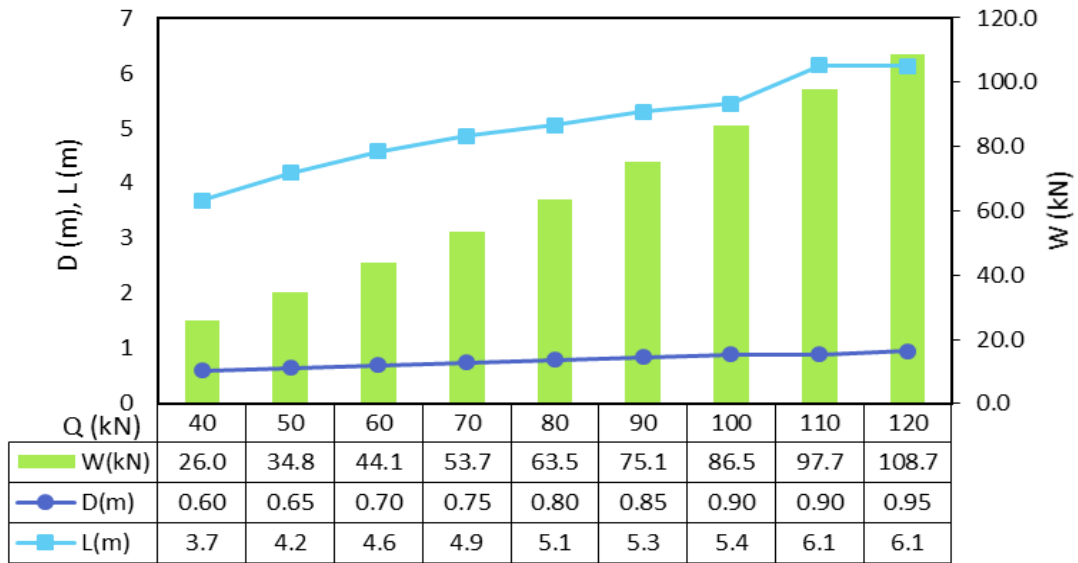
Yatay yüklü tekil kazıkların yapısal tasarımında etkiyen yatay yüke göre uygun kazık çapının ve kazık uzunluğunun belirlenmesinde kazık ağırlığı etkili olmaktadır. Kazık uzunluğuna bağlı olarak geliştirilen yatay yük, matematik modeller kullanılarak farklı kazık çapı değerleri ($D= 0.60, 0.65, 0.70, 0.75, 0.80, 0.85, 0.90, 0.95$ ve 1.00 m) için kazık uzunlukları ($L=3-15$ m) elde edilmiştir. Zemin durumları orta sıkı kum ($N_{60}=20$) ve sıkı kum ($N_{60}=40$) olan iki farklı zeminde yatay yüklü tekil kazık üst ucunun yatayda $\delta=10, 25$ ve 50 mm' lik deplasman yapmaları durumunda, belirli tasarım yatay yük değeri için optimum tasarımın belirlenmesinde tüm tasarım kombinasyonlarını kapsayacak şekilde kazık ağırlıkları hesaplanmıştır. Farklı kazık çapı

ve kazık uzunluğuna sahip kazıkların hesaplanan kazık ağırlıkları arasından minimum değere sahip olan tasarımlar için grafikler oluşturulmuştur.

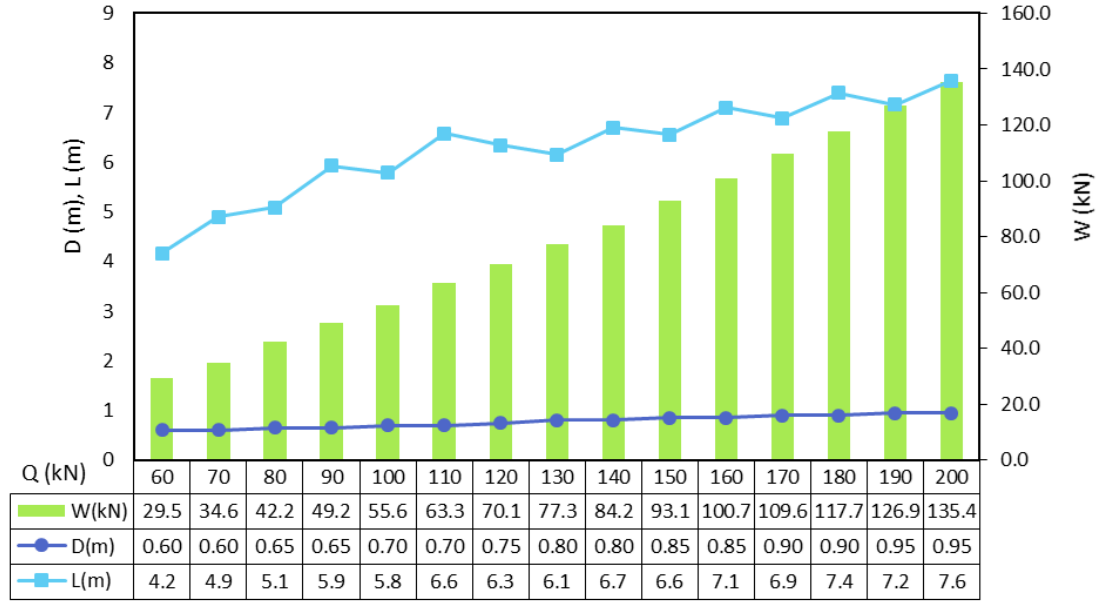
Minimum ağırlığa sahip yatay yüklü tekil kazık tasarımları yatay yük, kazık uzunluğu ve kazık çapı ile birlikte $\delta=10$ mm $N_{60}=20$ için Şekil 7.14, $\delta=10$ mm $N_{60}=40$ için Şekil 7.15, $\delta=25$ mm $N_{60}=20$ için Şekil 7.16, $\delta=25$ mm $N_{60}=40$ için Şekil 7.17, $\delta=50$ mm $N_{60}=20$ için Şekil 7.18 ve $\delta=50$ mm $N_{60}=40$ için Şekil 7.19’da verilmiştir.



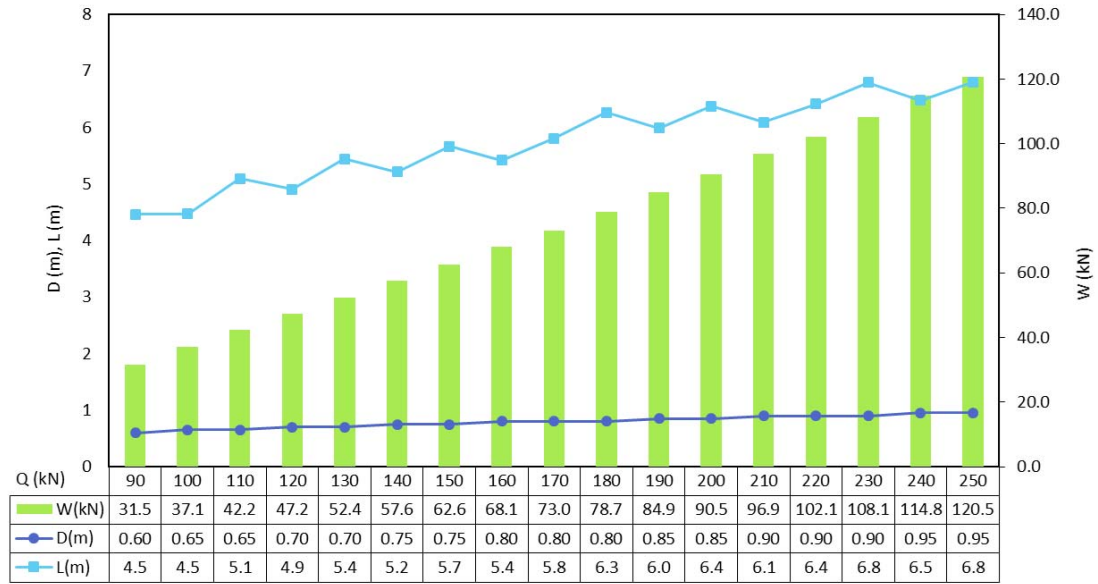
Şekil 7.14. Yatay yüklü tekil kazık optimum tasarım grafiği, $N_{60}=20$, $\delta=10$ mm



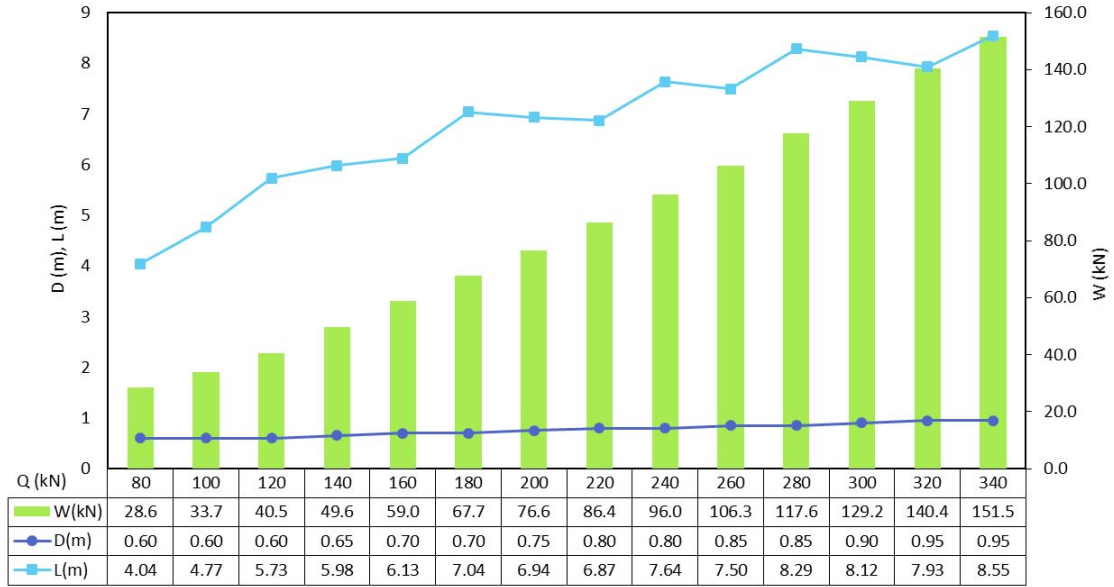
Şekil 7.15. Yatay yüklü tekil kazık optimum tasarım grafiği, $N_{60}=40$, $\delta=10$ mm



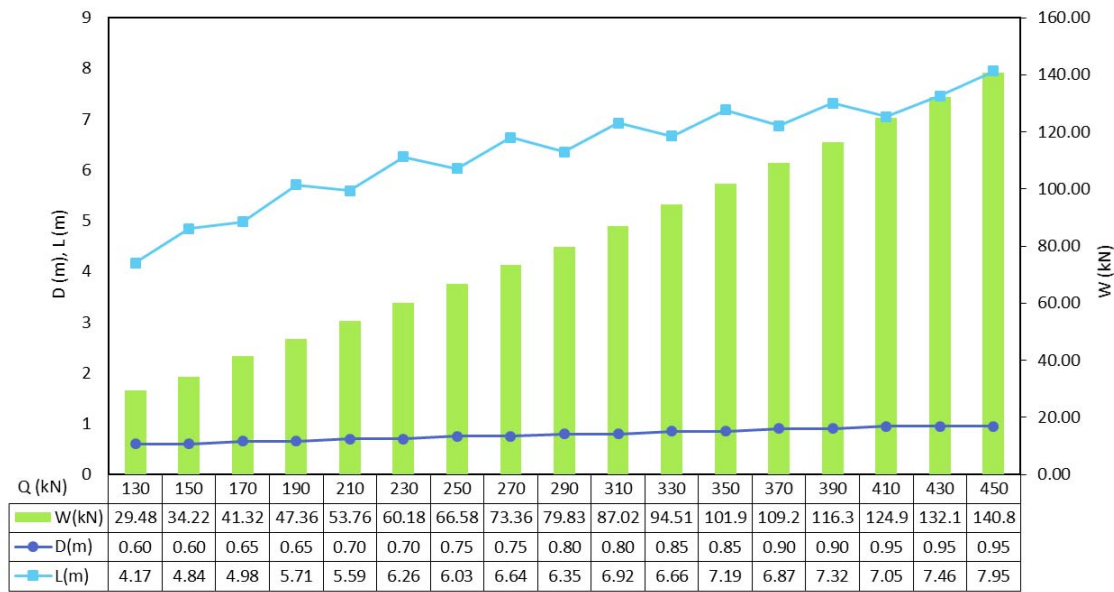
Şekil 7.16. Yatay yüklü tekil kazık optimum tasarım grafiği, $N_{60}=20$, $\delta=25\text{mm}$



Şekil 7.17. Yatay yüklü tekil kazık optimum tasarım grafiği, $N_{60}=40$, $\delta=25\text{mm}$



Şekil 7.18 Yatay yüklü tekil kazık optimum tasarım grafiği, $N_{60}=20$, $\delta=50\text{mm}$



Şekil 7.19. Yatay yüklü tekil kazık optimum tasarım grafiği, $N_{60}=40$, $\delta=50\text{mm}$

Şekil 7.14.-7.19. arasında verilen optimum tasarım grafikleri incelendiği zaman genellikle en küçük kazık çapına sahip tasarımın minimum kazık ağırlığına sahip olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, yatay yüklü tekil kazık tasarımında daha büyük kazık çapının ve daha küçük kazık uzunluğu ile optimum kazık ağırlıkları elde edilmiştir.

25 mm'lik yatay deplasmana izin verilen orta sıkı kum ($N_{60} = 40$) zemin ve $Q=120$ kN yatay yüke göre tasarım grafiklerinin kullanılması için örnek vermek gerekirse;

$D=0.65$ m ve $L=6.2$ m için $W=51.43$ kN

$D=0.70$ m ve $L=4.9$ m için $W=47.14$ kN

$D=0.75$ m ve $L=4.5$ m için $W=49.70$ kN

$D=0.80$ m ve $L=4.2$ m için $W=52.78$ kN

$D=0.85$ m ve $L=4.0$ m için $W=56.75$ kN

$D=0.90$ m ve $L=3.9$ m için $W=62.03$ kN

$D=0.95$ m ve $L=3.8$ m için $W=67.34$ kN

$D=1.00$ m ve $L=3.6$ m için $W=70.69$ kN

tasarımlarında hesaplanan kazık ağırlıklarından optimum olanı $D=0.70$ m ve $L=4.9$ m tasarımıdır. Önerilen tasarımlardan hangisinin seçileceği kazık ağırlığı ile birlikte tasarım yapılacak zeminin tabakalanma durumu, yeraltı suyu durumu ve taşıyıcı tabakanın konumu, zemin özellikleri, inşa alanı ve maliyet gibi durumlarda önemlidir.

7.3. Yatay Yüklü Kazık Grubu Tasarımı

Yatay yüklü kazık grubu tasarımında Zarzour (2019) tarafından yapılan yüksek lisans tezinde verilen 6' lı yatay yüklü kazık grubu verileri ve analiz sonuçları kullanılmıştır. Bu kapsamda 6' lı yatay yüklü kazık grubu için Taguchi metodu kullanılarak elde edilen matematik model ve tasarım parametreleri kullanılmıştır. Belirli yatay deplasman (δ) ve standart penetrasyon sayısı değerleri için 6' lı kazık grubunun taşıyacağı yatay yükü veren matematik model kullanılarak optimizasyon çalışması yapılmıştır.

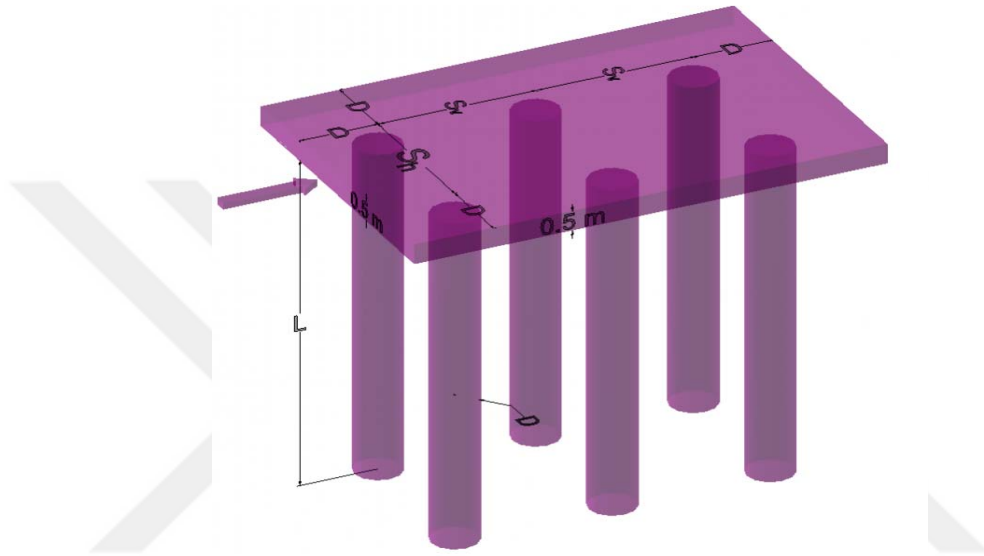
7.3.1. Yatay yük için geliştirilen matematik modeller

6' lı kazık grubunun taşıyacağı yatay yükün belirlenmesi için geliştirilen matematik modelin geliştirilmesinde her biri dört seviyeye sahip beş parametre dikkate alınmıştır. Tasarım parametreleri olarak kazık çapı (D), kazık uzunluğu (L), kazıklar arası yatay mesafe (s_h), standart penetrasyon sayısı (N_{60}) ve kazıklar arası düşey mesafe (s_v) dikkate alınmıştır. Tasarım parametreleri ve seviyeleri Çizelge 7.10' da verilmiştir.

Çizelge 7.10. Yatay yüklü tekil kazık tasarım parametreleri (Zarzour, 2019)

Parametre Seviyeleri	Parametreler ve değerleri				
	D (m)	L (m)	S _h (m)	N ₆₀ (darbe)	S _v (m)
1.seviye	0.50	3	2D	10	2D
2.seviye	0.75	6	3D	20	3D
3.seviye	1.00	10	4D	30	4D
4.seviye	1.50	15	5D	40	5D

6' lı kazık grubu tasarımına ait modelin tasarım parametreleri ile birlikte gösterimi Şekil 7.20' de verilmiştir.

**Şekil 7.20.** Altı kazık grubu modelinin düzeni (Zarzour, 2019)

6 adet kazığı birbirine bağlayan 50 cm' lik rijit radyenin $\delta=10, 25$ ve 50 mm' lik yatay deplasmanı için geliştirilen matematik modeller sırasıyla Eşitlik 7.4, Eşitlik 7.5 ve Eşitlik 7.6 ile verilmiştir. Geliştirilen matematik modellerin determinasyon katsayıları (R^2) 0.95 olarak elde edilmiştir (Zarzour, 2019).

$$\lambda_{10}=11.6 \times \ln(D) + 1.8 \times \ln(L) + 2.9 \times \ln(s_h) + 3.5 \times \ln(N_{60}) + 4.4 \times \ln(s_v) + 39.7 \quad (7.4)$$

$$\lambda_{25}=13.4 \times \ln(D) + 3.1 \times \ln(L) + 3.3 \times \ln(s_h) + 3.5 \times \ln(N_{60}) + 5.1 \times \ln(s_v) + 40.9 \quad (7.5)$$

$$\lambda_{50}=13.5 \times \ln(D) + 4.4 \times \ln(L) + 3.4 \times \ln(s_h) + 3.6 \times \ln(N_{60}) + 5.8 \times \ln(s_v) + 40.5 \quad (7.6)$$

Eşitlik 7.4-7.6 ile hesaplanan belirli λ değerleri kullanılarak yatay yük değeri Eşitlik 7.7 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$Q = \sqrt{\frac{1}{10^{-3/10}}} \quad (7.7)$$

Yatayda belli yatay deplasman değerine göre kazık grubunun taşıyacağı yatay yük Eşitlik 7.7 ile hesaplanmıştır.

7.3.2. Matematik modellerin doğrulama analizleri

Yatay yüklü kazık grubunun yatay yükünün belirlenmesi için kullanılan matematik modellerin güvenilirliğini incelemek ve doğruluğunu yapmak için rastgele seçilen D, L, s_h , N_{60} , ve s_v tasarım parametre değerleri Çizelge 7.11’ de verilmiştir. Verilen tasarımlar için Plaxis 3D analizleri tekrarlanmış ve elde edilen yatay yük değerleri (Q_{analiz}) ve matematik modeller kullanılarak hesaplanan yatay yük değerleri (Q_{model}) Çizelge 7.12’ de verilmiştir.

Çizelge 7.11 Doğrulama analizleri için seçilen parametre değerleri (Zarzour, 2019)

Analiz No.	D (m)	L(m)	s_h (D)	N_{60} (Darbe)	s_v (D)
1	0.5	3	2.3D	22	3.6D
2	0.6	4	2.2D	12	3D
3	0.7	5	3D	14	5D
4	0.8	6	2.5D	22	2.8D
5	0.9	7	3.5D	24	3.5D
6	1	8	3D	26	4.7D
7	0.8	9	4.5D	32	5D
8	0.6	10	2D	36	3D
9	0.5	11	4D	15	4.8D
10	0.7	12	5D	18	2.5D
11	0.9	13	4.7D	33	2.3D
12	1	14	3D	21	4.2D
13	0.7	15	2.5D	26	2.1D
14	0.8	8	3.5D	16	3.2D
15	0.9	10	3D	12	4.1D
16	1.2	8	4.5D	32	2.3D
17	0.6	8	2D	24	4.4D
18	0.5	12	4D	18	3.6D
19	0.7	14	5D	38	4.5D
20	0.9	7	4.2D	15	3D
21	0.5	4	3D	25	3.2D
22	0.8	9	2.5D	35	4.2D
23	0.6	8	3.5D	19	4D
24	1	6	3D	37	2.7D
25	0.7	7	5D	23	3D

Çizelge 7.12. Rastgele seçilen farklı durumlar için kazıkların yatay yük değerleri (Zarzour, 2019)

δ=10 mm				δ=25 mm			δ= 50mm				
Analiz No.	Q _{analiz} (kN)	Q _{model} (kN)	Rölatif hata (%)	Q _{analiz} (kN)	Q _{model} (kN)	Rölatif hata (%)	Q _{analiz} (kN)	Q _{model} (kN)	Rölatif hata (%)		
1	382.5	416.5	8.9	508.7	610.4	20.0	573.6	727.3	26.8		
2	415.9	396.6	4.6	613.3	610.7	0.4	721.8	756.0	4.7		
3	857.5	781.9	8.8	1422.0	1340.1	5.8	1808.3	1821.0	0.7		
4	858.2	814.6	5.1	1440.6	1382.1	4.1	1899.6	1874.0	1.4		
5	1309.9	1278.5	2.4	2352.6	2326.2	1.1	3280.9	3340.0	1.8		
6	1711.6	1725.5	0.8	3209.4	3302.9	2.9	4738.8	4988.2	5.3		
7	1652.9	1686.4	2.0	3105.3	3264.2	5.1	4699.7	4982.9	6.0		
8	829.3	723.1	12.8	1558.3	1272.3	18.4	2282.1	1826.7	20.0		
9	657.1	651.1	0.9	1183.0	1213.8	2.6	1757.5	1803.6	2.6		
10	910.2	863.2	5.2	1703.7	1629.0	4.4	2539.3	2420.9	4.7		
11	1526.8	1471.2	3.6	2966.6	2873.9	3.1	4665.7	4422.0	5.2		
12	1620.4	1678.5	3.6	3199.8	3462.2	8.2	5086.3	5623.4	10.6		
13	847.5	760.9	10.2	1631.1	1422.6	12.8	2575.2	2142.2	16.8		
14	971.4	911.0	6.2	1778.7	1654.1	7.0	2495.2	2369.5	5.0		
15	1142.1	1072.2	6.1	2224.0	2070.9	6.9	3352.5	3141.5	6.3		
16	1896.4	1901.7	0.3	3545.4	3576.2	0.9	5119.4	5248.8	2.5		
17	804.8	713.2	11.4	1433.2	1251.6	12.7	1998.1	1781.0	10.9		
18	626.0	616.0	1.6	1143.1	1136.6	0.6	1714.2	1677.5	2.1		
19	1517.6	1626.4	7.2	2897.2	3293.4	13.7	4629.1	5282.5	14.1		
20	1072.1	1039.1	3.1	1935.4	1881.5	2.8	2624.0	2663.4	1.5		
21	460.5	479.0	4.0	675.3	733.9	8.7	813.0	910.0	11.9		
22	1399.5	1314.3	6.1	2622.1	2448.2	6.6	3874.4	3657.0	5.6		
23	794.2	745.2	6.2	1423.4	1328.3	6.7	1976.9	1888.5	4.5		
24	1448.0	1411.6	2.5	2548.9	2475.1	2.9	3497.1	3446.7	1.4		
25	981.9	935.3	4.7	1699.6	1652.5	2.8	2288.9	2303.5	0.6		
Ortalama Mutlak hata			5.1	Ortalama Mutlak hata			6.4	Ortalama Mutlak hata			6.9

Çizelge 7.12’ de farklı yatay deplasman değerleri için verilen ortalama mutlak rölatif hata değerleri incelendiği zaman yaklaşık %6’ lık rölatif hatanın istatistiksel olarak geliştirilen matematik modellerin kazık grubu yatay yük hesabında kullanılabileceği görülmüştür.

7.3.3. Yatay yüklü tekil kazıkların optimum tasarımı

Eşitlik 7.4-7.7 ile verilen matematik modellerin tanımlı olduğu alt ve üst limitler dikkate alınarak yatay yüklü kazık grubunun optimizasyonunda kullanılan tasarım değişkenleri artım miktarları ile birlikte Çizelge 7.13’ te verilmiştir.

Çizelge 7.13. Tasarım değişkenleri ve alt-üst sınırları

Tasarım Değişkenleri	Alt Sınır	Üst Sınır	Artım Miktarı
D: Kazık çapı (m)	0.50	1.5	0.05
L: Kazık uzunluğu (m)	3	$0.60 X_1$	$0.05 X_1$
s_h : Kazıklar arası yatay mesafe	2 D	5 D	0.25 D
s_v : kazıklar arası düşey mesafe	2 D	5 D	0.25 D

Kazık grubunun yatay yükünün belirlenmesi için geliştirilen matematik modellerde 10, 20, 30, 40 değerlerinde değişken olarak alınan N_{60} tüm optimizasyon analizlerinde her yatay deplasman (δ) için sabit alınmıştır. Optimizasyon analizlerinde 4 farklı zemin durumu ($N_{60}=10, 20, 30, 40$) ve 3 farklı yatay deplasman ($\delta=10, 25, 50$ mm) değerleri için 12 farklı durum göz önünde bulundurulmuştur.

Çizelge 7.13’ te verilen tasarım değişkenlerinin 25x4’lük matris formatında oluşturulan tasarım uzayı Çizelge 7.14’ te verilmiştir.

Yatay yüklü kazık grubunun optimum tasarımında matematik model kullanılarak belirli yatay deplasman ve standart penetrasyon sayısına göre hesaplanan yatay yük değerinin maksimum ve minimum yatay yük değerleri arasında olması gerekmektedir. Bu sebeple, maksimum ve minimum yatay yük değerleri sınırlayıcı olarak dikkate alınmıştır. Belirli yatay deplasmanlar için maksimum ve minimum yatay yük değerleri Taguchi metodu ile tahmin edilmiş ve elde edilen yük değerleri Çizelge 7.15’ te verilmiştir.

Çizelge 7.14. Optimizasyon analizlerinde kullanılan tasarım uzayı

Sıra No	D (m)	L (m)	s_h (D)	s_v (D)
1	0.50	3.00	2.00	2.00
2	0.55	3.50	2.25	2.25
3	0.60	4.00	2.50	2.50
4	0.65	4.50	2.75	2.75
5	0.70	5.00	3.00	3.00
6	0.75	5.50	3.25	3.25
7	0.80	6.00	3.50	3.50
8	0.85	6.50	3.75	3.75
9	0.90	7.00	4.00	4.00
10	0.95	7.50	4.25	4.25
11	1.00	8.00	4.50	4.50
12	1.05	8.50	4.75	4.75
13	1.10	9.00	5	5
14	1.15	9.50	0	0
15	1.20	10.00	0	0
16	1.25	10.50	0	0
17	1.30	11.00	0	0
18	1.35	11.50	0	0
19	1.40	12.00	0	0
20	1.45	12.50	0	0
21	1.50	13.00	0	0
22	0.00	13.50	0	0
23	0.00	14.00	0	0
24	0.00	14.50	0	0
25	0.00	15.00	0	0

Çizelge 7.15. Farklı yatay deplasman değerleri için maksimum-minimum yatay yük değerleri

δ (mm)	Q_{maks} (kN)	Q_{min} (kN)
10	4585.6	194.2
25	8957.1	261.6
50	19294.6	322.9

Yatay yüklü kazık grubunun optimum tasarımında tanımlı yatay yükü taşıyabilecek kazık tasarımının elde edilmesi için tasarım kazık yükü (Q_t) sınırlayıcı olarak alınmıştır. Optimizasyon analizlerinde kullanılan tüm sınırlayıcıların normalize edilmiş matematiksel ifadeleri Çizelge 7.16’ da verilmiştir.

Çizelge 7.16. Optimizasyon analizlerinde kullanılan normalize edilmiş sınırlayıcılar

Minimum yatay yük sınırlayıcı	$g(1) = 1 - (Q_{\text{tasarım}} / Q_{\text{min}}) \leq 0$
Maksimum yatay yük sınırlayıcı	$g(2) = 1 - (Q_{\text{tasarım}} / Q_{\text{max}}) \leq 0$
Tasarım yatay yük sınırlayıcı	$g(3) = Q_{\text{tasarım}} - Q \leq 0$

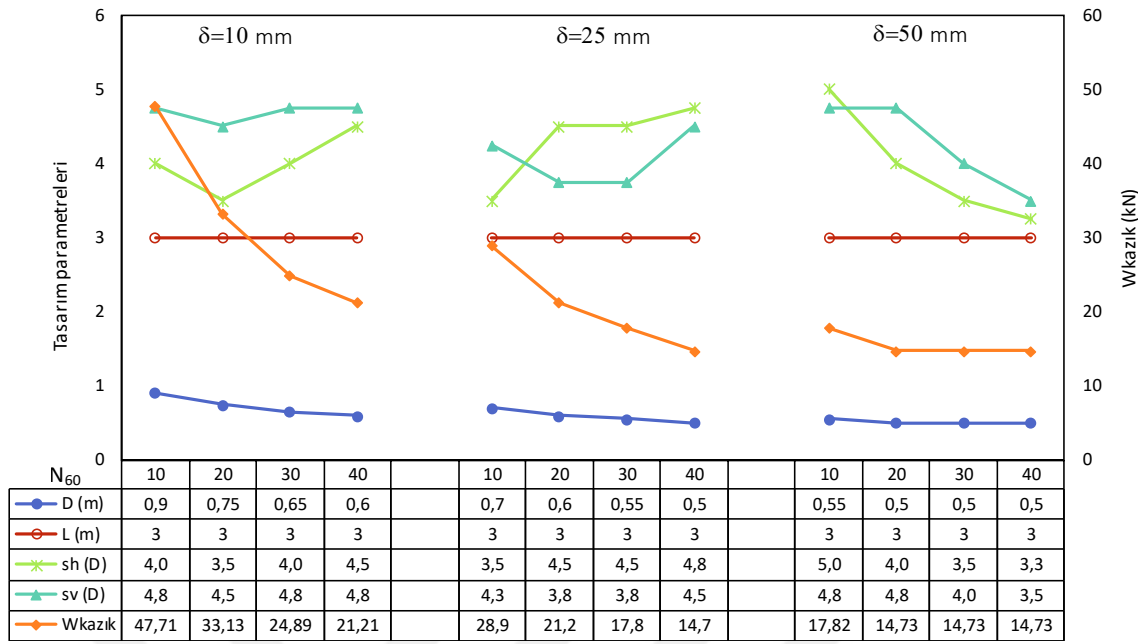
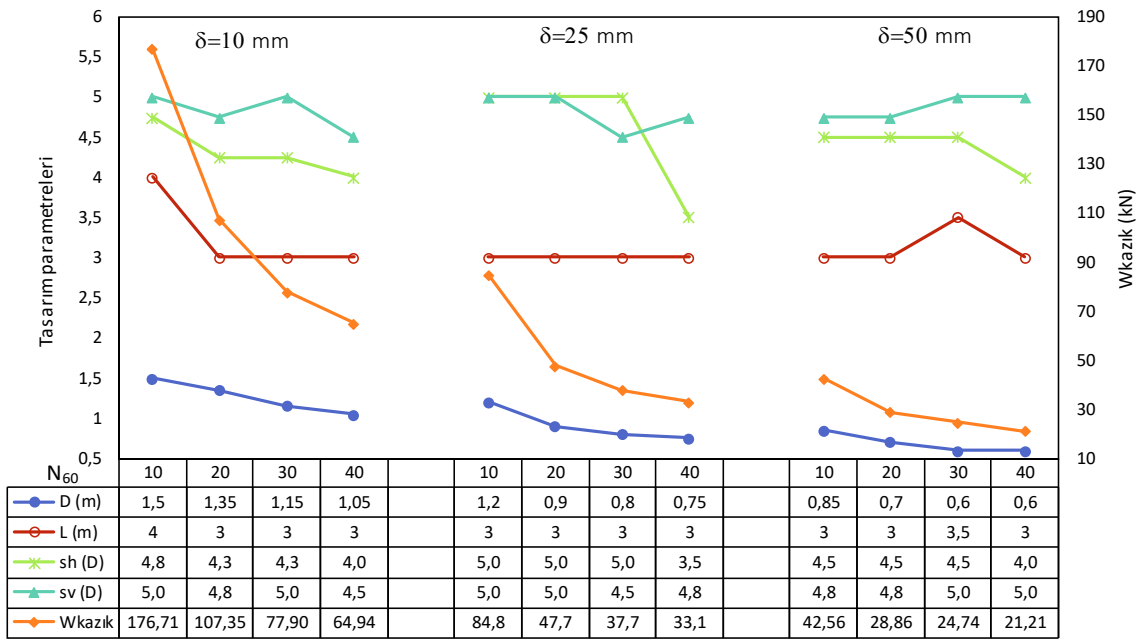
$Q_{\text{tasarım}}$ yatay yük için belirlenen bir değer olarak verilmiştir ve Q değeri Eşitlik 7.4-7.7 ile verilen matematiksel ifadeler kullanılarak hesaplanmaktadır. Sınırlayıcıların kontrolünde Bölüm 5’ te detayları verilen “Deb’s Rule” kullanılmıştır.

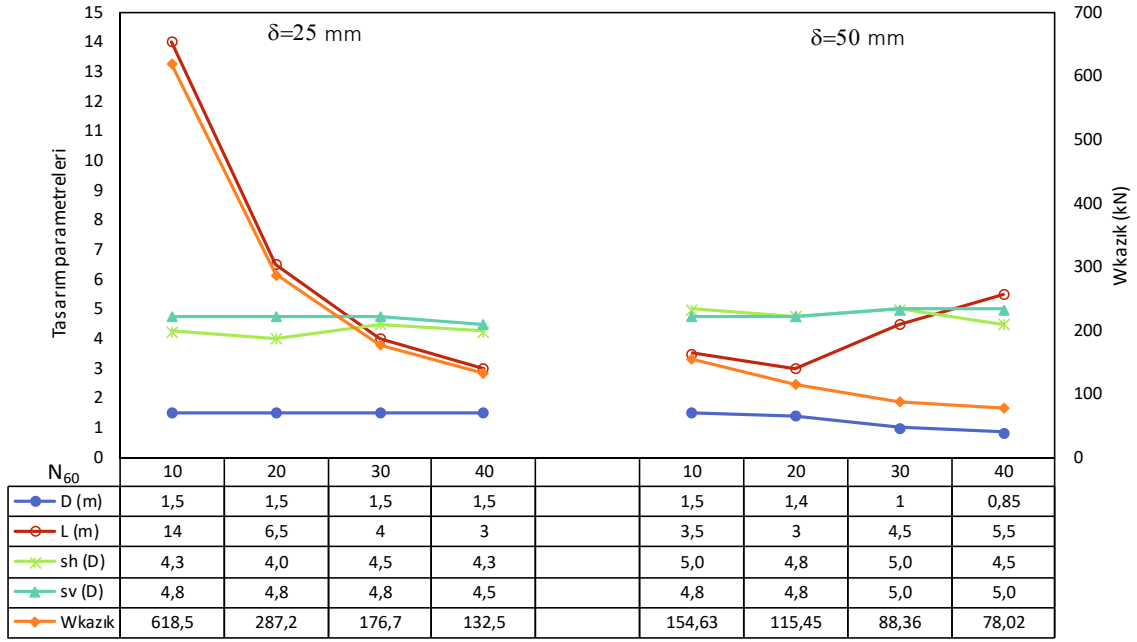
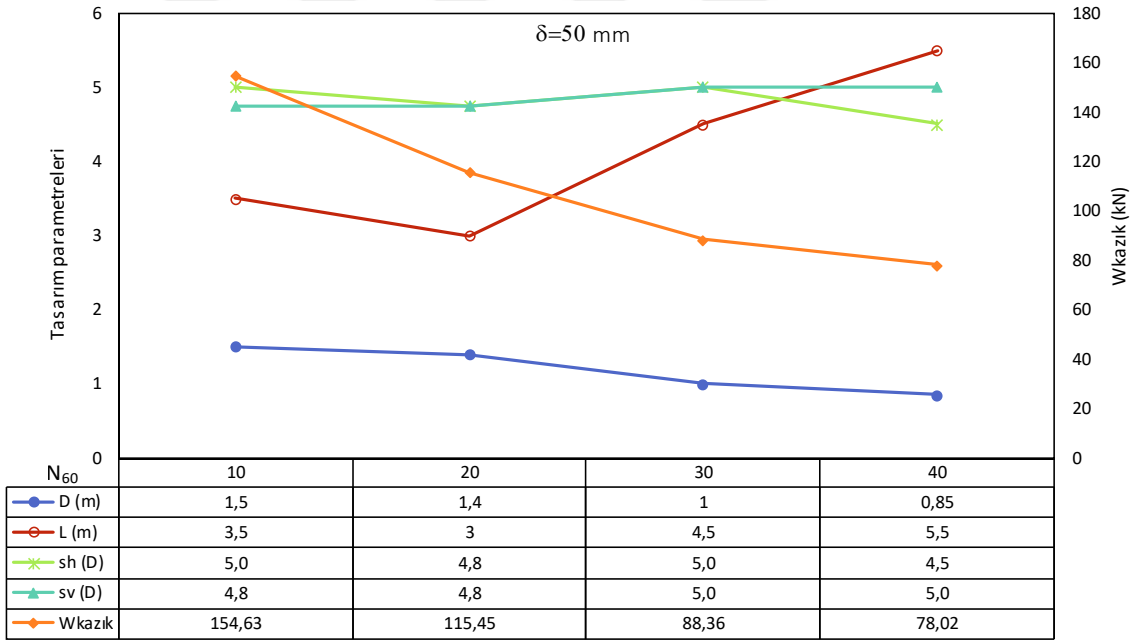
Optimizasyon analizinde yatay yüklü kazık grubunun beton ağırlığı amaç fonksiyonu olarak alınmıştır (Eşitlik 7.8).

$$W_{\text{kazık}} = \frac{\pi x D^2}{4} \times L \times N_{\text{kazık}} \times \gamma_{\text{beton}} \quad (7.8)$$

Yatay yüklü kazık grubunun optimizasyon analizleri harmoni arama algoritması (HAA) kullanılarak yapılmıştır. HAA için Bölüm 5’ te verilen Çizelge 5.7’ de ki algoritma parametreleri dikkate alınmıştır. Kazık çapı (D), kazık uzunluğu (L), kazıklar arası yatay mesafe (s_h) ve kazıklar arası düşey mesafe (s_v) tasarım parametrelerinin farklı δ ve N_{60} değerleri için minimum kazık ağırlıkları bulunmuştur. Optimizasyon analizlerinde farklı δ ve N_{60} değerleri için elde edilen optimum kazık tasarımları $Q_t=1000$ kN için Şekil 7.21’ de, $Q_t=2000$ kN için Şekil 7.22’ de, $Q_t=5000$ kN için Şekil 7.23’ te ve $Q_t=10000$ kN için Şekil 7.24’ te verilmiştir.

Optimum tasarımların verildiği şekiller incelendiği zaman 1000 kN ve 2000 kN’ luk yatay kazık yüklerini taşıyan optimum tasarımların tüm deplasmanlar için elde edildiği görülmüştür. $Q_t=5000$ kN için sadece $\delta=25$ mm ve 50 mm’ lik deplasmanlarda optimum tasarım elde edilirken, $Q_t=10000$ kN için sadece $\delta=50$ mm’ lik deplasmanda optimum tasarım elde edilmiştir. Aynı deplasman değerinde N_{60} değeri arttıkça daha az kazık ağırlığı elde edilmiştir. Deplasman değeri arttıkça kazık grubunun yatayda taşıyacağı yük artmaktadır. 5000 kN’ luk yatay yük dışında tüm deplasman değerleri için kazık çapı artan N_{60} ile birlikte azalma göstermektedir. Yatay yükün 1000 kN olduğu analizlerde farklı deplasman değerlerinde aynı kazık uzunluğu (3 m) elde edilirken, 2000 kN, 5000 kN ve 10000 kN için farklı kazık uzunluğu değerlerine sahip tasarımlar elde edilmiştir. Farklı yatay deplasman ve N_{60} durumlarında elde edilen kazıklar arası yatay ve düşey mesafe değerleri değişkenlik göstermektedir.

Şekil 7.21. $Q_t=1000$ kN için optimum kazık tasarımlarıŞekil 7.22. $Q_t=2000$ kN için optimum kazık tasarımları

Şekil 7.23. $Q_r=5000$ kN için optimum kazık tasarımlarıŞekil 7.24. $Q_i=10000$ kN için optimum kazık tasarımları

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Sonuçlar

8.1.1. Konsol, eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarları için sonuçlar

Bu tez çalışmasında konsol, eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının optimum tasarımları, dayanma duvar tasarım parametrelerinin kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarına etkileri istatistiksel olarak araştırılmış ve güvenlik sayılarının belirlenmesi için matematik modeller geliştirilmiştir.

Konsol dayanma duvarı tasarımlarında temel taban genişliği, ön çıkma mesafesi, temel kalınlığı, duvar ön yüz eğimi ve içsel sürtünme açısı tasarım parametresi olarak seçilmiştir. Eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarı tasarımlarında duvar ön yüz eğimi %2 olarak sabit kabul edilmiş ve konsol dayanma duvarı diğer dört tasarım parametresine ilave beşinci tasarım parametresi olarak eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı için duvar taban eğimi ve dişli konsol dayanma duvarı için dış yüksekliği dikkate alınmıştır.

Konsol, eğik taban yüzlü ve dişli konsol dayanma duvarları için yapılan numerik, istatistik ve optimizasyon analizlerinin sonuçları maddeler halinde aşağıda verilmiştir;

-Konsol dayanma duvar yüksekliği (H) 4 m, 6 m ve 8 m olarak yapılan varyans analizlerinde kayma ve toptan göçme güvenlik sayıları için en etkili parametre içsel sürtünme açısı olarak elde edilirken, devrilme güvenlik sayısı için en etkili parametre temel taban genişliği olarak elde olmuştur. Tüm duvar yükseklikleri için en az etkili parametre duvar ön yüzü olarak elde edilmiştir.

-H=4, 6, 8 m için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını belirleyen istatistiksel tabanlı matematik modeller geliştirilmiş ve güvenlik sayıları için geliştirilen bu matematik modeller her bir tasarım parametresinin değişim aralığında incelenmiştir. Farklı duvar yüksekliği değerlerinde yaklaşık olarak aynı kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları elde edilmiştir.

-Konsol dayanma duvar tasarımının kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesinde her biri 4 seviyeye sahip 5 tasarım parametresinin seviyeleri dikkate alındığında tüm kombinasyonları içeren 1024 duvar tasarımı yapılmış ve

doğrulukları incelenmiştir. 1024 duvar tasarımına ait kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları GEO5 yazılımı ve $H=6\text{m}$ için geliştirilen matematik modeller kullanılarak elde edilmiştir. Her iki duruma göre duvar yüksekliği 4, 6 ve 8 m için elde edilen güvenlik sayılarının ortalama mutlak rölatif hata değerleri aynı olup

-Tasarım parametre değerleri parametre seviyelerinden farklı olacak şekilde 25 duvar tasarımı oluşturulmuş ve bu tasarımların güvenlik sayıları GEO5 programında yapılan numerik analizlerle ve matematik modellerle belirlenmiştir. Elde edilen güvenlik sayıları için hesaplanan ortalama mutlak ve mutlak maksimum hata değerleri yaklaşık %10 olarak bulunmuştur.

-Sonuç olarak $H=6\text{ m}$ için geliştirilen matematik modellerin duvar yüksekliği 4 m ile 8 m arasında değişen konsol dayanma duvarlarında da kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bu sebeple konsol, eğik taban yüzölçümü ve dişli konsol dayanma duvarlarının optimizasyon analizlerinde sadece $H=6\text{ m}$ için geliştirilen matematik modeller kullanılmıştır.

-Eğik taban yüzölçümü konsol dayanma duvar yüksekliğinin 6 m olduğu durum için yapılan varyans analizlerinde kayma ve toptan göçme güvenlik sayıları üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olurken, devrilme güvenlik sayısı üzerinde en etkili parametre temel taban genişliği olmuştur. Analiz sonuçlarına göre kayma ve devrilme güvenlik sayıları için etkisi en az parametre temel kalınlığı olarak elde edilirken toptan göçme güvenlik sayısı üzerinde etkisi en az parametre ön çıkma mesafesi olmuştur.

-Eğik taban yüzölçümü konsol dayanma duvar tasarımında $H=6\text{ m}$ için geliştirilen matematik modeller duvar yüksekliği 4-8 m aralığında olan tasarımlarda da kullanılmıştır. Tasarım parametrelerinin seviye değerlerini içeren 1024 duvar tasarımının ve tasarım parametre seviyelerinden farklı olarak rastgele seçilmiş 25 duvar tasarımının matematik model doğrulama analizleri yapılarak kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayıları için ortalama mutlak ve mutlak maksimum rölatif hata değerlerinin %2 ile %10 arasında değiştiği tespit edilmiştir.

-Dişli konsol dayanma duvarı tasarımında 6 m duvar yüksekliği için yapılan varyans analizlerinde kayma ve toptan göçme güvenlik sayıları üzerinde en etkili parametre içsel sürtünme açısı olmuştur, devrilme güvenlik sayısı için ise en etkili parametre temel taban genişliği olarak elde edilmiştir. Diş yüksekliği kayma ve toptan güvenlik sayısında etkisi en az parametre olurken, temel kalınlığı devrilme güvenlik sayısında etkisi en az parametre olmuştur.

-Eğik taban yüzölçü konsol dayanma duvar tasarımına benzer olarak 6 m duvar yüksekliği için geliştirilen matematik model duvar yüksekliği 4 m ile 8 m arasında değişen dişli konsol dayanma duvar tasarımları için de kullanılmıştır. Dişli konsol dayanma duvarının tasarım parametre değerlerinin tüm kombinasyonlarını içeren 1024 duvar tasarımı ve tasarım parametre seviyelerinden farklı olacak şekilde rastgele seçilmiş 25 duvar tasarımı için matematik modellerle ve numerik analizlerle güvenlik sayıları belirlenmiştir. Elde edilen doğrulama analizleri sonuçlarına göre kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının ortalama mutlak rölatif hata değerleri 1024 duvar tasarım verisi için %2 ile %8 arasında elde edilirken, 25 duvar tasarım verisi için %2 ile %5 arasında elde edilmiştir. 25 duvar tasarım verisinin maksimum mutlak rölatif hata değeri kayma güvenlik sayısı için %16, devrilme güvenlik sayısı için %6 ve toptan göçme güvenli sayısı için %6 olarak elde edilmiştir.

-Sonuç olarak konsol, eğik taban yüzölçü ve dişli konsol dayanma duvar tasarımlarında deneme-yanılma yöntemi yerine kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının belirlenmesi için geliştirilen matematik modellerin yaklaşık %10 rölatif hata ile kısa zamanda sonuç vermesi sebebiyle güvenli bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

-Konsol, eğik taban yüzölçü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının minimum kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarını veren optimum tasarımlarının belirlenmesinde harmoni arama algoritması (HAA) ve yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) kullanılmıştır.

-Optimizasyon analizleri 12 farklı içsel sürtünme açısı ($\phi=20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42^\circ$) sabit alınarak her biri 5 farklı duvar yüksekliği ($H=4, 5, 6, 7, 8$ m) için 60 farklı zemin ve tasarım durumunda toplam 5000 iterasyon içinde 500 defa tekrarlanmıştır. Her bir tasarım durumu için tekrarlayan deneme ve iterasyonlarla daha küçük minimum değerlerin elde edilemediği optimum tasarımlar elde edilmiştir.

-Amaç fonksiyonu olarak, güvenlik sayılarının geliştirilen matematik modelleri kullanılmış ve konsol, eğik taban yüzölçü konsol ve dişli konsol dayanma duvarının optimizasyon analizlerinde çözüm değerlerinin araştırıldığı tasarım uzayları oluşturulmuştur. Tasarım uzayının oluşturulmasında matematik modellerin tanımlı olduğu tasarım değişkenlerinin alt ve üst limitleri dikkate alınmış ve alt limitten belli bir artım miktarı ile üst limite ulaşan ayırık tasarım değişkenlerinin oluşturduğu değerler kümesi kullanılmıştır.

-HAA ve YAKA' nın optimum tasarımları olan minimum amaç fonksiyon değerleri tüm konsol dayanma duvar tipleri ve tasarım durumları için karşılaştırıldığında her iki algoritma için de aynı minimum amaç fonksiyonu değerleri elde edilmiştir.

-HAA ve YAKA kullanılarak elde edilen tüm konsol, eğik taban yüzölçüm konsol ve dişli konsol dayanma duvar tasarımları çözüm sayıları açısından karşılaştırıldığında HAA ile daha fazla stabilite koşullarını sağlayan tasarım elde edilirken, YAKA ile elde edilen çözümlerin amaç fonksiyonuna daha yakın olduğu görülmüştür.

-Konsol, eğik taban yüzölçüm konsol ve dişli konsol dayanma duvarları optimizasyon analizlerinde geliştirilen güvenlik sayıları sınırlayıcı olarak kullanılmıştır. Stabilite koşulları sağlanmış duvar tasarımının elde edilmesi amacıyla güvenlik sayıları sınırlayıcılarının alt limiti 1.3 olarak alınırken ekonomik tasarımın elde edilmesi amacıyla güvenlik sayıları sınırlayıcılarının üst limiti de 3.0 olarak seçilmiştir.

-Bu koşula göre konsol dayanma duvarı tasarımlarında içsel sürtünme açısının (ϕ) 20° ve 22° olduğu analizlerde kayma ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilmezken, $\phi \geq 24^\circ$ için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilmiştir. $\phi = 20, 22, 24, 26, 28^\circ$ değerlerinde devrilme güvenlik sayılarının 3.0'dan küçük olduğu tasarımlar elde edilemezken, $\phi \geq 30^\circ$ için güvenlik sayılarının 3.0'dan küçük olduğu tasarımlar elde edilmiştir. Sonuç olarak kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu konsol dayanma duvar tasarımları $\phi = 30-42^\circ$ için elde edilmiştir.

-Aynı güvenlik sayıları sınırlayıcı koşuluna göre eğik taban yüzölçüm konsol dayanma duvarları tasarımlarında tüm içsel sürtünme açısı değerleri için kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilirken, $\phi = 20$ ve 22° değerlerinde devrilme güvenlik sayısının 3.0'dan küçük olduğu tasarımlar elde edilememiştir. Sonuç olarak kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu eğik taban yüzölçüm konsol dayanma duvar tasarımları $\phi = 24-42^\circ$ için elde edilmiştir.

-Dişli konsol dayanma duvarı tasarımları güvenlik sayıları sınırlayıcıları açısından incelendiğinde $\phi = 20^\circ$ olduğu optimizasyon analizlerinde kayma ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilmezken, $\phi \geq 22^\circ$ için güvenlik sayılarının 1.3' ten büyük olduğu tasarımlar elde edilmiştir. $\phi = 20, 22$ ve 24° değerlerinde devrilme güvenlik sayılarının 3.0'dan küçük olduğu tasarımlar elde edilemezken, $\phi \geq 28^\circ$ için güvenlik sayılarının 3.0'dan küçük olduğu tasarımlar elde

edilmiştir. Sonuç olarak kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3-3.0 olduğu dişli konsol dayanma duvar tasarımları $\emptyset=28-42^\circ$ için elde edilmektedir.

-Optimizasyon analizlerinde elde edilen tüm olası sonuçlar kullanılarak $H=4, 5, 6, 7, 8$ m ve $\emptyset=24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42^\circ$ değerlerine sahip konsol dayanma duvarları için stabilite koşullarını sağlayan tasarımlarda kullanılmak üzere ön tasarım kılavuzu geliştirilmiş ve tasarım parametrelerinin tanımlı olduğu çizelgede verilen değerler kullanılarak duvar tasarımları oluşturulmuştur. Oluşturulan tasarımlar GEO5 yazılımında analiz edilmiş, seçilen H ve $\emptyset$ için ön tasarım kılavuzunda önerilen güvenlik sayısı alt ve üst limitlerini sağlayan güvenlik sayıları elde edilmiştir.

-Benzer şekilde eğik taban yüzölçümlü konsol dayanma duvarı ve dişli konsol dayanma duvarı için ön tasarım kılavuzları oluşturulmuştur. Çizelgelerde önerilen değerler kullanılarak GEO5 yazılımında doğrulama analizleri yapılmış ve seçilen tasarım için çizelgede önerilen güvenlik sayısı alt ve üst limiti arasında kalan güvenlik sayıları elde edilmiştir.

-Önerilen ön tasarım kılavuzunun güvenli ve ekonomik konsol, eğik taban yüzölçümlü konsol ve dişli konsol dayanma duvar tasarımlarının kısa zamanda ve pratik olarak elde edilmesinde güvenilir bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

-Konsol, eğik taban yüzölçümlü konsol ve dişli konsol dayanma duvarlarının farklı duvar yüksekliği ve içsel sürtünme açıları için elde edilen sonuçlar kullanılarak; minimum amaç fonksiyonu değerleri ve optimum tasarımları duvar ağırlıkları açısından karşılaştırılmıştır. Aynı zemin ve tasarım özelliklerine sahip sonuçların karşılaştırılması için tüm konsol dayanma duvar tiplerinde kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının 1.3 ile 3.0 arasında elde edildiği içsel sürtünme açısı değerleri ($\emptyset=30, 32, 34, 36, 38, 40, 42^\circ$) ve tüm duvar yükseklikleri ($H=4, 5, 6, 7, 8$ m) dikkate alınmıştır.

-Konsol dayanma duvarının içsel sürtünme açısına bağlı duvar ağırlık değişimleri incelendiği zaman $30^\circ - 36^\circ$ için ağırlıkta önemli bir azalma olmazken 36° den sonra duvar ağırlığı azalmaktadır. Bu durum, diğer konsol dayanma duvarları da dikkate alındığında içsel sürtünme açısının $38^\circ - 42^\circ$ olduğu zemin ortamında dayanma duvarını eğik taban yüzölçümlü konsol ve dişli konsol dayanma duvar olarak tasarlamanın daha maliyetli olduğunu göstermektedir.

-Dayanma duvar tasarımı yapılacak olan zeminin içsel sürtünme açısının $24^\circ - 42^\circ$ olduğu durumda stabilite koşullarını sağlayan konsol dayanma duvar tasarımı elde edilirken, içsel sürtünme açısının $22^\circ - 42^\circ$ olduğu durumda stabilite koşullarını sağlayan dişli konsol dayanma duvar tasarımı elde edilmektedir. Bu bağlamda, içsel sürtünme

açısının 20° - 42° olduğu durumda stabilite koşullarını sağlayan tasarımların elde edilmesi sebebiyle içsel sürtünme açısının küçük olduğu zemin ortamında eğik taban yüzölçümü konsol dayanma duvar tasarımının yapılması ya da zemin ortamının iyileştirilmesi önerilmektedir.

8.1.2. Tek sıra ankrajlı iksa sistemi için sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında seçilen tek sıralı ankrajlı iksa sistemi probleminde kazı derinliği, ankraj derinliği, zemin içsel sürtünme açısı ve zemin birim hacim ağırlık değerleri tasarım parametresi olarak belirlenmiş olup elde edilen analiz sonuçları maddeler halinde aşağıda verilmiştir;

- Eşdeğer kiriş yöntemine göre belirlenen ankraj kuvvetleri kullanılarak Taguchi metodu ile parametrik çalışma yapılmıştır.

- Varyans analizi sonucuna göre ankraj kuvveti üzerinde en etkili parametre kazı derinliği olurken, zemin birim hacim ağırlığı en az etkili parametre olmuştur.

- Taguchi yöntemi kullanılarak yapılan analizler ile minimum ve maksimum ankraj kuvveti ve bu koşulları veren tasarım parametre seviyeleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen değerler kullanılarak gerçekleştirilen doğrulama analizi sonucu rölatif hata değerleri %10 dan büyük elde edilmiştir.

- Tasarım parametrelerinin tanımlı olduğu aralık içinde tanımlı ankraj kuvvetinin belirlenmesi için matematik model geliştirilmiştir.

- Kazı derinliğinin 4, 6, 8 ve 10 m olması durumlarında geliştirilen matematik modellerin hata incelemesi histogram dağılımları ile incelenmiştir. Buna göre incelenen 1584 tasarımının 195 tanesinde rölatif hata $\pm\%20$ ' den büyük olmaktadır.

- Tek sıra ankrajlı iksa sisteminde ankraj kuvvetinin belirlenmesinde %12 ihtimalle %20 den büyük hata elde edilmesi söz konusu olup bununla birlikte elde edilen hataların büyük oranda pozitif değerde olması matematik modelle hesaplanan ankraj kuvvetlerin eşdeğer kiriş yöntemi ile hesaplanan ankraj kuvvetinden büyük olduğunu göstermektedir.

- Tek sıra ankrajlı iksa sistemi için yapılan optimizasyon analizlerinde kazı derinliği, zemin içsel sürtünme açısı ve birim hacim ağırlık değerleri tasarım parametreleri bağımlı birer değişken olmaktadır. Ankraj derinliğinin bu bağımlı değişkenler haricinde oluşturduğu tasarım uzayında optimizasyon analizi gerçekleştirilecek kadar geniş olmaması sebebiyle bu tasarım probleminde seçilen kazı

derinliği, zemin birim hacim ağırlık, zemin içsel sürtünme açısı ve ankraj derinliği değerlerine göre uygun ankraj kuvveti ve iksa gömme derinliğinin belirlenebildiği tasarım grafikleri geliştirilmiştir. Geliştirilen tasarım grafiği için verilen uygulama örneği grafiklerin pratik ve etkili bir kullanıma sahip olduğunu göstermektedir.

8.1.3. Yatay yüklü kazıklar için sonuçlar

Tez çalışması kapsamında araştırılması yapılan yatay yüklü tekil kazık ve 6' lı kazık grubu için elde edilen analiz sonuçları aşağıda maddeler halinde verilmiştir;

-Yatay yüklü serbest tekil kazığın optimum tasarımının geniş bir arama mozaiğinde gerçekleştirdiği rastgele arayış ile optimum sonucun elde edildiği sezgisel optimizasyon tekniklerine uygun olmamasından dolayı, yatay yüklü serbest tekil kazığın belirli kazık üst ucu deplasman değerı, standart penetrasyon sayısı değerı ve kazığın taşıyacağı yatay yüke göre uygun kazık çapı ve kazık uzunluğu değerlerinin belirlenebildiği tasarım grafikleri geliştirilmiştir.

-Geliřtirilen tasarım grafiklerinin rastgele sečilken kazık çapı, kazık uzunluğu, kazık üst ucu deplasmanı, standart penetrasyon sayısı değerlerine göre Plaxis 3D yazılımı ile doğrulama analizleri yapılmıştır. Matematik modele bağlı olarak geliştirilen tasarım grafiklerinin maksimum %10 rölatif hata ile yatay yüke maruz serbest tekil kazık tasarımında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

-Analizler sonucunda tanımlanan aralıktaki farklı kazık çapı ve kazık uzunluğu değerleri için tekil kazık beton ağırlık değerleri belirlenmiş ve kazık tasarım yatay yük değerine göre ekonomik tasarımın seçilebileceği optimum tasarım grafikleri önerilmiştir. Önerilen tasarım grafikleri yatay yüklü serbest tekil kazığın ön tasarım aşamasının kısa zamanda tamamlanması ve ekonomik tasarımın belirlenebilmesi açısından önemli olduğu düşünölmektedir.

-Yatay yüke maruz 6' lı kazık grubunun optimizasyon çalışmasında, Zarzour (2019) tarafından yüksek lisans tez çalışmasında geliştirilen matematik model kullanılarak belirli kazık yatay yük değerine göre minimum kazık ağırlığını veren tasarımlar elde edilmiştir.

-Optimizasyon analizlerinde kazık çapı, kazık uzunluğu, kazıklar arası yatay ve düşey mesafe tasarım parametreleri olarak dikkate alınmış ve farklı standart penetrasyon sayısı ve kazık grubunun bağlı olduğu radyenin yatayda yaptığı farklı deplasman değerleri kullanılarak optimum kazık tasarımları bulunmuştur. Bulunan

kazık tasarımları için, kazık grubunun ağırlık değerlerinin verildiği tasarım grafiklerinin kullanılması; ekonomik tasarımların elde edilmesi aşamasında tasarımcıya ön fikir vermesi açısından önemli olacaktır.

8.1.4. Genel sonuçlar

Bu tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde;

- Geoteknik açıdan tasarımı yapılan yapının kısa zamanda belli bir rölatif hata ile stabilite bilgisini veren matematik modellerinin geliştirilebilir ve uygulanabilir olduğu,

- Birçok başarılı mühendislik uygulamasının bulunduğu sezgisel optimizasyon algoritmalarının stabilite koşullarını sağlayan ekonomik tasarımların bulunmasında zamandan tasarruf sağlayan etkili ve güçlü yöntemler olduğu,

- Tasarım kriterlerinin araştırılması ve tasarıma etki eden parametrelerin etki oranlarının belirlenmesinde tüm tasarım kombinasyonlarının dikkate alınması yerine daha az sayıda kombinasyonla sonuca ulaşmasında Taguchi metodunun kullanılabilir başarılı bir istatistiki yöntem olduğu,

- Harmoni arama algoritması ve yapay arı kolonisi algoritmaları ile aynı minimum amaç fonksiyonu değerlerinin elde edilmesinin seçilen tasarım değişkenlerinin ve tasarım uzayının kısıtlı olmasından kaynaklı olduğu, sonuçları elde edilmiştir.

8.2.Öneriler

Bu tez çalışması kapsamında Taguchi metodu ile harmoni arama ve yapay arı kolonisi sezgisel algoritmaları kullanılarak optimum tasarımları araştırılan ve sunulan konsol dayanma duvarı, eğik taban yüzlü konsol dayanma duvarı ve dişli konsol dayanma duvarı, tek sıra ankrajlı iksa, yatay yüklü serbest tekil kazık ve yatay yüklü kazık grubu ile ilgili öneriler aşağıda maddeler halinde sunulmuştur;

- Taguchi metodu ve sezgisel algoritmaların bu tez kapsamında seçilen geoteknik yapılarında uygulanabilirliğinin araştırılması açısından geoteknik yapı tasarımının yapılacağı zemin ortamları kohezyonsuz, yeraltı suyu ve sürşarj yükü bulunmayan tek tabakalı ortamlar olarak seçilmiştir.

-Gelecek dönem çalışmalarında kapsamı genişletilen zemin ortamı kabullerine göre hem bu tip hem de daha farklı geoteknik yapılarının optimum tasarımlarının araştırılması mümkündür.

-Farklı zemin koşulları için dayanma yapılarının optimum tasarımların verildiği tez çalışmasının kapsamı gelecek dönem çalışmaları için genel zemin durumu, yeraltı suyu varlığı ve depremli koşullar dikkate alınarak kapsam genişletilebilir.

-Elde edilen optimum tasarımların depremli duruma göre analizlerinin tekrarlanarak ve farklılık ve benzerlikler yorumlanabilir.

-Dayanma duvar yüksekliklerinin 8m' den fazla olduğu tasarımlar ve dayanma duvarın donatılı olarak yapılması durumları için optimum tasarımlar araştırılabilir.

-İstatiksel olarak geliştirilen matematik modellerin gerçek duruma daha yakın sonuçlarının elde edilebilmesi amacıyla rölatif hatalarının farklı matematiksel yöntemler ve algoritmalar kullanılarak azaltılması için çalışmalar yürütülebilir.

-Stabilite kriteri olarak kayma, devrilme ve toptan göçme güvenlik sayılarının dikkate alındığı dayanma duvar optimum tasarımlarında taşıma gücü tahkikleri için analizleri tekrarlamak ve duvar maliyetini nasıl etkilediğini daha detaylı araştırmak mümkündür.

-Yatay yüklü kazıkların tasarımında matematik model geliştirilmesinde kullanılan sonlu elemanlar yöntemine dayanan Plaxis 3D analiz sonuçları ile yatay yüklü kazık deney sonuçları karşılaştırılarak gerçek duruma daha yakın analiz yöntemleri geliştirilebilir.

-Tez çalışması kapsamında elde edilen maliyet değerini ifade eden matematiksel değerler kullanılarak maliyet analizleri detaylandırılabilir.

-Ayrıca kısa zamanda çok geniş bir tasarım uzayının farklı tasarım durumları için optimum tasarımı bulabilen sezgisel optimizasyon algoritmaları kullanılarak değişik tür geoteknik mühendisliği uygulamaları için daha kapsamlı ön tasarım kılavuzları oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- T.C.Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yapı işleri Genel Müdürlüğü, 31.08.2018. Kazı Güvenliği ve Alınacak Önlemler Hakkında Yönetmelik p.
- American Association of State Highway and Transportation Officials, 2012. LRFD Bridge Design Specifications p.
- American Concrete Institute, 2008. Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary p.
- Ahmadi-Nedushan, B. ve Varace, H., 2009, Optimal design of reinforced concrete retaining walls using a swarm intelligence technique, *The first International Conference on Soft Computing Technology in Civil, Structural and Environmental Engineering, UK*.
- Akay, B. ve Karaboga, D., 2012, A modified artificial bee colony algorithm for real-parameter optimization, *Information sciences*, 192, 120-142.
- Akin, A. ve Saka, M., 2010, Optimum detailed design of reinforced concrete continuous beams using the harmony search algorithm.
- Akin, A. ve Saka, M., 2015, Harmony search algorithm based optimum detailed design of reinforced concrete plane frames subject to ACI 318-05 provisions, *Computers & Structures*, 147, 79-95.
- Aksu, B., 2019, Kalite Geliştirmede Shainin ve Taguchi Uygulamaları, Detay Yayıncılık, p. 190.
- Alataş, B., 2007, Kaotik haritalı parçacık sürü optimizasyonu algoritmaları geliştirme, *Fırat Üniversitesi*.
- Altun, G., 2013, Ankrajlı ve ankrajsız derin kazı iksa sistemlerinin sayısal yöntemler ile analizi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Babalik, A., Cinar, A. C. ve Kiran, M. S., 2018, A modification of tree-seed algorithm using Deb's rules for constrained optimization, *Applied soft computing*, 63, 289-305.
- Birand, A. A., 2001, Kazıklı temeller, Teknik yayınevi, p.
- Bishop, A. W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of slopes, *Geotechnique*, 5 (1), 7-17.
- Broms, B. B., 1964, Lateral resistance of piles in cohesionless soils, *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 90 (3), 123-158.
- Camp, C. V. ve Akin, A., 2012, Design of retaining walls using big bang-big crunch optimization, *Journal of Structural Engineering*, 138 (3), 438-448.
- Carbas, S. ve Saka, M., 2009, Optimum design of single layer network domes using harmony search method.
- Ceranic, B., Fryer, C. ve Baines, R., 2001, An application of simulated annealing to the optimum design of reinforced concrete retaining structures, *Computers & Structures*, 79 (17), 1569-1581.
- Cimbala, J. M., 2014, Taguchi orthogonal arrays, *Pennsylvania State University*.
- Coduto, D. P., 2001, Foundation design: principles and practices, Prentice Hall, p.
- Coduto, D. P., Kitch, W. A. ve Yeung, M.-c. R., 2001, Foundation design: principles and practices, Prentice Hall Upper Saddle River, p.
- Coulomb, C., 1776, "Essai sur une application des règles des maximas et minmas à quelques problèmes de statique relatifs à l'architecture." Mém. acad. roy. pres. divers savanta, Vol. 7, Paris (in French).
- Çarbaş, S. ve Saka, M., 2010, Optimum design of cold-formed open thin-walled sections using harmony search algorithm, *9th International Congress on Advances in Civil Engineering*, 27-30.

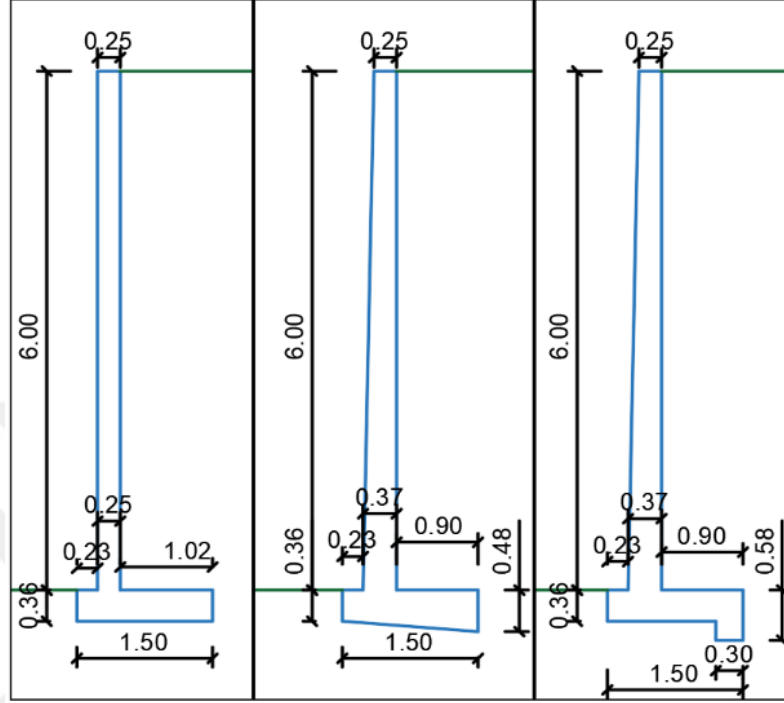
- Çelebi, İ. K., 2010, Konsol dayanma duvarlarının tasarımını etkileyen faktörlerin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Dağdeviren, U. ve Kaymak, B., 2018, Yapay arı koloni algoritması kullanılarak betonarme istinat duvarlarının optimum maliyet tasarımını etkileyen parametrelerin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33 (1).
- Deb, K., 2000, An efficient constraint handling method for genetic algorithms, *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 186 (2-4), 311-338.
- Dilaver, M. T., 2007, Yanal yüklü kazıkların tasarımını etkileyen faktörlerin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Dorigo, M. ve Gambardella, L. M., 1997, Ant colonies for the travelling salesman problem, *biosystems*, 43 (2), 73-81.
- Erkan, İ. H., 2013, Jet grout kolonların performansını etkileyen faktörlerin deneysel olarak araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Fellenius, W., 1936, Calculation of the stability of earth dams', *Transactions, 2nd Congress on Large Dams*, 445-465.
- Fishburn, P., 1967, Additive utilities with incomplete product set: Applications to priorities and, Assignments.
- Gandomi, A. H., Kashani, A. R., Roke, D. A. ve Mousavi, M., 2015, Optimization of retaining wall design using recent swarm intelligence techniques, *Engineering Structures*, 103, 72-84.
- Geem, Z. W., Kim, J. H. ve Loganathan, G. V., 2001, A new heuristic optimization algorithm: harmony search, *simulation*, 76 (2), 60-68.
- Geem, Z. W., 2006, Optimal cost design of water distribution networks using harmony search, *Engineering optimization*, 38 (03), 259-277.
- GEO5, <https://www.finesoftware.eu>:
- Glover, F., 1977, Heuristics for integer programming using surrogate constraints, *Decision sciences*, 8 (1), 156-166.
- Goldberg, D. E., 1989, Genetic algorithms and Walsh functions: Part I, a gentle introduction, *Complex systems*, 3 (2), 129-152.
- Gökçe, B. ve Taşgetiren, S., 2009, Kalite İçin Deney Tasarımı, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (1), 71-83.
- Hamakareem, M. I., Methods of Excavation Used for Deep Foundation Construction, <https://theconstructor.org/practical-guide/excavation-methods-deep-foundations/21157/>:
- Hansen, J. B., 1961, The ultimate resistance of rigid piles against transversal forces, *Bulletin 12, Danish Geotech. Institute*, 1-9.
- Janbu, N., 1954, Application of composite slip surface for stability analysis, *Proceedings of European Conference on Stability of Earth Slopes, Sweden, 1954*, 43-49.
- Karaboga, D., 2005, An idea based on honey bee swarm for numerical optimization, *Technical report-tr06, Erciyes university, engineering faculty, computer*
- Karaboga, D. ve Akay, B., 2011, A modified artificial bee colony (ABC) algorithm for constrained optimization problems, *Applied soft computing*, 11 (3), 3021-3031.
- Karaboğa, D., 2014, Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları, *Nobel Akademik Yayıncılık*, 245.
- Kathir, 11 Nisan 2019, Types of Cofferdams <https://civilsnapshot.com/types-of-cofferdams/>:
- Kennedy, J. ve Eberhart, R., 1995, Particle swarm optimization, *Proceedings of ICNN'95-International Conference on Neural Networks*, 1942-1948.

- Khajehzadeh, M. ve Eslami, M., 2012, Gravitational search algorithm for optimization of retaining structures, *Indian Journal of Science and Technology*, 5 (1), 1821-1827.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D. ve Vecchi, M. P., 1983, Optimization by simulated annealing, *science*, 220 (4598), 671-680.
- Kougias, I. ve Theodosiou, N., 2010, A new music-inspired harmony based optimization algorithm. Theory and applications, *International Conference on Protection and Restoration of the Environment X*.
- Lee, K. S. ve Geem, Z. W., 2004, A new structural optimization method based on the harmony search algorithm, *Computers & Structures*, 82 (9-10), 781-798.
- Lee, K. S. ve Geem, Z. W., 2005, A new meta-heuristic algorithm for continuous engineering optimization: harmony search theory and practice, *Computer methods in applied mechanics and engineering*, 194 (36-38), 3902-3933.
- Mahdavi, M., Fesanghary, M. ve Damangir, E., 2007, An improved harmony search algorithm for solving optimization problems, *Applied mathematics and computation*, 188 (2), 1567-1579.
- MATLAB, a programing language, MathWorks, <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>:
- Matlock, H. ve Reese, L. C., 1962, Generalized solutions for laterally loaded piles, *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, 127 (1), 1220-1247.
- McCormac, J. C. ve Brown, R. H., 2015, Design of reinforced concrete, John Wiley & Sons, p.
- Molina-Moreno, F., García-Segura, T., Martí, J. V. ve Yepes, V., 2017, Optimization of buttressed earth-retaining walls using hybrid harmony search algorithms, *Engineering Structures*, 134, 205-216.
- Morgenstern, N. u. ve Price, V. E., 1965, The analysis of the stability of general slip surfaces, *Geotechnique*, 15 (1), 79-93.
- Okar, M., 2018, Kum zeminlerde, yatay yüklü baret kazıkların davranışının belirlenmesi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*
- PLAXIS3D, <https://www.plaxis.com/>:
- Poulos, H. G., 1971a, Behavior of laterally loaded piles I. single piles, *Journal of Soil Mechanics & Foundations Div.*
- Poulos, H. G., 1971b, Behavior of laterally loaded piles II. Pile groups, *Journal of Soil Mechanics & Foundations Div.*
- Prakash, S. ve Sharma, H. D., 1990, Pile foundations in engineering practice, John Wiley & Sons, p.
- Rajabioun, R., 2011, Cuckoo optimization algorithm, *Applied soft computing*, 11 (8), 5508-5518.
- Rankine, W., 1857, Earth pressure theory, *Phil. Trans. of the Royal Soc.*
- Rao, S. S., 2019, Engineering optimization: theory and practice, John Wiley & Sons, p.
- Sabatini, P., Pass, D. ve Bachus, R., 1999, Geotechnical engineering circular No. 4, *Ground Anchors and Anchored Systems. FHWA-IF-99-015*.
- Sarıbaş, A. ve Erbatur, F., 1996, Optimization and sensitivity of retaining structures, *Journal of Geotechnical Engineering*, 122 (8), 649-656.
- Savaşeri, K., 2006, Yatay Yüklü Düşey Kazıkların Hesap Esasları ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Modellenmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Sheikholeslami, R., Khalili, B. G. ve Zahrai, S., 2014, Optimum cost design of reinforced concrete retaining walls using hybrid firefly algorithm, *International Journal of Engineering and Technology*, 6 (6), 465.

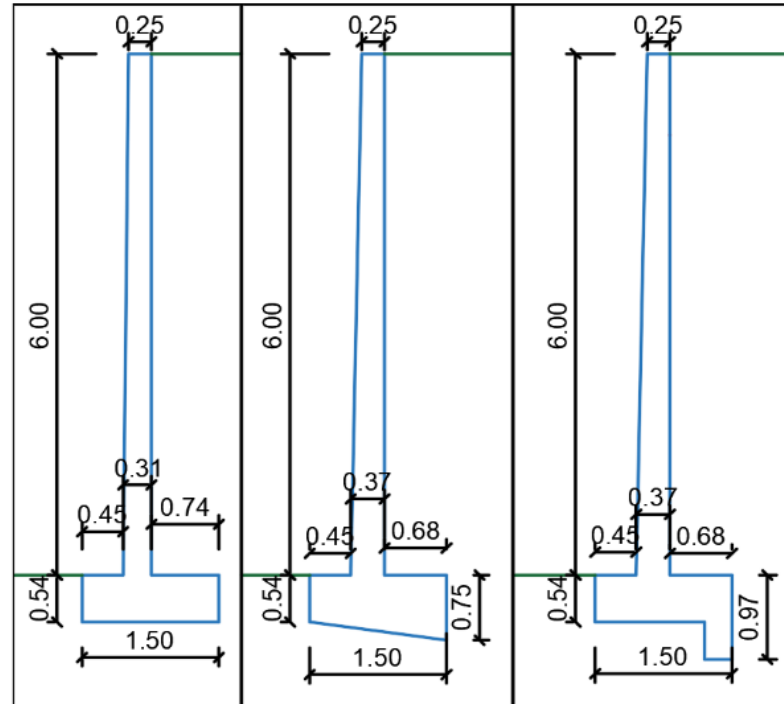
- Spencer, E., 1967, A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces, *Geotechnique*, 17 (1), 11-26.
- Statistica, Statistical Analyses Computer Program, TIBCO Software Inc., <https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>:
- Taguchi, G., 1986, Introduction to quality engineering: designing quality into products and processes.
- Taguchi, G., Elsayed, E. A. ve Hsiang, T. C., 1989, Quality engineering in production systems, McGraw-Hill College, p.
- Tan, Ö., 1996, Kumda aktif ve pasif durumlar için hareket miktarlarının model deneylerle araştırılması, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- TemeltekMühendislik, 2020, Deep-excavations-supporting-systems, <http://www.temeltek.com.tr/en/deep-excavations-supporting-systems/>:
- Temur, R. ve Bekdaş, G., 2016, Teaching learning-based optimization for design of cantilever retaining walls, *Structural Engineering and Mechanics*, 57 (4), 763-783.
- Tenva, 2014, Türkiye nin ilk yerli rüzgar gülü <http://www.tenva.org/iste-ilk-yuzde-100-yerli-ruzgar-turbini-vira/>:
- Terzaghi, K., 1965, Theoretical soil mechanics, *John Wiley and Sons*.
- Triantaphyllou, E., 2000, Multi-criteria decision making methods, In: Multi-criteria decision making methods: A comparative study, Eds: Springer, p. 5-21.
- Türk Standartları Enstitüsü Ankara, 1990. Zemin Dayanma Yapıları; Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları p.
- TürkçeBilgi, 2020, Petrol Platformu, https://www.turkcebilgi.com/petrol_platformu:
- Uncuoğlu, E., 2009, Kohezyonsuz Zeminlerdeki Kazıkların Yatay Yük ve Moment Etkisi Altındaki Davranışlarının Analizi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Uray, E., 2014, Gabion tipi dayanma duvarlarında tasarım kriterlerinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Uzuner, B. A., 1990, Çözümlü problemlerle temel zemin mekaniği, İnşaat Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi, p.
- Uzuner, B. A., 2000, Temel mühendisliğine giriş, Derya Kitabevi, p.
- Yalçın, G., 2019, Derin Kazılarda Ankraj Parametrelerinin Sayısal Analizi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yang, X.-S., 2009, Firefly algorithms for multimodal optimization, *International symposium on stochastic algorithms*, 169-178.
- Yepes, V., Alcalá, J., Perea, C. ve González-Vidosa, F., 2008, A parametric study of optimum earth-retaining walls by simulated annealing, *Engineering Structures*, 30 (3), 821-830.
- Yıldırım, S., 2002, Zemin incelemesi ve temel tasarımı, Birsan yayınevi, p.
- Yılmaz, Z., 2001, Çeşitli Toprak Basıncı Dağılımları İçin Ankrajlı Perde Hesabı, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Zarzour, M., 2019, Yatay yüklü tekil ve grup kazık performanslarının üç boyutlu analizlerle optimizasyonu, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

EKLER

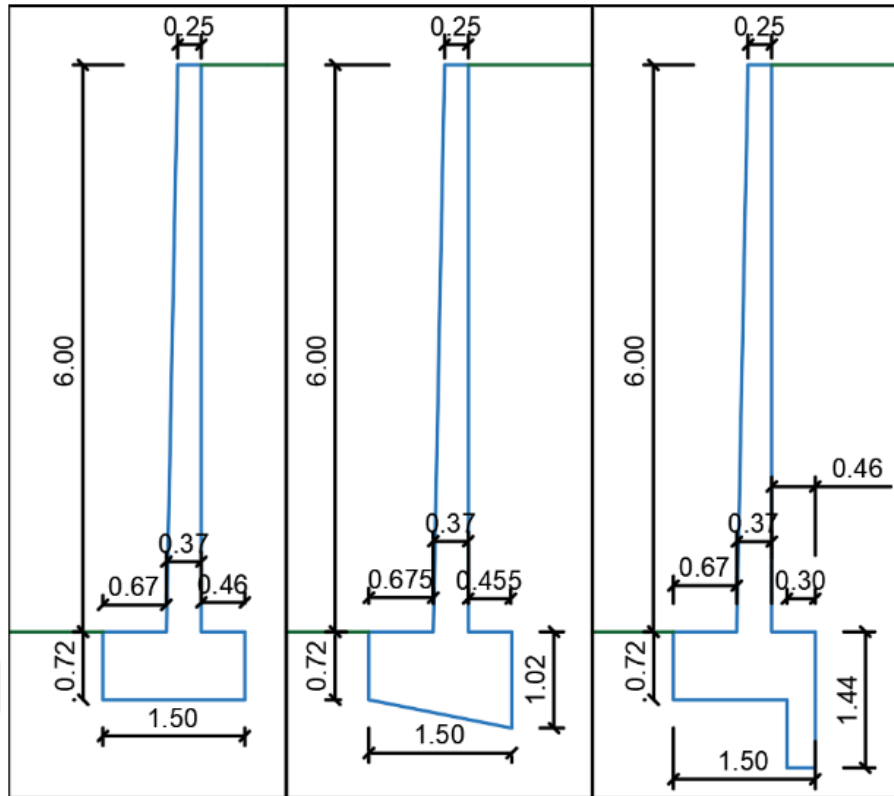
Ek-1 Konsol, eğik taban yüzlü konsol ve dişli konsol dayanma duvar L₁₆ tasarımlarının çizimi



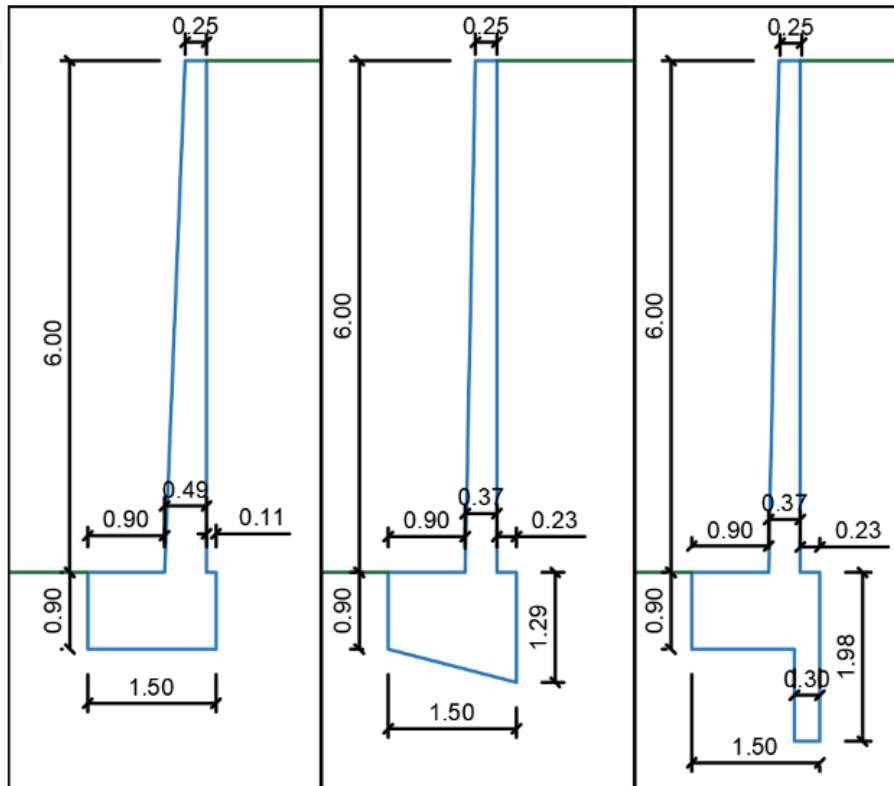
Şekil 1.1. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 1



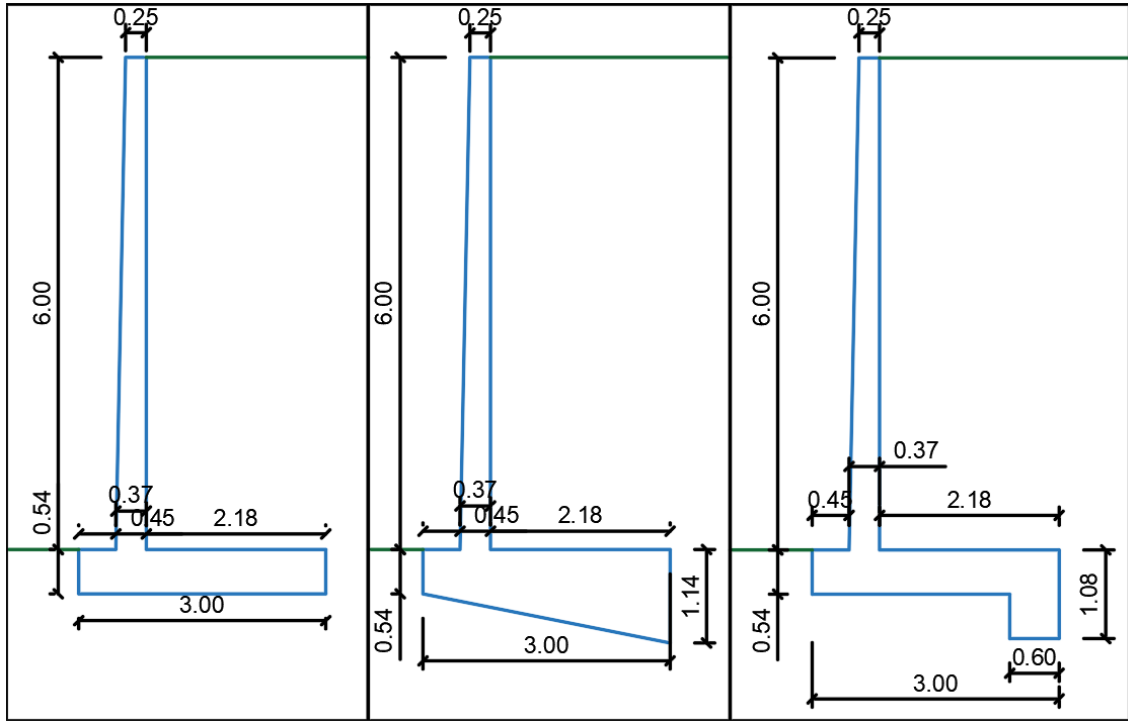
Şekil 1.2. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 2



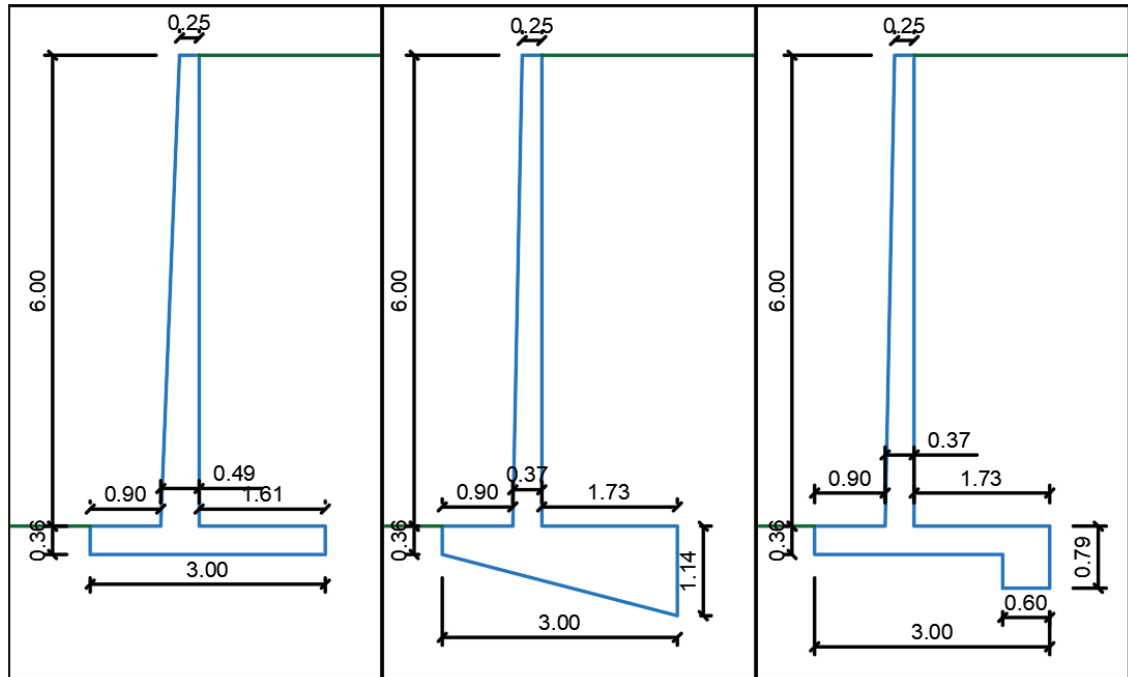
Şekil 1.3. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 3



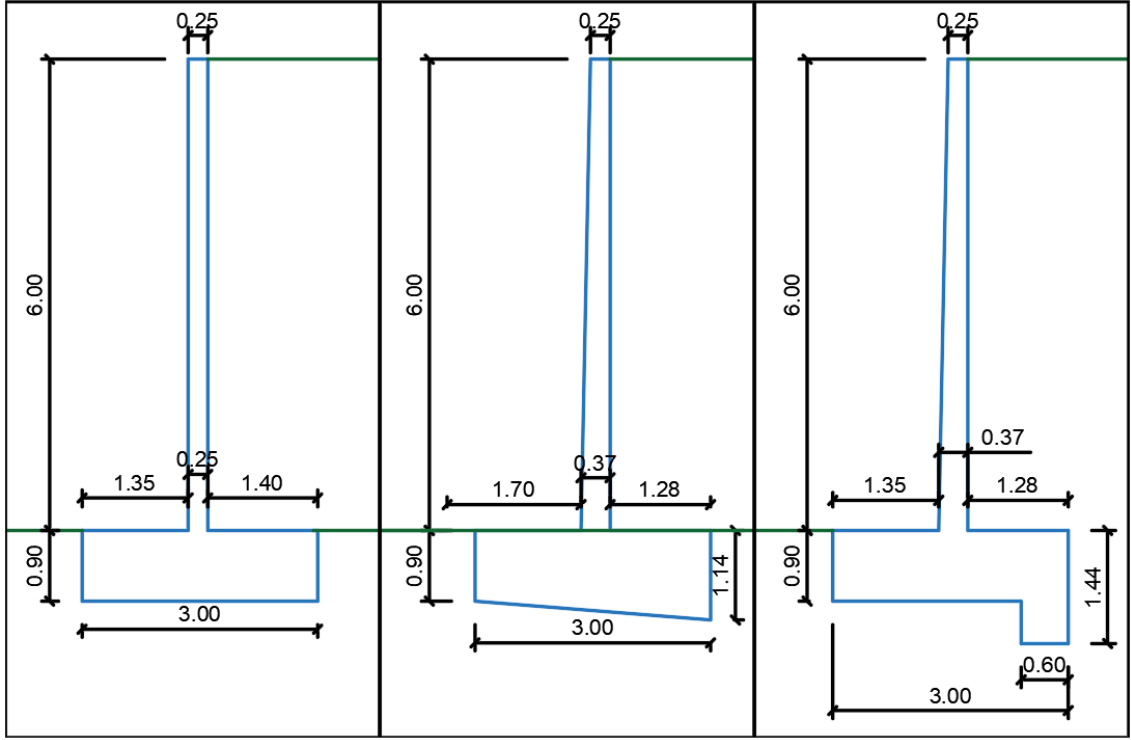
Şekil 1.4. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 4



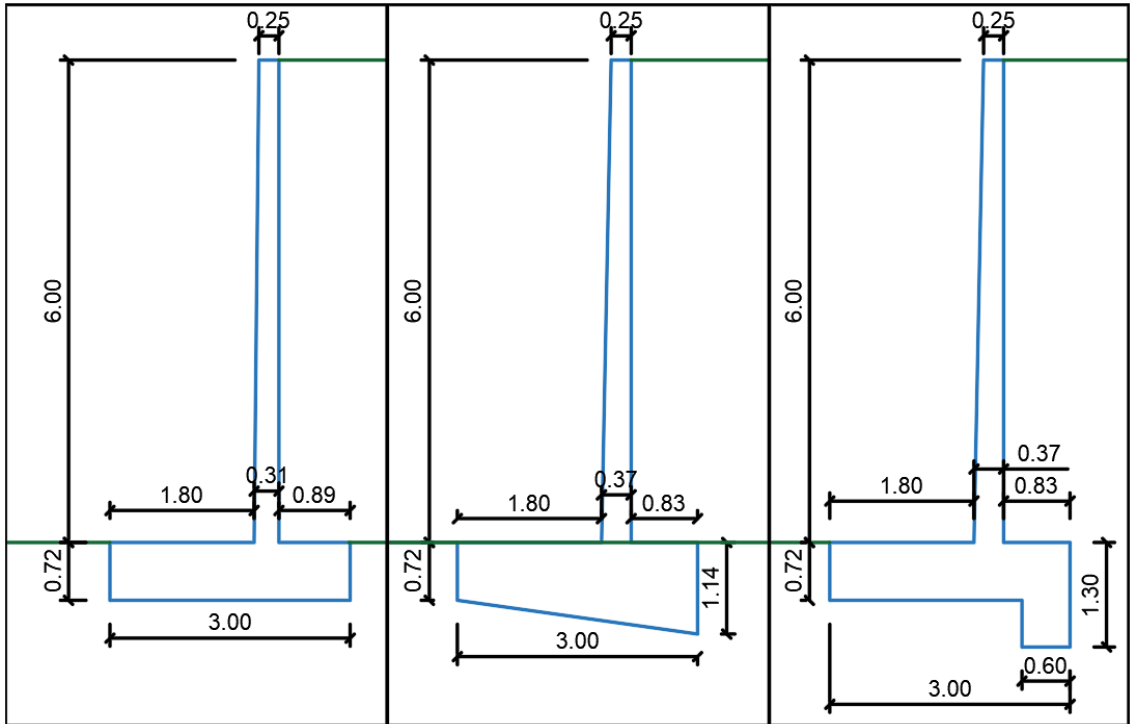
Şekil 1.5. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 5



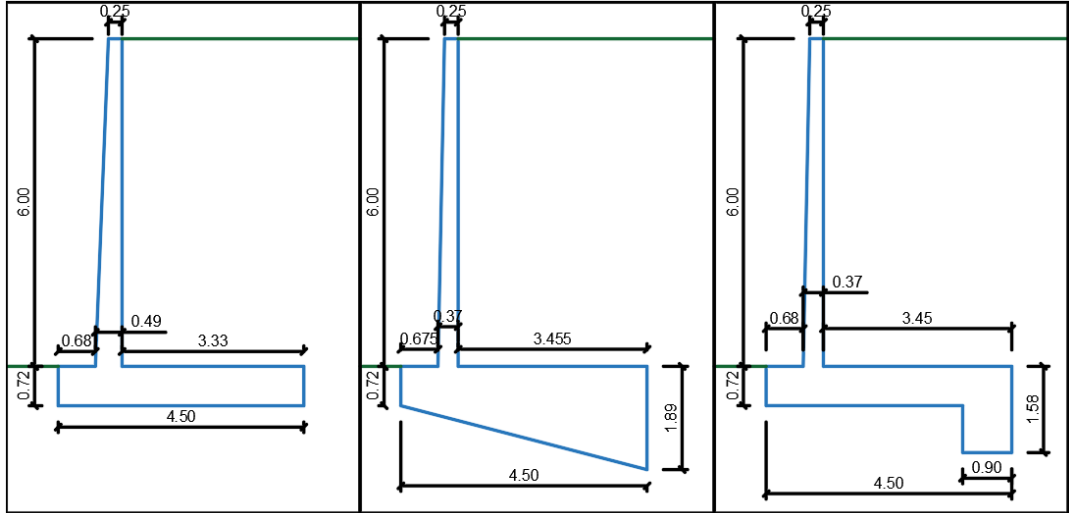
Şekil 1.6. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 6



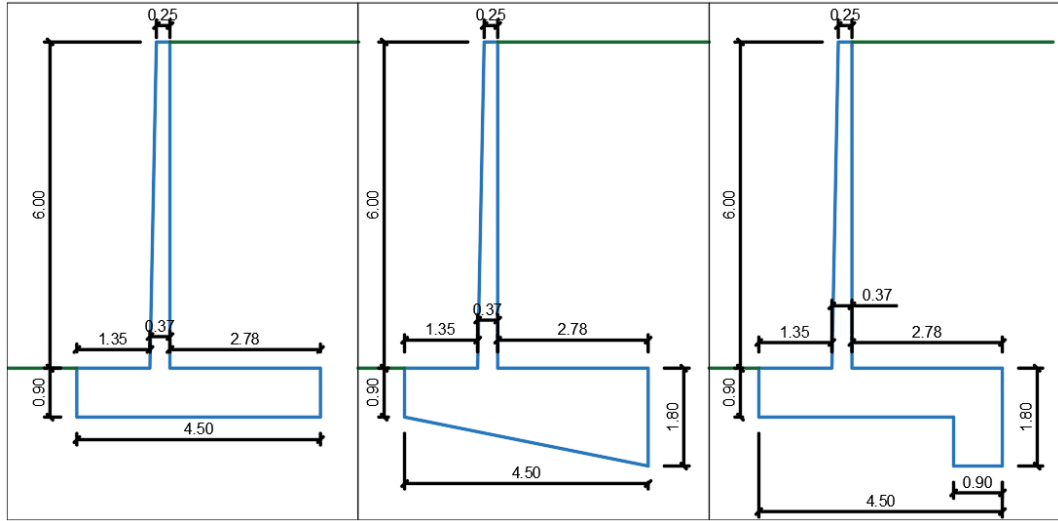
Şekil 1.7. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 7



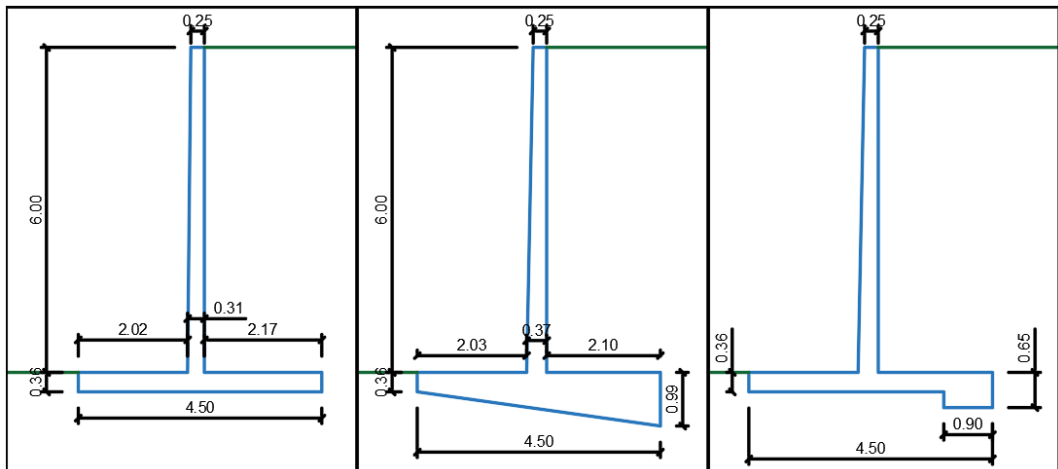
Şekil 1.8. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 8



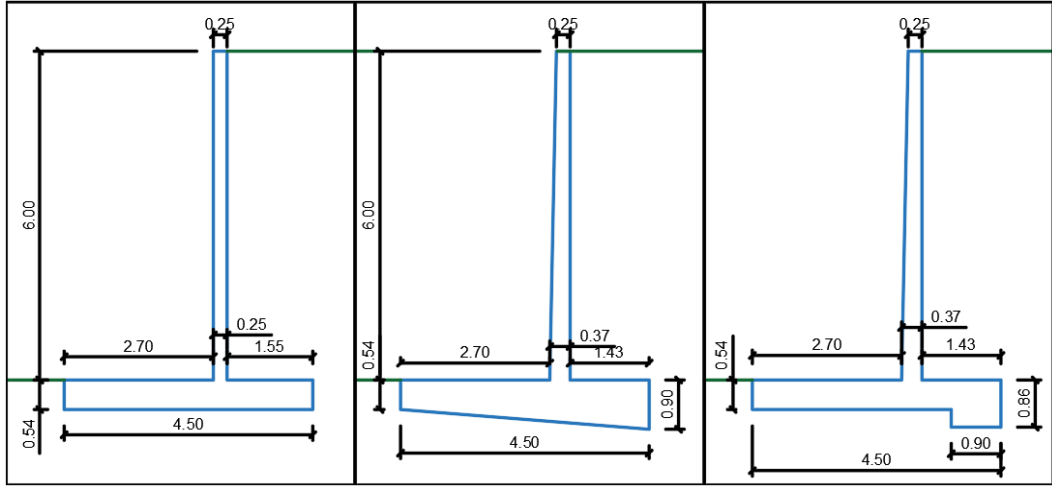
Şekil 1.9. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 9



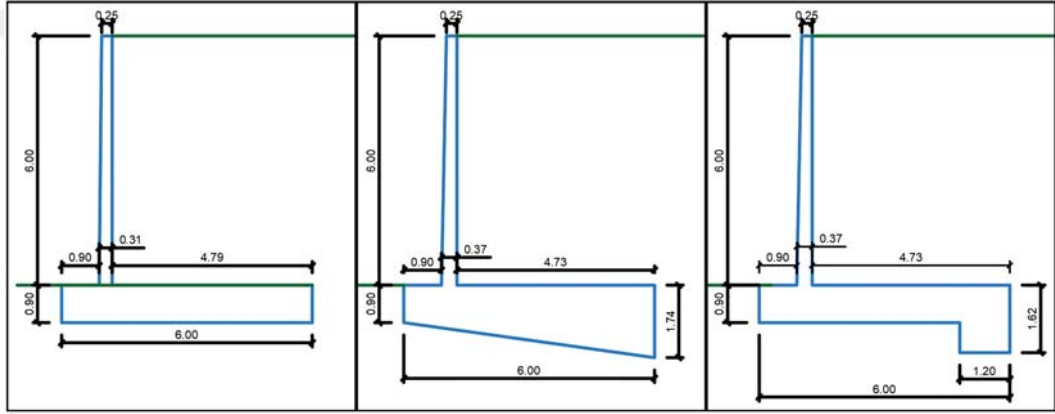
Şekil 1.10. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 10



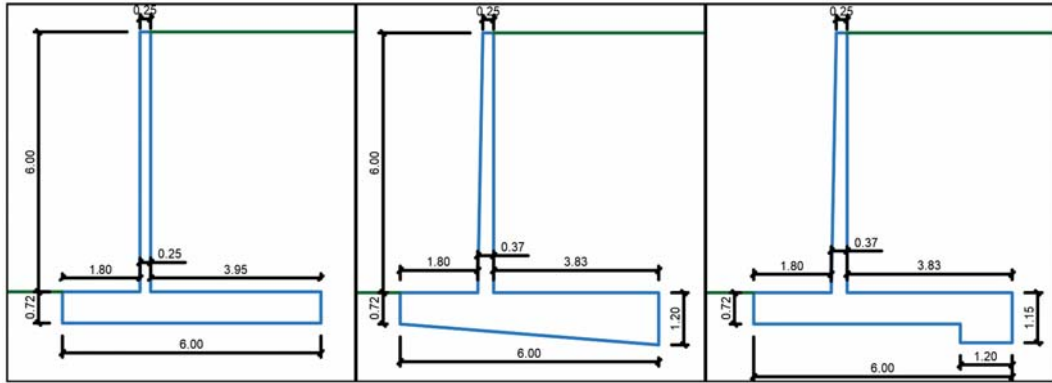
Şekil 1.11. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 11



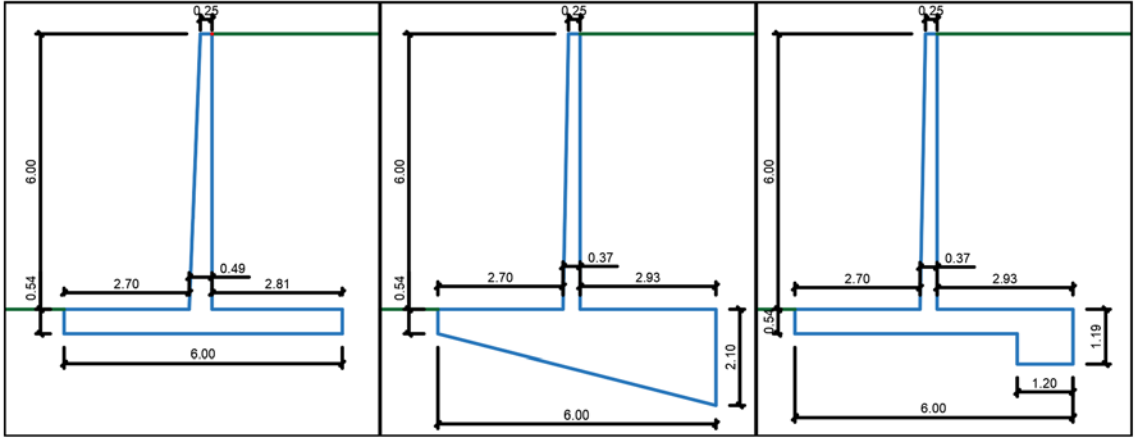
Şekil 1.12. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 12



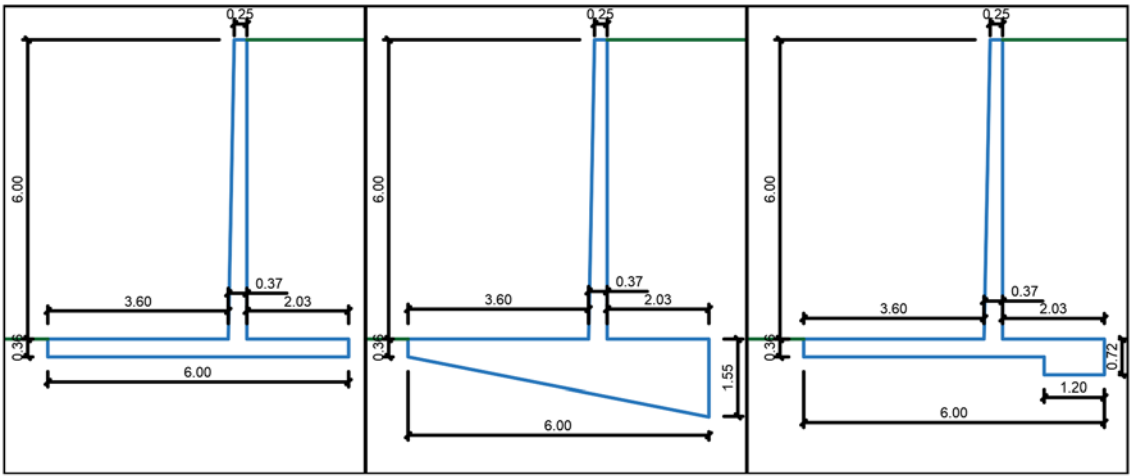
Şekil 1.13. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 13



Şekil 1.14. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 14



Şekil 1.15. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 15



Şekil 1.16. Dayanma Duvar Tasarım Görselleri-Tasarım 16

Ek-2 Konsol dayanma duvarı harmoni arama algoritması ile optimizasyon analiz sonuçları

Çizelge 2.1. H=4m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	4.00	0.80	0.60	0.00	2.2435	85.00	0.92	4.71	1.17
2		4.00	0.60	0.60	3.00	2.2455	91.00	0.92	4.69	1.19
3		4.00	0.60	0.54	0.00	2.3009	79.00	0.93	4.88	1.17
4	22	3.80	0.57	0.60	3.00	2.2562	88.00	1.02	4.52	1.30
5		3.80	0.76	0.60	4.00	2.2600	90.00	1.01	4.52	1.32
6		4.00	1.00	0.60	4.00	2.4126	93.00	1.03	4.96	1.32
7	24	4.00	0.80	0.60	3.00	2.4200	91.00	1.04	4.98	1.30
8		4.00	0.80	0.60	0.00	2.7040	85.00	1.30	5.46	1.43
9		4.00	0.60	0.60	3.00	2.7071	91.00	1.31	5.44	1.46
10	26	4.00	0.60	0.60	1.00	2.7531	87.00	1.31	5.56	1.48
11		4.00	0.60	0.54	0.00	2.7712	79.00	1.31	5.66	1.43
12		3.40	0.51	0.60	0.00	2.3472	76.00	1.30	4.30	1.51
13	28	3.40	0.51	0.60	4.00	2.3569	84.00	1.30	4.28	1.56
14		3.60	0.72	0.60	0.00	2.5019	79.00	1.33	4.74	1.52
15		3.60	0.54	0.60	3.00	2.5066	85.00	1.33	4.72	1.55
16	30	3.60	0.72	0.60	4.00	2.5110	87.00	1.32	4.71	1.57
17		3.60	0.54	0.60	1.00	2.5480	81.00	1.34	4.81	1.57
18		3.60	0.54	0.60	0.00	2.5511	79.00	1.39	4.80	1.54
19	32	3.80	0.95	0.60	0.00	2.6586	82.00	1.34	5.19	1.52
20		3.80	0.95	0.60	4.00	2.6671	90.00	1.34	5.17	1.57
21		3.80	0.76	0.60	3.00	2.6751	88.00	1.36	5.19	1.55
22	34	3.80	0.76	0.60	2.00	2.6878	86.00	1.34	5.24	1.56
23		4.00	1.20	0.60	1.00	2.8202	87.00	1.30	5.69	1.56
24		4.00	1.00	0.60	3.00	2.8517	91.00	1.38	5.70	1.56
25	36	3.00	0.45	0.60	0.00	2.1859	70.00	1.35	3.67	1.60
26		3.00	0.45	0.60	4.00	2.1973	78.00	1.35	3.66	1.65
27		3.20	0.64	0.60	3.00	2.2927	79.00	1.31	4.02	1.61
28	38	3.20	0.48	0.60	3.00	2.3391	79.00	1.38	4.08	1.63
29		3.20	0.48	0.54	3.00	2.3428	74.20	1.32	4.17	1.61
30		3.40	0.85	0.60	3.00	2.4320	82.00	1.32	4.43	1.62
31	40	3.40	0.68	0.60	3.00	2.4918	82.00	1.40	4.51	1.64
32		3.40	0.51	0.60	3.00	2.5418	82.00	1.47	4.57	1.66
33		3.60	1.08	0.60	3.00	2.5680	85.00	1.32	4.84	1.63
34	42	2.40	0.36	0.60	0.00	1.8285	61.00	1.31	2.60	1.64
35		2.40	0.36	0.60	4.00	1.8419	69.00	1.31	2.58	1.69
36		2.60	0.52	0.60	0.00	1.9733	64.00	1.33	3.00	1.65
37	44	2.60	0.39	0.60	3.00	1.9812	70.00	1.34	2.98	1.68
38		2.00	0.30	0.60	0.00	1.6422	55.00	1.32	1.95	1.71
39		2.00	0.30	0.60	4.00	1.6573	63.00	1.32	1.94	1.76
40	46	2.20	0.44	0.54	0.00	1.7791	54.70	1.30	2.39	1.69
41		2.20	0.44	0.60	1.00	1.7842	60.00	1.30	2.35	1.75
42		2.20	0.33	0.54	3.00	1.7880	60.70	1.31	2.38	1.73
43	48	2.20	0.44	0.54	4.00	1.7935	62.70	1.30	2.38	1.75
44		2.20	0.33	0.60	3.00	1.7979	64.00	1.37	2.33	1.75
45		2.20	0.33	0.48	0.00	1.8029	51.40	1.32	2.47	1.67
46	50	2.20	0.44	0.60	4.00	1.8034	66.00	1.36	2.33	1.78
47		2.40	0.60	0.60	3.00	1.8980	67.00	1.32	2.69	1.74
48		2.40	0.60	0.54	0.00	1.9236	57.40	1.33	2.80	1.71
49	52	2.40	0.60	0.54	4.00	1.9374	65.40	1.33	2.78	1.76
50		2.40	0.48	0.54	3.00	1.9407	63.40	1.34	2.80	1.74
No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)

51	32	2.40	0.48	0.42	0.00	1.9449	50.20	1.31	2.96	1.62
52		2.40	0.36	0.42	3.00	1.9526	56.20	1.32	2.95	1.65
53		2.60	0.91	0.60	4.00	2.0103	72.00	1.30	3.02	1.77
54	34	1.80	0.27	0.54	3.00	1.5896	55.30	1.30	1.72	1.79
55		1.80	0.36	0.60	0.00	1.5940	52.00	1.35	1.69	1.79
56		1.80	0.27	0.48	0.00	1.5954	46.60	1.32	1.79	1.73
57		1.80	0.27	0.60	3.00	1.6046	58.00	1.36	1.68	1.82
58		1.80	0.36	0.60	4.00	1.6104	60.00	1.35	1.68	1.84
59		1.80	0.27	0.48	4.00	1.6111	54.60	1.32	1.78	1.79
60		1.80	0.27	0.60	1.00	1.6264	54.00	1.37	1.72	1.85
61		1.80	0.27	0.60	0.00	1.6320	52.00	1.42	1.71	1.81
62		2.00	0.60	0.60	0.00	1.6827	55.00	1.31	2.01	1.77
63		2.00	0.60	0.60	4.00	1.6984	63.00	1.31	2.01	1.83
64		2.00	0.50	0.60	3.00	1.7067	61.00	1.34	2.03	1.81
65		2.00	0.50	0.60	2.00	1.7106	59.00	1.32	2.04	1.82
66		2.00	0.40	0.48	3.00	1.7219	55.00	1.31	2.15	1.76
67		2.00	0.50	0.54	0.00	1.7231	52.00	1.34	2.11	1.77
68		2.00	0.40	0.42	0.00	1.7301	46.00	1.33	2.23	1.69
69		2.00	0.30	0.30	0.00	1.7313	40.00	1.32	2.34	1.59
70		2.00	0.50	0.60	0.00	1.7357	55.00	1.40	2.06	1.80
71		2.00	0.30	0.42	3.00	1.7392	52.00	1.33	2.22	1.72
72		2.00	0.40	0.54	3.00	1.7405	58.00	1.36	2.11	1.81
73		2.00	0.30	0.54	3.00	1.7804	58.00	1.43	2.14	1.83
74		2.20	0.77	0.60	0.00	1.8112	58.00	1.33	2.38	1.78
75		2.20	0.77	0.60	4.00	1.8265	66.00	1.33	2.36	1.84
76		2.20	0.66	0.54	3.00	1.8332	60.70	1.30	2.46	1.79
77		2.20	0.66	0.48	0.00	1.8483	51.40	1.32	2.55	1.73
78		2.20	0.55	0.36	0.00	1.8680	44.80	1.32	2.70	1.64
79		2.20	0.44	0.30	3.00	1.8696	47.50	1.30	2.75	1.61
80		2.20	0.55	0.48	3.00	1.8731	57.40	1.34	2.57	1.77
81		2.40	0.96	0.60	0.00	1.9328	61.00	1.34	2.73	1.79
82		2.40	0.96	0.60	4.00	1.9477	69.00	1.34	2.72	1.85
83		2.40	0.84	0.54	3.00	1.9658	63.40	1.31	2.84	1.80
84	36	1.60	0.40	0.60	3.00	1.5131	55.00	1.31	1.40	1.88
85		1.60	0.32	0.42	0.00	1.51	41.80	1.30	1.54	1.75
86		1.60	0.40	0.54	0.00	1.52	46.60	1.32	1.45	1.84
87		1.60	0.24	0.42	3.00	1.52	47.80	1.31	1.53	1.78
88		1.60	0.24	0.36	0.00	1.52	39.40	1.33	1.58	1.71
89		1.60	0.32	0.42	4.00	1.53	49.80	1.30	1.53	1.80
90		1.60	0.40	0.60	1.00	1.53	51.00	1.32	1.43	1.90
91		1.60	0.40	0.54	4.00	1.54	54.60	1.32	1.45	1.90
92		1.60	0.40	0.60	0.00	1.54	49.00	1.37	1.42	1.86
93		1.60	0.32	0.54	3.00	1.54	52.60	1.34	1.45	1.87
94		1.60	0.32	0.54	0.00	1.56	46.60	1.40	1.48	1.86
95		1.60	0.24	0.54	3.00	1.58	52.60	1.40	1.47	1.90
96		1.60	0.24	0.48	0.00	1.58	44.20	1.42	1.53	1.83
97		1.60	0.32	0.60	0.00	1.58	49.00	1.46	1.45	1.89
98		1.80	0.63	0.60	0.00	1.62	52.00	1.33	1.72	1.85
99		1.80	0.54	0.54	3.00	1.63	55.30	1.31	1.78	1.86
100		1.80	0.63	0.60	4.00	1.63	60.00	1.33	1.71	1.91
101		1.80	0.54	0.48	0.00	1.64	46.60	1.32	1.85	1.80
102		1.80	0.36	0.30	3.00	1.64	44.50	1.30	1.99	1.67
103		1.80	0.45	0.36	0.00	1.64	41.20	1.32	1.96	1.70
104		1.80	0.54	0.54	1.00	1.65	51.30	1.31	1.82	1.89
105		1.80	0.54	0.54	0.00	1.66	49.30	1.37	1.81	1.85
106		1.80	0.45	0.42	1.00	1.66	45.90	1.30	1.93	1.79
107		1.80	0.54	0.60	0.00	1.67	52.00	1.43	1.77	1.88

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
108	36	1.80	0.45	0.60	3.00	1.70	58.00	1.45	1.78	1.91
109		1.80	0.36	0.42	0.00	1.71	43.90	1.44	1.96	1.78
110		2.00	0.80	0.54	0.00	1.73	52.00	1.30	2.11	1.83
111		2.00	0.80	0.60	1.00	1.7379	57.00	1.30	2.07	1.90
112		2.00	0.80	0.54	4.00	1.7456	60.00	1.30	2.10	1.89
113		2.00	0.70	0.42	0.00	1.7546	46.00	1.30	2.27	1.75
114		2.00	0.70	0.54	3.00	1.7656	58.00	1.34	2.15	1.87
115		2.00	0.50	0.24	3.00	1.7901	43.00	1.31	2.47	1.64
116		2.00	0.60	0.36	1.00	1.7902	45.00	1.30	2.38	1.74
117		2.20	0.99	0.60	3.00	1.8314	64.00	1.32	2.36	1.88
118		2.20	0.99	0.54	0.00	1.8517	54.70	1.32	2.45	1.84
119		2.20	0.88	0.48	3.00	1.8794	57.40	1.30	2.57	1.83
120	38	1.40	0.28	0.30	0.00	1.4423	35.50	1.32	1.33	1.72
121		1.40	0.21	0.30	3.00	1.4529	41.50	1.33	1.32	1.75
122		1.40	0.21	0.24	1.00	1.4543	35.40	1.30	1.37	1.74
123		1.40	0.21	0.30	2.00	1.4547	39.50	1.31	1.33	1.76
124		1.40	0.28	0.30	4.00	1.4585	43.50	1.32	1.32	1.78
125		1.40	0.21	0.24	0.00	1.4600	33.40	1.36	1.36	1.70
126		1.40	0.28	0.36	1.00	1.4610	39.60	1.30	1.31	1.81
127		1.40	0.28	0.36	0.00	1.4664	37.60	1.36	1.30	1.78
128		1.40	0.21	0.30	1.00	1.4719	37.50	1.33	1.35	1.78
129		1.40	0.21	0.24	4.00	1.4759	41.40	1.36	1.36	1.76
130		1.40	0.21	0.30	0.00	1.4779	35.50	1.39	1.34	1.74
131		1.40	0.21	0.36	2.00	1.4791	41.60	1.35	1.31	1.82
132		1.40	0.21	0.30	4.00	1.4943	43.50	1.39	1.34	1.80
133		1.40	0.21	0.36	1.00	1.4966	39.60	1.37	1.33	1.84
134		1.40	0.21	0.36	0.00	1.5027	37.60	1.43	1.32	1.80
135		1.40	0.21	0.36	4.00	1.5197	45.60	1.43	1.32	1.86
136		1.40	0.21	0.42	1.00	1.5255	41.70	1.41	1.30	1.91
137		1.60	0.48	0.30	0.00	1.5465	37.00	1.31	1.67	1.71
138		1.60	0.64	0.60	0.00	1.5495	49.00	1.35	1.42	1.93
139		1.60	0.40	0.24	3.00	1.5538	40.60	1.30	1.71	1.70
140		1.60	0.48	0.30	4.00	1.5621	45.00	1.31	1.66	1.76
141		1.60	0.56	0.54	3.00	1.5648	52.60	1.32	1.48	1.94
142		1.60	0.56	0.48	0.00	1.5662	44.20	1.33	1.54	1.87
143		1.60	0.48	0.42	3.00	1.5683	47.80	1.32	1.59	1.84
144		1.60	0.48	0.36	0.00	1.5684	39.40	1.34	1.64	1.77
145		1.60	0.56	0.60	3.00	1.5826	55.00	1.38	1.45	1.97
146		1.80	0.90	0.60	0.00	1.6033	52.00	1.30	1.65	1.90
147		1.80	0.90	0.60	4.00	1.6209	60.00	1.30	1.65	1.96
148		1.80	0.81	0.60	3.00	1.6441	58.00	1.33	1.71	1.94
149		1.80	0.81	0.54	0.00	1.6553	49.30	1.33	1.78	1.90
150		1.80	0.72	0.48	3.00	1.6724	52.60	1.32	1.86	1.89
151		1.80	0.72	0.42	0.00	1.6754	43.90	1.33	1.93	1.82
152		1.80	0.63	0.36	3.00	1.6865	47.20	1.33	2.00	1.79
153		2.00	1.10	0.60	0.00	1.7132	55.00	1.34	1.94	1.91
154		2.00	1.10	0.60	4.00	1.7304	63.00	1.34	1.93	1.97
155		2.00	1.00	0.54	3.00	1.7472	58.00	1.31	2.07	1.92
156		2.00	1.00	0.48	0.00	1.7560	49.00	1.32	2.14	1.86
157		2.20	1.32	0.60	3.00	1.7867	64.00	1.33	2.17	1.92
158	40	1.40	0.49	0.30	0.00	1.4732	35.50	1.33	1.35	1.78
159		1.40	0.49	0.36	3.00	1.4735	43.60	1.30	1.31	1.85
160		1.40	0.42	0.24	3.00	1.4828	39.40	1.32	1.39	1.78
161		1.40	0.42	0.24	2.00	1.4848	37.40	1.31	1.40	1.79
162		1.40	0.49	0.30	4.00	1.4899	43.50	1.33	1.35	1.84
163		1.40	0.49	0.36	1.00	1.4928	39.60	1.31	1.34	1.88
164		1.40	0.49	0.36	0.00	1.4978	37.60	1.36	1.33	1.84

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
165	40	1.40	0.42	0.30	3.00	1.5008	41.50	1.36	1.37	1.82
166		1.40	0.42	0.24	0.00	1.5080	33.40	1.39	1.42	1.77
167		1.40	0.49	0.36	4.00	1.5152	45.60	1.36	1.33	1.90
168		1.40	0.49	0.42	1.00	1.5216	41.70	1.35	1.31	1.95
169		1.40	0.42	0.24	4.00	1.5246	41.40	1.39	1.41	1.82
170		1.40	0.42	0.36	3.00	1.5260	43.60	1.40	1.35	1.88
171		1.40	0.42	0.30	0.00	1.5264	35.50	1.42	1.39	1.81
172		1.40	0.49	0.42	0.00	1.5267	39.70	1.40	1.31	1.91
173		1.40	0.35	0.24	3.00	1.5313	39.40	1.41	1.42	1.80
174		1.40	0.35	0.24	2.00	1.5332	37.40	1.40	1.44	1.81
175		1.60	0.88	0.60	0.00	1.5408	49.00	1.35	1.34	1.98
176		1.40	0.42	0.30	4.00	1.5434	43.50	1.42	1.39	1.87
177		1.40	0.49	0.42	4.00	1.5449	47.70	1.40	1.30	1.97
178		1.40	0.42	0.36	1.00	1.5459	39.60	1.40	1.38	1.91
179		1.40	0.35	0.30	3.00	1.5502	41.50	1.45	1.40	1.84
180		1.40	0.35	0.24	1.00	1.5514	35.40	1.42	1.45	1.83
181		1.40	0.35	0.30	2.00	1.5519	39.50	1.43	1.41	1.86
182		1.40	0.42	0.36	0.00	1.5519	37.60	1.46	1.37	1.87
183		1.40	0.42	0.42	3.00	1.5556	45.70	1.44	1.33	1.95
184		1.40	0.35	0.24	0.00	1.5582	33.40	1.48	1.45	1.79
185		1.60	0.88	0.60	4.00	1.5596	57.00	1.35	1.34	2.04
186		1.60	0.80	0.54	3.00	1.5621	52.60	1.31	1.43	1.99
187		1.60	0.80	0.48	0.00	1.5622	44.20	1.32	1.48	1.93
188		1.40	0.35	0.30	1.00	1.5703	37.50	1.46	1.43	1.87
189		1.60	0.72	0.36	0.00	1.5729	39.40	1.33	1.62	1.82
190		1.60	0.72	0.42	3.00	1.5739	47.80	1.31	1.56	1.90
191		1.40	0.35	0.30	0.00	1.5773	35.50	1.52	1.43	1.83
192		1.40	0.28	0.24	2.00	1.5778	37.40	1.48	1.46	1.84
193		1.40	0.42	0.48	3.00	1.5866	47.80	1.49	1.30	2.02
194		1.60	0.64	0.30	3.00	1.5870	43.00	1.32	1.68	1.80
195		1.40	0.28	0.30	2.00	1.5973	39.50	1.52	1.44	1.88
196		1.60	0.72	0.42	0.00	1.5996	41.80	1.37	1.59	1.89
197		1.40	0.42	0.42	4.00	1.6004	47.70	1.50	1.34	2.00
198		1.40	0.28	0.24	0.00	1.6045	33.40	1.57	1.47	1.82
199		1.80	1.08	0.48	0.00	1.6103	46.60	1.31	1.67	1.90
200		1.40	0.21	0.24	2.00	1.6172	37.40	1.56	1.48	1.86
201		1.40	0.28	0.36	3.00	1.6229	43.60	1.58	1.40	1.93
202		1.80	1.08	0.60	3.00	1.6243	58.00	1.36	1.57	1.99
203		1.80	1.08	0.48	4.00	1.6278	54.60	1.31	1.66	1.96
204		1.80	0.99	0.48	3.00	1.6552	52.60	1.32	1.75	1.94
205		1.80	0.99	0.42	0.00	1.6562	43.90	1.34	1.82	1.87
206		2.00	1.20	0.30	0.00	1.7299	40.00	1.31	2.18	1.74
207	42	1.40	0.70	0.24	0.00	1.4624	33.40	1.31	1.33	1.80
208		1.40	0.70	0.24	4.00	1.4794	41.40	1.31	1.32	1.85
209		1.40	0.70	0.30	4.00	1.4982	43.50	1.34	1.30	1.90
210		1.40	0.63	0.24	3.00	1.4989	39.40	1.33	1.37	1.84
211		1.40	0.63	0.24	2.00	1.5010	37.40	1.32	1.39	1.85
212		1.40	0.63	0.30	3.00	1.5176	41.50	1.37	1.35	1.88
213		1.40	0.63	0.24	1.00	1.5187	35.40	1.34	1.40	1.86
214		1.40	0.63	0.30	2.00	1.5196	39.50	1.35	1.36	1.89
215		1.60	0.96	0.24	0.00	1.5239	34.60	1.31	1.54	1.77
216		1.60	0.96	0.36	3.00	1.5398	45.40	1.32	1.46	1.88
217		1.60	0.96	0.24	4.00	1.5403	42.60	1.31	1.53	1.83
218		1.40	0.56	0.24	3.00	1.5599	39.40	1.43	1.43	1.87
219		1.60	0.88	0.24	3.00	1.5657	40.60	1.32	1.62	1.81
220		1.80	1.08	0.24	3.00	1.6923	41.80	1.38	1.93	1.82

Çizelge 2.2. H=5m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	5.00	1.00	0.75	0.00	2.2435	125.00	0.92	4.71	1.17
2		5.00	0.75	0.75	3.00	2.2455	134.38	0.92	4.69	1.19
3		5.00	0.75	0.75	2.00	2.2578	131.25	0.91	4.73	1.20
4		5.00	0.75	0.68	0.00	2.3009	115.63	0.93	4.88	1.17
5	22	4.75	0.71	0.75	3.00	2.2562	129.69	1.02	4.52	1.30
6		4.75	0.95	0.75	4.00	2.2600	132.81	1.01	4.52	1.32
7		4.75	0.71	0.75	0.00	2.2952	120.31	1.06	4.60	1.29
8		5.00	1.25	0.75	0.00	2.4064	125.00	1.03	4.98	1.28
9		5.00	1.25	0.75	4.00	2.4126	137.50	1.03	4.96	1.32
10		5.00	1.00	0.75	3.00	2.4200	134.38	1.04	4.98	1.30
11	24	5.00	1.00	0.75	0.00	2.7040	125.00	1.30	5.46	1.43
12		5.00	0.75	0.75	3.00	2.7071	134.38	1.31	5.44	1.46
13		5.00	0.75	0.75	1.00	2.7531	128.13	1.31	5.56	1.48
14		5.00	0.75	0.68	0.00	2.7712	115.63	1.31	5.66	1.43
15	26	4.25	0.64	0.75	0.00	2.3472	110.94	1.30	4.30	1.51
16		4.25	0.64	0.75	4.00	2.3569	123.44	1.30	4.28	1.56
17		4.50	0.90	0.75	0.00	2.5019	115.63	1.33	4.74	1.52
18		4.50	0.68	0.75	3.00	2.5066	125.00	1.33	4.72	1.55
19		4.50	0.90	0.75	4.00	2.5110	128.13	1.32	4.71	1.57
20		4.50	0.68	0.75	1.00	2.5480	118.75	1.34	4.81	1.57
21		4.50	0.68	0.75	0.00	2.5511	115.63	1.39	4.80	1.54
22		4.50	0.68	0.68	0.00	2.5604	107.19	1.34	4.91	1.52
23		4.75	1.19	0.75	0.00	2.6586	120.31	1.34	5.19	1.52
24		4.75	1.19	0.75	4.00	2.6671	132.81	1.34	5.17	1.57
25		4.75	0.95	0.75	3.00	2.6751	129.69	1.36	5.19	1.55
26		4.75	0.95	0.75	1.00	2.7200	123.44	1.37	5.30	1.58
27		4.75	0.71	0.75	1.00	2.7725	123.44	1.44	5.37	1.60
28		5.00	1.50	0.75	1.00	2.8202	128.13	1.30	5.69	1.56
29		5.00	1.25	0.75	3.00	2.8517	134.38	1.38	5.70	1.56
30	28	3.75	0.56	0.75	0.00	2.1859	101.56	1.35	3.67	1.60
31		3.75	0.56	0.75	4.00	2.1973	114.06	1.35	3.66	1.65
32		4.00	0.80	0.75	3.00	2.2927	115.63	1.31	4.02	1.61
33		4.00	0.60	0.75	3.00	2.3391	115.63	1.38	4.08	1.63
34		4.25	1.06	0.75	3.00	2.4320	120.31	1.32	4.43	1.62
35		4.25	0.85	0.75	3.00	2.4918	120.31	1.40	4.51	1.64
36		4.25	0.64	0.75	3.00	2.5418	120.31	1.47	4.57	1.66
37		4.50	1.35	0.75	3.00	2.5680	125.00	1.32	4.84	1.63
38	30	3.00	0.45	0.75	0.00	1.8285	87.50	1.31	2.60	1.64
39		3.00	0.45	0.75	4.00	1.8419	100.00	1.31	2.58	1.69
40		3.25	0.65	0.75	0.00	1.9733	92.19	1.33	3.00	1.65
41		3.25	0.49	0.75	3.00	1.9812	101.56	1.34	2.98	1.68
42	32	2.50	0.38	0.75	0.00	1.6422	78.13	1.32	1.95	1.71
43		2.50	0.38	0.75	4.00	1.6573	90.63	1.32	1.94	1.76
44		2.75	0.55	0.68	0.00	1.7791	77.66	1.30	2.39	1.69
45		2.75	0.55	0.75	1.00	1.7842	85.94	1.30	2.35	1.75
46		2.75	0.41	0.68	3.00	1.7880	87.03	1.31	2.38	1.73
47		2.75	0.55	0.75	0.00	1.7887	82.81	1.36	2.34	1.72
48		2.75	0.55	0.68	4.00	1.7935	90.16	1.30	2.38	1.75
49		2.75	0.41	0.75	3.00	1.7979	92.19	1.37	2.33	1.75
50		2.75	0.55	0.75	4.00	1.8034	95.31	1.36	2.33	1.78
51		2.75	0.41	0.68	0.00	1.8188	77.66	1.37	2.42	1.72
52		2.75	0.41	0.68	4.00	1.8333	90.16	1.37	2.41	1.77
53		3.00	0.75	0.75	3.00	1.8980	96.88	1.32	2.69	1.74
54		3.00	0.75	0.68	0.00	1.9236	81.88	1.33	2.80	1.71
55		3.00	0.75	0.75	0.00	1.9306	87.50	1.38	2.73	1.73

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
56	32	3.00	0.60	0.68	3.00	1.9407	91.25	1.34	2.80	1.74
57		3.00	0.60	0.53	0.00	1.9449	70.63	1.31	2.96	1.62
58		3.00	0.45	0.53	3.00	1.9526	80.00	1.32	2.95	1.65
59		3.25	1.14	0.75	4.00	2.0103	104.69	1.30	3.02	1.77
60		3.25	0.98	0.75	3.00	2.0302	101.56	1.33	3.07	1.75
61	34	2.25	0.34	0.68	3.00	1.5896	78.59	1.30	1.72	1.79
62		2.25	0.45	0.75	0.00	1.5940	73.44	1.35	1.69	1.79
63		2.25	0.34	0.60	0.00	1.5954	65.00	1.32	1.79	1.73
64		2.25	0.34	0.75	3.00	1.6046	82.81	1.36	1.68	1.82
65		2.25	0.34	0.75	2.00	1.6074	79.69	1.34	1.70	1.83
66		2.25	0.45	0.75	4.00	1.6104	85.94	1.35	1.68	1.84
67		2.25	0.34	0.60	4.00	1.6111	77.50	1.32	1.78	1.79
68		2.25	0.34	0.68	0.00	1.6163	69.22	1.37	1.75	1.78
69		2.25	0.34	0.75	1.00	1.6264	76.56	1.37	1.72	1.85
70		2.25	0.34	0.75	0.00	1.6320	73.44	1.42	1.71	1.81
71		2.25	0.34	0.68	4.00	1.6325	81.72	1.37	1.74	1.84
72		2.50	0.75	0.75	0.00	1.6827	78.13	1.31	2.01	1.77
73		2.50	0.75	0.75	4.00	1.6984	90.63	1.31	2.01	1.83
74		2.50	0.63	0.75	3.00	1.7067	87.50	1.34	2.03	1.81
75		2.50	0.63	0.75	2.00	1.7106	84.38	1.32	2.04	1.82
76		2.50	0.50	0.60	3.00	1.7219	78.13	1.31	2.15	1.76
77		2.50	0.63	0.68	0.00	1.7231	73.44	1.34	2.11	1.77
78		2.50	0.50	0.53	0.00	1.7301	64.06	1.33	2.23	1.69
79		2.50	0.38	0.38	0.00	1.7313	54.69	1.32	2.34	1.59
80		2.50	0.38	0.53	3.00	1.7392	73.44	1.33	2.22	1.72
81		2.50	0.38	0.68	3.00	1.7804	82.81	1.43	2.14	1.83
82		2.75	0.96	0.75	0.00	1.8112	82.81	1.33	2.38	1.78
83		2.75	0.96	0.75	4.00	1.8265	95.31	1.33	2.36	1.84
84		2.75	0.83	0.68	3.00	1.8332	87.03	1.30	2.46	1.79
85		2.75	0.83	0.60	0.00	1.8483	72.50	1.32	2.55	1.73
86		2.75	0.69	0.45	0.00	1.8680	62.19	1.32	2.70	1.64
87		2.75	0.55	0.38	3.00	1.8696	66.41	1.30	2.75	1.61
88		2.75	0.41	0.30	3.00	1.9014	61.25	1.34	2.83	1.59
89		3.00	1.20	0.75	0.00	1.9328	87.50	1.34	2.73	1.79
90		3.00	1.05	0.68	3.00	1.9658	91.25	1.31	2.84	1.80
91		3.00	0.90	0.60	3.00	2.0192	85.63	1.36	2.98	1.78
92	36	2.00	0.50	0.75	3.00	1.5131	78.13	1.31	1.40	1.88
93		2.00	0.40	0.53	0.00	1.5142	57.50	1.30	1.54	1.75
94		2.00	0.50	0.68	0.00	1.5206	65.00	1.32	1.45	1.84
95		2.00	0.30	0.53	3.00	1.5246	66.88	1.31	1.53	1.78
96		2.00	0.30	0.45	0.00	1.5250	53.75	1.33	1.58	1.71
97		2.00	0.40	0.53	4.00	1.5304	70.00	1.30	1.53	1.80
98		2.00	0.50	0.75	1.00	1.5332	71.88	1.32	1.43	1.90
99		2.00	0.50	0.68	4.00	1.5378	77.50	1.32	1.45	1.90
100		2.00	0.50	0.75	0.00	1.5380	68.75	1.37	1.42	1.86
101		2.00	0.40	0.68	3.00	1.5383	74.38	1.34	1.45	1.87
102		2.00	0.40	0.68	2.00	1.5407	71.25	1.32	1.47	1.88
103		2.00	0.40	0.75	3.00	1.5561	78.13	1.39	1.42	1.90
104		2.00	0.40	0.68	0.00	1.5639	65.00	1.40	1.48	1.86
105		2.00	0.30	0.68	3.00	1.5752	74.38	1.40	1.47	1.90
106		2.00	0.40	0.75	1.00	1.5766	71.88	1.40	1.45	1.93
107		2.00	0.40	0.75	0.00	1.5824	68.75	1.46	1.45	1.89
108		2.25	0.79	0.75	0.00	1.6165	73.44	1.33	1.72	1.85
109		2.25	0.68	0.68	3.00	1.6311	78.59	1.31	1.78	1.86
110		2.25	0.68	0.60	0.00	1.6370	65.00	1.32	1.85	1.80
111		2.25	0.45	0.38	3.00	1.6387	61.72	1.30	1.99	1.67
112		2.25	0.56	0.45	0.00	1.6415	56.56	1.32	1.96	1.70

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
113	36	2.25	0.45	0.30	0.00	1.6538	48.13	1.33	2.06	1.62
114		2.25	0.56	0.45	4.00	1.6565	69.06	1.32	1.95	1.75
115		2.25	0.68	0.68	0.00	1.6581	69.22	1.37	1.81	1.85
116		2.25	0.56	0.53	1.00	1.6600	63.91	1.30	1.93	1.79
117		2.25	0.56	0.60	3.00	1.6609	74.38	1.34	1.86	1.83
118		2.25	0.56	0.68	0.00	1.7112	69.22	1.46	1.85	1.87
119		2.50	1.00	0.68	0.00	1.7294	73.44	1.30	2.11	1.83
120		2.50	1.00	0.75	1.00	1.7379	81.25	1.30	2.07	1.90
121		2.50	0.88	0.53	0.00	1.7546	64.06	1.30	2.27	1.75
122		2.50	0.88	0.68	3.00	1.7656	82.81	1.34	2.15	1.87
123		2.50	0.75	0.38	0.00	1.7772	54.69	1.32	2.41	1.65
124		2.50	0.88	0.75	3.00	1.7783	87.50	1.39	2.10	1.90
125		2.50	0.75	0.53	3.00	1.7854	73.44	1.33	2.30	1.78
126		2.25	0.34	0.75	3.00	1.7892	82.81	1.62	1.83	1.96
127		2.75	1.24	0.75	3.00	1.8314	92.19	1.32	2.36	1.88
128		2.75	1.24	0.68	0.00	1.8517	77.66	1.32	2.45	1.84
129		2.75	1.10	0.60	3.00	1.8794	81.88	1.30	2.57	1.83
130	38	1.75	0.35	0.38	0.00	1.4423	47.66	1.32	1.33	1.72
131		1.75	0.26	0.38	3.00	1.4529	57.03	1.33	1.32	1.75
132		1.75	0.26	0.30	1.00	1.4543	47.50	1.30	1.37	1.74
133		1.75	0.26	0.38	2.00	1.4547	53.91	1.31	1.33	1.76
134		1.75	0.35	0.38	4.00	1.4585	60.16	1.32	1.32	1.78
135		1.75	0.26	0.30	0.00	1.4600	44.38	1.36	1.36	1.70
136		1.75	0.35	0.45	1.00	1.4610	54.06	1.30	1.31	1.81
137		1.75	0.35	0.45	0.00	1.4664	50.94	1.36	1.30	1.78
138		1.75	0.26	0.38	1.00	1.4719	50.78	1.33	1.35	1.78
139		1.75	0.26	0.30	4.00	1.4759	56.88	1.36	1.36	1.76
140		1.75	0.26	0.38	0.00	1.4779	47.66	1.39	1.34	1.74
141		1.75	0.26	0.45	2.00	1.4791	57.19	1.35	1.31	1.82
142		1.75	0.26	0.38	4.00	1.4943	60.16	1.39	1.34	1.80
143		1.75	0.26	0.45	1.00	1.4966	54.06	1.37	1.33	1.84
144		1.75	0.26	0.45	0.00	1.5027	50.94	1.43	1.32	1.80
145		1.75	0.26	0.45	4.00	1.5197	63.44	1.43	1.32	1.86
146		1.75	0.26	0.53	1.00	1.5255	57.34	1.41	1.30	1.91
147		2.00	0.60	0.38	0.00	1.5465	50.00	1.31	1.67	1.71
148		2.00	0.80	0.75	0.00	1.5495	68.75	1.35	1.42	1.93
149		2.00	0.50	0.30	3.00	1.5538	55.63	1.30	1.71	1.70
150		2.00	0.60	0.38	4.00	1.5621	62.50	1.31	1.66	1.76
151	38	2.00	0.70	0.68	3.00	1.5648	74.38	1.32	1.48	1.94
152		2.00	0.70	0.60	0.00	1.5662	61.25	1.33	1.54	1.87
153		2.00	0.60	0.53	3.00	1.5683	66.88	1.32	1.59	1.84
154		2.00	0.50	0.45	3.00	1.5919	63.13	1.37	1.65	1.80
155		2.00	0.60	0.60	3.00	1.5952	70.63	1.37	1.56	1.91
156		2.25	1.13	0.75	0.00	1.6033	73.44	1.30	1.65	1.90
157		2.25	1.13	0.75	4.00	1.6209	85.94	1.30	1.65	1.96
158		2.00	0.60	0.75	3.00	1.6389	78.13	1.48	1.49	2.00
159		2.25	1.01	0.75	3.00	1.6441	82.81	1.33	1.71	1.94
160		2.00	0.60	0.68	0.00	1.6470	65.00	1.48	1.55	1.95
161		2.25	1.01	0.68	0.00	1.6553	69.22	1.33	1.78	1.90
162		2.25	0.90	0.60	3.00	1.6724	74.38	1.32	1.86	1.89
163		2.25	0.90	0.53	0.00	1.6754	60.78	1.33	1.93	1.82
164		2.25	0.79	0.30	0.00	1.6814	48.13	1.32	2.10	1.68
165		2.25	0.79	0.45	3.00	1.6865	65.94	1.33	2.00	1.79
166		2.50	1.38	0.75	0.00	1.7132	78.13	1.34	1.94	1.91
167		2.50	1.25	0.68	3.00	1.7472	82.81	1.31	2.07	1.92
168		2.75	1.65	0.75	3.00	1.7867	92.19	1.33	2.17	1.92
169		2.75	1.51	0.53	0.00	1.8506	67.34	1.31	2.50	1.80

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
170	40	1.75	0.61	0.38	0.00	1.4732	47.66	1.33	1.35	1.78
171		1.75	0.61	0.45	3.00	1.4735	60.31	1.30	1.31	1.85
172		1.75	0.53	0.30	3.00	1.4828	53.75	1.32	1.39	1.78
173		1.75	0.53	0.30	2.00	1.4848	50.63	1.31	1.40	1.79
174		1.75	0.61	0.38	4.00	1.4899	60.16	1.33	1.35	1.84
175		1.75	0.61	0.45	0.00	1.4978	50.94	1.36	1.33	1.84
176		1.75	0.53	0.38	3.00	1.5008	57.03	1.36	1.37	1.82
177		1.75	0.53	0.30	0.00	1.5080	44.38	1.39	1.42	1.77
178		1.75	0.61	0.45	4.00	1.5152	63.44	1.36	1.33	1.90
179		1.75	0.53	0.38	1.00	1.5205	50.78	1.36	1.40	1.84
180		1.75	0.61	0.53	1.00	1.5216	57.34	1.35	1.31	1.95
181		1.75	0.53	0.45	3.00	1.5260	60.31	1.40	1.35	1.88
182		1.75	0.53	0.38	0.00	1.5264	47.66	1.42	1.39	1.81
183		1.75	0.61	0.53	0.00	1.5267	54.22	1.40	1.31	1.91
184		1.75	0.53	0.45	2.00	1.5278	57.19	1.38	1.36	1.89
185		1.75	0.44	0.30	2.00	1.5332	50.63	1.40	1.44	1.81
186		2.00	1.10	0.75	0.00	1.5408	68.75	1.35	1.34	1.98
187		1.75	0.61	0.53	4.00	1.5449	66.72	1.40	1.30	1.97
188		1.75	0.44	0.38	3.00	1.5502	57.03	1.45	1.40	1.84
189		1.75	0.44	0.30	1.00	1.5514	47.50	1.42	1.45	1.83
190		1.75	0.44	0.38	2.00	1.5519	53.91	1.43	1.41	1.86
191		1.75	0.53	0.45	0.00	1.5519	50.94	1.46	1.37	1.87
192		1.75	0.53	0.53	2.00	1.5574	60.47	1.42	1.34	1.96
193		1.75	0.44	0.30	0.00	1.5582	44.38	1.48	1.45	1.79
194		2.00	1.10	0.75	4.00	1.5596	81.25	1.35	1.34	2.04
195		2.00	1.00	0.68	3.00	1.5621	74.38	1.31	1.43	1.99
196		2.00	1.00	0.60	0.00	1.5622	61.25	1.32	1.48	1.93
197		1.75	0.44	0.38	1.00	1.5703	50.78	1.46	1.43	1.87
198		2.00	0.90	0.45	0.00	1.5729	53.75	1.33	1.62	1.82
199		2.00	0.90	0.53	3.00	1.5739	66.88	1.31	1.56	1.90
200		1.75	0.53	0.53	1.00	1.5757	57.34	1.44	1.35	1.98
201		2.00	1.00	0.75	3.00	1.5804	78.13	1.37	1.40	2.02
202		2.00	0.80	0.38	3.00	1.5870	59.38	1.32	1.68	1.80
203		2.00	0.90	0.45	4.00	1.5897	66.25	1.33	1.61	1.88
204		2.00	0.80	0.30	0.00	1.5976	46.25	1.35	1.74	1.75
205		1.75	0.35	0.30	0.00	1.6045	44.38	1.57	1.47	1.82
206		2.25	1.35	0.60	0.00	1.6103	65.00	1.31	1.67	1.90
207		2.25	1.35	0.75	3.00	1.6243	82.81	1.36	1.57	1.99
208		2.00	0.70	0.30	3.00	1.6314	55.63	1.39	1.77	1.79
209		2.25	1.24	0.60	3.00	1.6552	74.38	1.32	1.75	1.94
210	42	1.75	0.88	0.30	0.00	1.4624	44.38	1.31	1.33	1.80
211		1.75	0.88	0.30	4.00	1.4794	56.88	1.31	1.32	1.85
212		1.75	0.88	0.38	4.00	1.4982	60.16	1.34	1.30	1.90
213		1.75	0.79	0.30	3.00	1.4989	53.75	1.33	1.37	1.84
214		1.75	0.79	0.30	2.00	1.5010	50.63	1.32	1.39	1.85
215		1.75	0.79	0.38	3.00	1.5176	57.03	1.37	1.35	1.88
216		1.75	0.79	0.30	1.00	1.5187	47.50	1.34	1.40	1.86
217		1.75	0.79	0.38	2.00	1.5196	53.91	1.35	1.36	1.89
218		2.00	1.20	0.30	0.00	1.5239	46.25	1.31	1.54	1.77
219		2.00	1.20	0.45	3.00	1.5398	63.13	1.32	1.46	1.88
220		1.75	0.70	0.30	3.00	1.5599	53.75	1.43	1.43	1.87
221		2.00	1.10	0.30	3.00	1.5657	55.63	1.32	1.62	1.81
222		2.25	1.35	0.30	3.00	1.6923	57.50	1.38	1.93	1.82

Çizelge 2.3. H=6m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	6.00	1.20	0.90	0.00	2.2435	172.50	0.92	4.71	1.17
2		6.00	0.90	0.90	3.00	2.2455	186.00	0.92	4.69	1.19
3		6.00	0.90	0.90	2.00	2.2578	181.50	0.91	4.73	1.20
4		6.00	0.90	0.81	0.00	2.3009	159.00	0.93	4.88	1.17
5	22	5.70	0.86	0.90	3.00	2.2562	179.250	1.017	4.519	1.301
6		5.70	1.14	0.90	4.00	2.2600	183.750	1.012	4.518	1.319
7		5.70	0.86	0.90	0.00	2.2952	165.750	1.065	4.596	1.294
8		6.00	1.50	0.90	0.00	2.4064	172.500	1.031	4.981	1.280
9		6.00	1.50	0.90	4.00	2.4126	190.500	1.031	4.959	1.321
10		6.00	1.20	0.90	3.00	2.4200	186.000	1.045	4.984	1.305
11	24	6.00	1.20	0.90	0.00	2.7040	172.500	1.299	5.464	1.430
12		6.00	0.90	0.90	3.00	2.7071	186.000	1.305	5.442	1.456
13		6.00	0.90	0.90	1.00	2.7531	177.000	1.310	5.556	1.477
14		6.00	0.90	0.81	0.00	2.7712	159.000	1.311	5.661	1.426
15	26	5.10	0.77	0.90	0.00	2.3472	152.250	1.303	4.295	1.515
16		5.10	0.77	0.90	4.00	2.3569	170.250	1.302	4.276	1.563
17		5.40	1.08	0.90	0.00	2.5019	159.000	1.325	4.735	1.521
18		5.40	0.81	0.90	3.00	2.5066	172.500	1.331	4.716	1.549
19		5.40	1.08	0.90	4.00	2.5110	177.000	1.325	4.714	1.570
20		5.40	0.81	0.90	2.00	2.5179	168.000	1.314	4.758	1.558
21		5.40	0.81	0.90	1.00	2.5480	163.500	1.336	4.814	1.571
22		5.40	0.81	0.90	0.00	2.5511	159.000	1.394	4.796	1.540
23		5.70	1.43	0.90	0.00	2.6586	165.750	1.342	5.190	1.525
24		5.70	1.43	0.90	4.00	2.6671	183.750	1.342	5.167	1.574
25		5.70	1.14	0.90	3.00	2.6751	179.250	1.360	5.193	1.554
26		5.70	1.14	0.90	1.00	2.7200	170.250	1.365	5.301	1.576
27		6.00	1.80	0.90	1.00	2.8202	177.000	1.302	5.687	1.556
28		6.00	1.50	0.90	3.00	2.8517	186.000	1.385	5.700	1.556
29	28	4.50	0.68	0.90	0.00	2.1859	138.750	1.353	3.674	1.610
30		4.50	0.68	0.90	4.00	2.1973	156.750	1.353	3.658	1.647
31		4.80	0.96	0.90	3.00	2.2927	159.000	1.310	4.024	1.614
32		4.80	0.72	0.90	3.00	2.3391	159.000	1.378	4.076	1.635
33		5.10	1.28	0.90	3.00	2.4320	165.750	1.318	4.431	1.621
34		5.10	1.02	0.90	3.00	2.4918	165.750	1.398	4.510	1.643
35		5.40	1.62	0.90	3.00	2.5680	172.500	1.320	4.836	1.625
36	30	3.60	0.54	0.90	0.00	1.8285	118.500	1.306	2.596	1.639
37		3.60	0.54	0.90	4.00	1.8419	136.500	1.305	2.585	1.692
38		3.90	0.78	0.90	0.00	1.9733	125.250	1.332	2.997	1.651
39		3.90	0.59	0.90	3.00	1.9812	138.750	1.338	2.984	1.681
40	32	3.00	0.45	0.90	0.00	1.6422	105.000	1.317	1.952	1.707
41		3.00	0.45	0.90	4.00	1.6573	123.000	1.316	1.944	1.762
42		3.30	0.66	0.81	0.00	1.7791	104.325	1.304	2.393	1.694
43		3.30	0.66	0.90	1.00	1.7842	116.250	1.304	2.348	1.755
44		3.30	0.50	0.81	3.00	1.7880	117.825	1.310	2.383	1.725
45		3.30	0.50	0.90	3.00	1.7979	125.250	1.366	2.330	1.752
46		3.30	0.50	0.72	0.00	1.8029	96.900	1.322	2.473	1.669
47		3.30	0.66	0.90	4.00	1.8034	129.750	1.360	2.329	1.776
48		3.30	0.50	0.81	0.00	1.8188	104.325	1.372	2.424	1.716
49		3.30	0.50	0.90	4.00	1.8441	129.750	1.430	2.359	1.798
50		3.60	0.90	0.90	3.00	1.8980	132.000	1.321	2.689	1.742
51		3.60	0.90	0.81	0.00	1.9236	110.400	1.326	2.797	1.706
52		3.60	0.72	0.81	3.00	1.9407	123.900	1.344	2.799	1.738
53		3.60	0.72	0.63	0.00	1.9449	94.200	1.312	2.958	1.623
54		3.60	0.54	0.63	3.00	1.9526	107.700	1.318	2.946	1.653
55		3.90	1.37	0.90	0.00	1.9966	125.250	1.298	3.036	1.717

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
56	32	3.90	1.37	0.90	4.00	2.0103	143.250	1.297	3.023	1.772
57		3.90	1.17	0.90	3.00	2.0302	138.750	1.328	3.072	1.752
58	34	2.70	0.41	0.81	3.00	1.5896	105.675	1.304	1.721	1.792
59		2.70	0.54	0.90	0.00	1.5940	98.250	1.354	1.689	1.787
60		2.70	0.41	0.72	0.00	1.5954	86.100	1.316	1.786	1.733
61		2.70	0.41	0.90	3.00	1.6046	111.750	1.361	1.682	1.819
62		2.70	0.41	0.90	2.00	1.6074	107.250	1.343	1.697	1.830
63		2.70	0.41	0.72	4.00	1.6111	104.100	1.316	1.778	1.788
64		2.70	0.41	0.90	1.00	1.6264	102.750	1.366	1.718	1.845
65		2.70	0.41	0.90	0.00	1.6320	98.250	1.425	1.711	1.810
66		3.00	0.90	0.90	0.00	1.6827	105.000	1.310	2.014	1.774
67		3.00	0.90	0.90	4.00	1.6984	123.000	1.310	2.005	1.831
68		3.00	0.75	0.90	3.00	1.7067	118.500	1.336	2.026	1.809
69		3.00	0.75	0.90	2.00	1.7106	114.000	1.319	2.044	1.820
70		3.00	0.60	0.72	3.00	1.7219	105.000	1.310	2.152	1.756
71		3.00	0.75	0.81	0.00	1.7231	98.250	1.342	2.108	1.772
72		3.00	0.60	0.63	0.00	1.7301	84.750	1.327	2.230	1.686
73		3.00	0.45	0.45	0.00	1.7313	71.250	1.320	2.335	1.591
74		3.00	0.45	0.63	3.00	1.7392	98.250	1.333	2.220	1.717
75		3.00	0.60	0.81	3.00	1.7405	111.750	1.359	2.109	1.806
76		3.00	0.45	0.81	3.00	1.7804	111.750	1.430	2.136	1.829
77		3.30	1.16	0.90	0.00	1.8112	111.750	1.329	2.375	1.784
78		3.30	1.16	0.90	4.00	1.8265	129.750	1.328	2.365	1.842
79		3.30	0.99	0.81	3.00	1.8332	117.825	1.304	2.458	1.793
80		3.30	0.83	0.54	0.00	1.8680	82.050	1.320	2.705	1.636
81		3.60	1.44	0.90	0.00	1.9328	118.500	1.336	2.728	1.793
82		3.60	1.26	0.81	3.00	1.9658	123.900	1.313	2.841	1.803
83		3.90	1.76	0.90	4.00	2.0590	143.250	1.338	3.045	1.857
84	36	2.40	0.60	0.90	3.00	1.5131	105.000	1.313	1.397	1.875
85		2.40	0.48	0.63	0.00	1.5142	75.300	1.304	1.537	1.747
86		2.40	0.60	0.81	0.00	1.5206	86.100	1.318	1.454	1.836
87		2.40	0.36	0.63	3.00	1.5246	88.800	1.310	1.531	1.779
88		2.40	0.36	0.54	0.00	1.5250	69.900	1.332	1.584	1.705
89		2.40	0.48	0.63	4.00	1.5304	93.300	1.304	1.531	1.803
90		2.40	0.60	0.90	1.00	1.5332	96.000	1.318	1.426	1.902
91		2.40	0.60	0.81	4.00	1.5378	104.100	1.318	1.447	1.895
92		2.40	0.60	0.90	0.00	1.5380	91.500	1.375	1.421	1.865
93		2.40	0.48	0.81	3.00	1.5383	99.600	1.336	1.454	1.871
94		2.40	0.48	0.72	0.00	1.5400	80.700	1.348	1.509	1.810
95		2.40	0.60	0.90	4.00	1.5556	109.500	1.374	1.415	1.925
96		2.40	0.60	0.90	4.00	1.5561	109.500	1.374	1.415	1.925
97		2.40	0.60	0.90	4.00	1.5639	109.500	1.374	1.415	1.925
98		2.40	0.60	0.90	4.00	1.5752	109.500	1.374	1.415	1.925
99		2.40	0.60	0.90	4.00	1.5824	109.500	1.374	1.415	1.925
100		2.40	0.60	0.90	4.00	1.6001	109.500	1.374	1.415	1.925
101		2.40	0.60	0.90	4.00	1.6020	109.500	1.374	1.415	1.925
102		2.70	0.95	0.90	0.00	1.6165	98.250	1.330	1.719	1.850
103		2.70	0.81	0.81	3.00	1.6311	105.675	1.306	1.779	1.859
104		2.70	0.81	0.72	0.00	1.6370	86.100	1.317	1.846	1.797
105		2.70	0.54	0.45	3.00	1.6387	81.375	1.304	1.990	1.672
106		2.70	0.68	0.54	0.00	1.6415	73.950	1.321	1.957	1.696
107		2.70	0.81	0.90	3.00	1.6461	111.750	1.362	1.739	1.887
108		2.70	0.81	0.81	0.00	1.6581	92.175	1.367	1.809	1.848
109		2.70	0.68	0.72	3.00	1.6609	99.600	1.343	1.857	1.833
110		2.70	0.68	0.63	0.00	1.6647	80.025	1.361	1.924	1.760
111		2.70	0.68	0.81	0.00	1.7112	92.175	1.460	1.851	1.875
112		3.00	1.20	0.81	0.00	1.7294	98.250	1.303	2.107	1.831

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
113	36	3.00	1.20	0.90	1.00	1.7379	109.500	1.303	2.068	1.896
114		3.00	1.20	0.90	0.00	1.7417	105.000	1.359	2.060	1.859
115		3.00	1.05	0.63	0.00	1.7546	84.750	1.304	2.268	1.745
116		3.00	1.05	0.81	3.00	1.7656	111.750	1.335	2.146	1.870
117		3.00	0.90	0.45	0.00	1.7772	71.250	1.321	2.414	1.651
118		3.00	0.90	0.63	3.00	1.7854	98.250	1.334	2.295	1.781
119		3.00	0.75	0.36	3.00	1.7901	78.000	1.314	2.468	1.643
120		3.30	1.49	0.90	3.00	1.8314	125.250	1.315	2.357	1.877
121		3.30	1.32	0.72	3.00	1.8794	110.400	1.303	2.565	1.827
122	38	2.10	0.42	0.45	0.00	1.4423	61.125	1.323	1.326	1.721
123		2.10	0.32	0.45	3.00	1.4529	74.625	1.329	1.320	1.753
124		2.10	0.32	0.36	1.00	1.4543	60.900	1.301	1.370	1.736
125		2.10	0.32	0.45	2.00	1.4547	70.125	1.312	1.332	1.764
126		2.10	0.42	0.45	4.00	1.4585	79.125	1.323	1.320	1.777
127		2.10	0.32	0.36	0.00	1.4600	56.400	1.358	1.365	1.702
128		2.10	0.42	0.54	1.00	1.4610	70.350	1.303	1.309	1.815
129		2.10	0.42	0.54	0.00	1.4664	65.850	1.359	1.305	1.780
130		2.10	0.32	0.45	1.00	1.4719	65.625	1.334	1.348	1.778
131		2.10	0.32	0.36	4.00	1.4759	74.400	1.357	1.359	1.756
132		2.10	0.32	0.45	0.00	1.4779	61.125	1.392	1.343	1.744
133		2.10	0.32	0.54	2.00	1.4791	74.850	1.348	1.311	1.823
134		2.10	0.32	0.45	4.00	1.4943	79.125	1.392	1.337	1.799
135		2.10	0.32	0.54	1.00	1.4966	70.350	1.371	1.326	1.838
136		2.10	0.32	0.54	0.00	1.5027	65.850	1.430	1.321	1.803
137		2.10	0.32	0.54	4.00	1.5197	83.850	1.429	1.315	1.860
138		2.10	0.32	0.63	1.00	1.5252	75.075	1.412	1.304	1.907
139		2.40	0.72	0.45	0.00	1.5465	64.500	1.309	1.668	1.710
140		2.40	0.96	0.90	0.00	1.5495	91.500	1.346	1.423	1.925
141		2.40	0.60	0.36	3.00	1.5538	72.600	1.302	1.705	1.702
142		2.40	0.72	0.45	4.00	1.5621	82.500	1.308	1.661	1.765
143		2.40	0.84	0.81	3.00	1.5648	99.600	1.323	1.483	1.936
144		2.40	0.84	0.72	0.00	1.5662	80.700	1.335	1.539	1.872
145		2.40	0.72	0.63	3.00	1.5683	88.800	1.322	1.586	1.844
146		2.40	0.84	0.90	3.00	1.5826	105.000	1.380	1.450	1.966
147		2.40	0.84	0.81	0.00	1.5903	86.100	1.385	1.508	1.926
148		2.40	0.60	0.54	3.00	1.5919	83.400	1.371	1.651	1.803
149		2.40	0.84	0.90	0.00	1.6087	91.500	1.445	1.474	1.955
150		2.70	1.35	0.90	0.00	1.6033	98.250	1.302	1.654	1.902
151		2.70	1.35	0.90	4.00	1.6209	116.250	1.302	1.647	1.963
152		2.70	1.22	0.90	3.00	1.6441	111.750	1.328	1.709	1.945
153		2.70	1.22	0.81	0.00	1.6553	92.175	1.334	1.778	1.905
154		2.70	1.08	0.72	3.00	1.6724	99.600	1.316	1.860	1.893
155		2.70	1.08	0.63	0.00	1.6754	80.025	1.333	1.927	1.817
156		2.70	0.95	0.36	0.00	1.6814	61.800	1.319	2.097	1.679
157		2.70	0.95	0.54	3.00	1.6865	87.450	1.326	1.996	1.788
158		2.70	0.81	0.36	3.00	1.7112	75.300	1.350	2.122	1.713
159		3.00	1.65	0.90	0.00	1.7132	105.000	1.344	1.939	1.908
160		3.00	1.50	0.81	3.00	1.7472	111.750	1.307	2.065	1.922
161		3.00	1.50	0.72	0.00	1.7560	91.500	1.319	2.143	1.859
162		3.30	1.98	0.90	3.00	1.7867	125.250	1.326	2.166	1.923
163		3.30	1.98	0.81	0.00	1.8041	104.325	1.331	2.253	1.883
164		3.00	1.20	0.45	3.00	1.8115	84.750	1.319	2.432	1.738
165	40	2.10	0.74	0.45	0.00	1.4732	61.125	1.327	1.354	1.783
166		2.10	0.74	0.54	3.00	1.4735	79.350	1.302	1.310	1.853
167		2.10	0.63	0.36	3.00	1.4828	69.900	1.325	1.393	1.776
168		2.10	0.63	0.36	2.00	1.4848	65.400	1.308	1.405	1.786
169		2.10	0.74	0.45	4.00	1.4899	79.125	1.327	1.348	1.840

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
170	40	2.10	0.74	0.54	1.00	1.4928	70.350	1.307	1.337	1.880
171		2.10	0.74	0.54	0.00	1.4978	65.850	1.363	1.332	1.843
172		2.10	0.63	0.45	3.00	1.5008	74.625	1.358	1.370	1.819
173		2.10	0.63	0.36	1.00	1.5024	60.900	1.330	1.422	1.801
174		2.10	0.63	0.45	2.00	1.5028	70.125	1.341	1.382	1.830
175		2.10	0.63	0.36	0.00	1.5080	56.400	1.387	1.416	1.766
176		2.10	0.74	0.54	4.00	1.5152	83.850	1.363	1.326	1.902
177		2.10	0.63	0.45	1.00	1.5205	65.625	1.364	1.399	1.845
178		2.10	0.74	0.63	1.00	1.5216	75.075	1.346	1.315	1.950
179		2.10	0.63	0.36	4.00	1.5246	74.400	1.387	1.410	1.823
180		2.10	0.63	0.54	3.00	1.5260	79.350	1.395	1.348	1.881
181		2.10	0.63	0.45	0.00	1.5264	61.125	1.422	1.394	1.809
182		2.10	0.74	0.63	0.00	1.5267	70.575	1.404	1.310	1.913
183		2.10	0.53	0.36	3.00	1.5313	69.900	1.415	1.425	1.801
184		2.10	0.53	0.36	2.00	1.5332	65.400	1.397	1.438	1.812
185		2.40	1.32	0.90	0.00	1.5408	91.500	1.349	1.342	1.978
186		2.10	0.63	0.45	4.00	1.5434	79.125	1.422	1.388	1.867
187		2.10	0.74	0.63	4.00	1.5449	88.575	1.404	1.304	1.974
188		2.10	0.53	0.45	3.00	1.5502	74.625	1.450	1.402	1.845
189		2.10	0.53	0.36	1.00	1.5514	60.900	1.420	1.455	1.826
190		2.10	0.63	0.63	3.00	1.5556	84.075	1.437	1.325	1.952
191		2.10	0.63	0.63	2.00	1.5574	79.575	1.419	1.337	1.963
192		2.10	0.53	0.36	0.00	1.5582	56.400	1.481	1.449	1.791
193		2.40	1.32	0.90	4.00	1.5596	109.500	1.349	1.336	2.041
194		2.40	1.20	0.81	3.00	1.5621	99.600	1.311	1.430	1.993
195		2.40	1.20	0.72	0.00	1.5622	80.700	1.323	1.484	1.927
196		2.40	1.08	0.54	0.00	1.5729	69.900	1.328	1.615	1.823
197		2.40	1.08	0.63	3.00	1.5739	88.800	1.306	1.561	1.902
198		2.10	0.53	0.54	3.00	1.5763	79.350	1.490	1.379	1.907
199		2.40	1.20	0.90	3.00	1.5804	105.000	1.368	1.398	2.024
200		2.40	1.20	0.81	1.00	1.5830	90.600	1.316	1.460	2.021
201		2.10	0.63	0.72	3.00	1.5866	88.800	1.485	1.301	2.022
202		2.40	0.96	0.45	3.00	1.5870	78.000	1.323	1.684	1.802
203		2.10	0.53	0.54	1.00	1.5966	70.350	1.496	1.408	1.935
204		2.70	1.62	0.72	0.00	1.6103	86.100	1.311	1.670	1.898
205		2.70	1.62	0.90	3.00	1.6243	111.750	1.355	1.573	1.994
206		2.70	1.49	0.72	3.00	1.6552	99.600	1.318	1.754	1.944
207		2.70	1.49	0.63	0.00	1.6562	80.025	1.336	1.817	1.866
208		2.70	1.35	0.36	0.00	1.6690	61.800	1.307	2.022	1.728
209		3.00	1.80	0.45	0.00	1.7299	71.250	1.315	2.184	1.744
210		3.00	1.80	0.63	3.00	1.7443	98.250	1.328	2.076	1.881
211	42	2.10	1.05	0.36	0.00	1.4624	56.400	1.306	1.329	1.796
212		2.10	1.05	0.36	4.00	1.4794	74.400	1.306	1.323	1.854
213		2.10	1.05	0.45	4.00	1.4982	79.125	1.339	1.302	1.899
214		2.10	0.95	0.36	3.00	1.4989	69.900	1.332	1.373	1.837
215		2.10	0.95	0.36	2.00	1.5010	65.400	1.315	1.385	1.848
216		2.10	0.95	0.45	3.00	1.5176	74.625	1.366	1.351	1.882
217		2.10	0.95	0.45	2.00	1.5196	70.125	1.348	1.363	1.893
218		2.40	1.44	0.36	0.00	1.5239	59.100	1.309	1.539	1.770
219		2.40	1.44	0.54	3.00	1.5398	83.400	1.317	1.465	1.885
220		2.40	1.32	0.36	3.00	1.5657	72.600	1.316	1.616	1.812
221		2.40	1.44	0.54	3.00	1.5398	83.400	1.317	1.465	1.885
222		2.10	0.74	0.45	3.00	1.6411	74.625	1.571	1.460	1.942

Çizelge 2.4. H=7 m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	7.00	1.40	1.05	0.00	2.2435	227.50	0.92	4.71	1.17
2		7.00	1.05	1.05	3.00	2.2455	245.88	0.92	4.69	1.19
3		7.00	1.05	1.05	2.00	2.2578	239.75	0.91	4.73	1.20
4		7.00	1.05	0.95	0.00	2.3009	209.13	0.93	4.88	1.17
5	22	6.65	1.00	1.05	3.00	2.2562	236.69	1.02	4.52	1.30
6		6.65	1.00	1.05	0.00	2.30	218.31	1.06	4.60	1.29
7		7.00	1.75	1.05	0.00	2.4064	227.50	1.03	4.98	1.28
8		7.00	1.75	1.05	4.00	2.4126	252.00	1.03	4.96	1.32
9		7.00	1.40	1.05	3.00	2.4200	245.88	1.04	4.98	1.30
10	24	7.00	1.40	1.05	0.00	2.7040	227.50	1.30	5.46	1.43
11		7.00	1.05	1.05	3.00	2.7071	245.88	1.31	5.44	1.46
12		7.00	1.05	1.05	1.00	2.7531	233.63	1.31	5.56	1.48
13		7.00	1.05	0.95	0.00	2.7712	209.13	1.31	5.66	1.43
14	26	5.95	0.89	1.05	0.00	2.3472	199.94	1.30	4.30	1.51
15		5.95	0.89	1.05	4.00	2.3569	224.44	1.30	4.28	1.56
16		6.30	1.26	1.05	0.00	2.5019	209.13	1.33	4.74	1.52
17		6.30	0.95	1.05	3.00	2.5066	227.50	1.33	4.72	1.55
18		6.30	1.26	1.05	4.00	2.5110	233.63	1.32	4.71	1.57
19		6.30	0.95	1.05	1.00	2.5480	215.25	1.34	4.81	1.57
20		6.30	0.95	1.05	0.00	2.5511	209.13	1.39	4.80	1.54
21		6.65	1.66	1.05	0.00	2.6586	218.31	1.34	5.19	1.52
22		6.65	1.66	1.05	4.00	2.6671	242.81	1.34	5.17	1.57
23		6.65	1.33	1.05	3.00	2.6751	236.69	1.36	5.19	1.55
24		6.65	1.33	1.05	1.00	2.7200	224.44	1.37	5.30	1.58
25		7.00	2.10	1.05	1.00	2.8202	233.63	1.30	5.69	1.56
26		7.00	1.75	1.05	3.00	2.8517	245.88	1.38	5.70	1.56
27	28	5.25	0.79	1.05	0.00	2.1859	181.56	1.35	3.67	1.61
28		5.25	0.79	1.05	4.00	2.1973	206.06	1.35	3.66	1.65
29		5.60	1.12	1.05	3.00	2.2927	209.13	1.31	4.02	1.61
30		5.60	0.84	1.05	3.00	2.3391	209.13	1.38	4.08	1.63
31		5.95	1.49	1.05	3.00	2.4320	218.31	1.32	4.43	1.62
32		5.95	0.89	1.05	3.00	2.5418	218.31	1.47	4.57	1.66
33		6.30	1.89	1.05	3.00	2.5680	227.50	1.32	4.84	1.63
34		6.65	2.33	1.05	3.00	2.7034	236.69	1.32	5.24	1.63
35	30	4.20	0.63	1.05	0.00	1.8285	154.00	1.31	2.60	1.64
36		4.20	0.63	1.05	4.00	1.8419	178.50	1.31	2.58	1.69
37		4.55	0.91	1.05	0.00	1.9733	163.19	1.33	3.00	1.65
38		4.55	0.68	1.05	3.00	1.9812	181.56	1.34	2.98	1.68
39	32	3.50	0.53	1.05	0.00	1.6422	135.63	1.32	1.95	1.71
40		3.50	0.53	1.05	4.00	1.6573	160.13	1.32	1.94	1.76
41		3.85	0.77	0.95	0.00	1.7791	134.71	1.30	2.39	1.69
42		3.85	0.77	1.05	1.00	1.7842	150.94	1.30	2.35	1.75
43		3.85	0.77	1.05	1.00	1.7880	150.94	1.30	2.35	1.75
44		3.85	0.77	1.05	0.00	1.7887	144.81	1.36	2.34	1.72
45		3.85	0.58	1.05	3.00	1.7979	163.19	1.37	2.33	1.75
46		3.85	0.77	1.05	4.00	1.8034	169.31	1.36	2.33	1.78
47		4.20	1.05	1.05	3.00	1.8980	172.38	1.32	2.69	1.74
48		4.20	1.05	0.95	0.00	1.9236	142.98	1.33	2.80	1.71
49		4.20	0.84	0.95	3.00	1.9407	161.35	1.34	2.80	1.74
50		4.20	1.05	1.05	4.00	1.9448	178.50	1.38	2.72	1.79
51		4.20	0.84	0.74	0.00	1.9449	120.93	1.31	2.96	1.62
52		4.20	0.63	0.74	3.00	1.9526	139.30	1.32	2.95	1.65
53		4.55	1.59	1.05	4.00	2.0103	187.69	1.30	3.02	1.77
54		4.20	0.63	1.05	0.00	2.0265	154.00	1.54	2.82	1.78
55		4.55	1.37	1.05	3.00	2.0302	181.56	1.33	3.07	1.75

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
56	32	4.20	0.63	1.05	4.00	2.0411	178.50	1.54	2.81	1.83
57	34	3.15	0.47	0.95	3.00	1.5896	136.54	1.30	1.72	1.79
58		3.15	0.63	1.05	0.00	1.5940	126.44	1.35	1.69	1.79
59		3.15	0.47	0.84	0.00	1.5954	109.90	1.32	1.79	1.73
60		3.15	0.47	1.05	3.00	1.6046	144.81	1.36	1.68	1.82
61		3.15	0.63	1.05	4.00	1.6104	150.94	1.35	1.68	1.84
62		3.15	0.47	0.84	4.00	1.6111	134.40	1.32	1.78	1.79
63		3.15	0.47	0.95	1.00	1.6115	124.29	1.31	1.76	1.82
64		3.15	0.47	0.95	0.00	1.6163	118.17	1.37	1.75	1.78
65		3.15	0.47	1.05	0.00	1.6320	126.44	1.42	1.71	1.81
66		3.15	0.47	0.95	4.00	1.6325	142.67	1.37	1.74	1.84
67		3.50	1.05	1.05	0.00	1.6827	135.63	1.31	2.01	1.77
68		3.50	1.05	1.05	4.00	1.6984	160.13	1.31	2.01	1.83
69		3.50	0.88	1.05	3.00	1.7067	154.00	1.34	2.03	1.81
70		3.50	0.70	0.84	3.00	1.7219	135.63	1.31	2.15	1.76
71		3.50	0.88	0.95	0.00	1.7231	126.44	1.34	2.11	1.77
72		3.50	0.70	0.74	0.00	1.7301	108.06	1.33	2.23	1.69
73		3.50	0.53	0.53	0.00	1.7313	89.69	1.32	2.34	1.59
74		3.50	0.53	0.74	3.00	1.7392	126.44	1.33	2.22	1.72
75		3.50	0.70	0.95	3.00	1.7405	144.81	1.36	2.11	1.81
76		3.50	0.70	1.05	1.00	1.7782	141.75	1.42	2.11	1.86
77		3.50	0.53	0.95	3.00	1.7804	144.81	1.43	2.14	1.83
78		3.50	0.53	1.05	3.00	1.7943	154.00	1.49	2.09	1.86
79		3.85	1.35	1.05	0.00	1.8112	144.81	1.33	2.38	1.78
80		3.85	1.35	1.05	4.00	1.8265	169.31	1.33	2.36	1.84
81		3.85	1.16	0.95	3.00	1.8332	153.08	1.30	2.46	1.79
82		3.85	1.16	1.05	2.00	1.8478	157.06	1.34	2.42	1.83
83		3.85	1.16	0.84	0.00	1.8483	124.60	1.32	2.55	1.73
84		3.85	0.96	0.63	0.00	1.8680	104.39	1.32	2.70	1.64
85		3.85	0.77	0.53	3.00	1.8696	112.66	1.30	2.75	1.61
86		3.85	1.16	1.05	0.00	1.8743	144.81	1.42	2.44	1.81
87		4.20	1.68	1.05	0.00	1.9328	154.00	1.34	2.73	1.79
88		4.20	1.47	0.95	3.00	1.9658	161.35	1.31	2.84	1.80
89	36	2.80	0.70	1.05	3.00	1.5131	135.63	1.31	1.40	1.88
90		2.80	0.56	0.74	0.00	1.5142	95.20	1.30	1.54	1.75
91		2.80	0.70	0.95	0.00	1.5206	109.90	1.32	1.45	1.84
92		2.80	0.42	0.74	3.00	1.5246	113.58	1.31	1.53	1.78
93		2.80	0.42	0.63	0.00	1.5250	87.85	1.33	1.58	1.71
94		2.80	0.56	0.74	4.00	1.5304	119.70	1.30	1.53	1.80
95		2.80	0.70	0.95	4.00	1.5378	134.40	1.32	1.45	1.90
96		2.80	0.70	1.05	0.00	1.5380	117.25	1.37	1.42	1.86
97		2.80	0.56	0.95	3.00	1.5383	128.28	1.34	1.45	1.87
98		2.80	0.56	1.05	3.00	1.5561	135.63	1.39	1.42	1.90
99		2.80	0.42	0.95	3.00	1.5752	128.28	1.40	1.47	1.90
100		2.80	0.56	1.05	0.00	1.5824	117.25	1.46	1.45	1.89
101		3.15	1.10	1.05	0.00	1.6165	126.44	1.33	1.72	1.85
102		3.15	0.95	0.95	3.00	1.6311	136.54	1.31	1.78	1.86
103		3.15	0.95	0.84	0.00	1.6370	109.90	1.32	1.85	1.80
104		3.15	0.63	0.53	3.00	1.6387	103.47	1.30	1.99	1.67
105		3.15	0.79	0.63	0.00	1.6415	93.36	1.32	1.96	1.70
106		3.15	0.95	0.95	0.00	1.6581	118.17	1.37	1.81	1.85
107		3.15	0.79	0.74	1.00	1.6600	107.76	1.30	1.93	1.79
108		3.15	0.79	0.84	3.00	1.6609	128.28	1.34	1.86	1.83
109		3.15	0.63	0.74	0.00	1.7112	101.63	1.44	1.96	1.78
110		3.50	1.40	0.95	0.00	1.7294	126.44	1.30	2.11	1.83
111		3.50	1.40	1.05	1.00	1.7379	141.75	1.30	2.07	1.90
112		3.50	1.23	0.74	0.00	1.7546	108.06	1.30	2.27	1.75

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
113	36	3.50	1.23	0.95	3.00	1.7656	144.81	1.34	2.15	1.87
114		3.50	1.05	0.53	0.00	1.7772	89.69	1.32	2.41	1.65
115		3.50	1.05	0.74	3.00	1.7854	126.44	1.33	2.30	1.78
116		3.50	0.88	0.42	3.00	1.7901	98.88	1.31	2.47	1.64
117		3.85	1.73	1.05	3.00	1.8314	163.19	1.32	2.36	1.88
118		3.85	1.73	0.95	0.00	1.8517	134.71	1.32	2.45	1.84
119		3.85	1.54	0.84	3.00	1.8794	142.98	1.30	2.57	1.83
120		4.20	2.31	1.05	0.00	1.8858	154.00	1.31	2.56	1.84
121	38	2.45	0.49	0.53	0.00	1.4423	75.91	1.32	1.33	1.72
122		2.45	0.37	0.53	3.00	1.4529	94.28	1.33	1.32	1.75
123		2.45	0.37	0.42	1.00	1.4543	75.60	1.30	1.37	1.74
124		2.45	0.37	0.53	2.00	1.4547	88.16	1.31	1.33	1.76
125		2.45	0.49	0.53	4.00	1.4585	100.41	1.32	1.32	1.78
126		2.45	0.37	0.42	0.00	1.4600	69.48	1.36	1.36	1.70
127		2.45	0.49	0.63	1.00	1.4610	88.46	1.30	1.31	1.81
128		2.45	0.49	0.63	0.00	1.4664	82.34	1.36	1.30	1.78
129		2.45	0.37	0.53	1.00	1.4719	82.03	1.33	1.35	1.78
130		2.45	0.37	0.42	4.00	1.4759	93.98	1.36	1.36	1.76
131		2.45	0.37	0.53	0.00	1.4779	75.91	1.36	1.36	1.76
132		2.45	0.37	0.63	2.00	1.4791	94.59	1.35	1.31	1.82
133		2.45	0.37	0.53	4.00	1.4943	100.41	1.39	1.34	1.80
134		2.45	0.37	0.63	1.00	1.4966	88.46	1.39	1.34	1.80
135		2.45	0.37	0.63	0.00	1.5027	82.34	1.39	1.34	1.80
136		2.45	0.37	0.63	4.00	1.5197	106.84	1.39	1.34	1.80
137		2.45	0.37	0.74	1.00	1.5255	94.89	1.41	1.30	1.91
138		2.80	0.84	0.53	0.00	1.5465	80.50	1.31	1.67	1.71
139		2.80	1.12	1.05	0.00	1.5495	117.25	1.35	1.42	1.93
140		2.80	0.70	0.42	3.00	1.5538	91.53	1.30	1.71	1.70
141		2.80	0.84	0.53	4.00	1.5621	105.00	1.31	1.66	1.76
142		2.80	0.98	0.95	3.00	1.5648	128.28	1.32	1.48	1.94
143		2.80	0.98	0.84	0.00	1.5662	102.55	1.33	1.54	1.87
144		2.80	0.84	0.74	3.00	1.5683	113.58	1.32	1.59	1.84
145		2.80	0.98	0.95	0.00	1.5903	109.90	1.39	1.51	1.93
146		2.80	0.70	0.63	3.00	1.5919	106.23	1.37	1.65	1.80
147		2.80	0.84	0.74	0.00	1.5945	95.20	1.38	1.61	1.83
148		2.80	0.84	0.84	3.00	1.5952	120.93	1.37	1.56	1.91
149		3.15	1.58	1.05	0.00	1.6033	126.44	1.30	1.65	1.90
150		2.80	0.84	0.95	3.00	1.6199	128.28	1.42	1.53	1.96
151		3.15	1.58	1.05	4.00	1.6209	150.94	1.30	1.65	1.96
152		3.15	1.42	1.05	3.00	1.6441	144.81	1.33	1.71	1.94
153		3.15	1.42	0.95	0.00	1.6553	118.17	1.33	1.78	1.90
154		3.15	1.26	0.84	3.00	1.6724	128.28	1.32	1.86	1.89
155		3.15	1.26	0.74	0.00	1.6754	101.63	1.33	1.93	1.82
156		3.15	1.10	0.42	0.00	1.6814	76.83	1.32	2.10	1.68
157		3.15	1.10	0.63	3.00	1.6865	111.74	1.33	2.00	1.79
158		3.50	1.93	1.05	0.00	1.7132	135.63	1.34	1.94	1.91
159		2.80	0.56	0.95	3.00	1.7210	128.28	1.61	1.59	2.02
160		3.50	1.75	0.95	3.00	1.7472	144.81	1.31	2.07	1.92
161		3.50	1.58	0.74	3.00	1.7794	126.44	1.30	2.26	1.84
162	40	2.45	0.86	0.53	0.00	1.4732	75.91	1.33	1.35	1.78
163		2.45	0.86	0.63	3.00	1.4735	100.71	1.30	1.31	1.85
164		2.45	0.74	0.42	3.00	1.4828	87.85	1.32	1.39	1.78
165		2.45	0.74	0.42	2.00	1.4848	81.73	1.31	1.40	1.79
166		2.45	0.86	0.53	4.00	1.4899	100.41	1.33	1.35	1.84
167		2.45	0.86	0.63	0.00	1.4978	82.34	1.36	1.33	1.84
168		2.45	0.74	0.53	3.00	1.5008	94.28	1.36	1.37	1.82
169		2.45	0.74	0.42	1.00	1.5024	75.60	1.33	1.42	1.80

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
170	40	2.45	0.74	0.53	2.00	1.5028	88.16	1.34	1.38	1.83
171		2.45	0.74	0.42	0.00	1.5080	69.48	1.39	1.42	1.77
172		2.45	0.86	0.63	4.00	1.5152	106.84	1.36	1.33	1.90
173		2.45	0.74	0.53	1.00	1.5205	82.03	1.36	1.40	1.84
174		2.45	0.86	0.74	1.00	1.5216	94.89	1.35	1.31	1.95
175		2.45	0.74	0.42	4.00	1.5246	93.98	1.35	1.31	1.95
176		2.45	0.74	0.63	3.00	1.5260	100.71	1.35	1.31	1.95
177		2.45	0.74	0.53	0.00	1.5264	75.91	1.35	1.31	1.95
178		2.45	0.86	0.74	0.00	1.5267	88.77	1.35	1.31	1.95
179		2.45	0.61	0.42	3.00	1.5313	87.85	1.35	1.31	1.95
180		2.45	0.61	0.42	2.00	1.5332	81.73	1.40	1.44	1.81
181		2.80	1.54	1.05	0.00	1.5408	117.25	1.35	1.34	1.98
182		2.45	0.74	0.53	4.00	1.5434	100.41	1.42	1.39	1.87
183		2.45	0.86	0.74	4.00	1.5449	113.27	1.40	1.30	1.97
184		2.45	0.61	0.53	3.00	1.5502	94.28	1.45	1.40	1.84
185		2.45	0.61	0.42	1.00	1.5514	75.60	1.42	1.45	1.83
186		2.45	0.74	0.63	0.00	1.5519	82.34	1.46	1.37	1.87
187		2.45	0.74	0.74	2.00	1.5574	101.02	1.42	1.34	1.96
188		2.45	0.61	0.42	0.00	1.5582	69.48	1.48	1.45	1.79
189		2.80	1.54	1.05	4.00	1.5596	141.75	1.35	1.34	2.04
190		2.80	1.40	0.95	3.00	1.5621	128.28	1.31	1.43	1.99
191		2.80	1.40	0.84	0.00	1.5622	102.55	1.32	1.48	1.93
192		2.80	1.26	0.63	0.00	1.5729	87.85	1.33	1.62	1.82
193		2.80	1.26	0.74	3.00	1.5739	113.58	1.31	1.56	1.90
194		2.80	1.40	1.05	3.00	1.5804	135.63	1.37	1.40	2.02
195		2.45	0.74	0.74	0.00	1.5819	88.77	1.50	1.35	1.94
196		2.45	0.74	0.74	0.00	1.5819	88.77	1.50	1.35	1.94
197		2.80	1.12	0.53	3.00	1.5870	98.88	1.32	1.68	1.80
198		2.80	1.40	0.95	0.00	1.5870	109.90	1.37	1.45	1.98
199		2.45	0.49	0.53	3.00	1.5958	94.28	1.54	1.43	1.87
200		2.45	0.49	0.42	1.00	1.5967	75.60	1.51	1.48	1.85
201		2.80	1.26	0.84	3.00	1.6015	120.93	1.35	1.53	1.97
202		2.45	0.74	0.84	1.00	1.6069	101.33	1.49	1.33	2.05
203		3.15	1.89	0.84	0.00	1.6103	109.90	1.31	1.67	1.90
204		3.15	1.89	1.05	3.00	1.6243	144.81	1.36	1.57	1.99
205		3.15	1.73	0.84	3.00	1.6552	128.28	1.32	1.75	1.94
206		3.15	1.58	0.42	0.00	1.6690	76.83	1.31	2.02	1.73
207		3.50	2.10	0.53	0.00	1.7299	89.69	1.31	2.18	1.74
208		3.50	2.10	0.74	3.00	1.7443	126.44	1.33	2.08	1.88
209	42	2.45	1.23	0.42	0.00	1.4624	69.48	1.31	1.33	1.80
210		2.45	1.23	0.42	4.00	1.4794	93.98	1.31	1.32	1.85
211		2.45	1.23	0.53	4.00	1.4982	100.41	1.34	1.30	1.90
212		2.45	1.10	0.42	3.00	1.4989	87.85	1.33	1.37	1.84
213		2.45	1.10	0.42	2.00	1.5010	81.73	1.32	1.39	1.85
214		2.45	1.10	0.53	3.00	1.5176	94.28	1.37	1.35	1.88
215		2.45	1.10	0.42	1.00	1.5187	75.60	1.34	1.40	1.86
216		2.45	1.10	0.53	2.00	1.5196	88.16	1.35	1.36	1.89
217		2.80	1.68	0.42	0.00	1.5239	73.15	1.31	1.54	1.77
218		2.45	1.10	0.53	1.00	1.5375	82.03	1.37	1.38	1.91
219		2.80	1.68	0.63	3.00	1.5398	106.23	1.32	1.46	1.88
220		2.80	1.54	0.42	3.00	1.5657	91.53	1.32	1.62	1.81
221		3.15	1.89	0.42	3.00	1.6923	95.20	1.38	1.93	1.82

Çizelge 2.5. H=8 m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	8.00	1.600	1.200	0.000	2.2435	290.00	0.92	4.71	1.17
2		8.00	1.200	1.200	3.000	2.2455	314.00	0.92	4.69	1.19
3		8.00	1.200	1.200	2.000	2.2578	306.00	0.91	4.73	1.20
4		8.00	1.200	1.080	0.000	2.3009	266.00	0.93	4.88	1.17
5	22	7.60	1.140	1.200	3.000	2.2562	302.00	1.02	4.52	1.30
6		7.60	1.140	1.200	3.000	2.2600	302.00	1.02	4.52	1.30
7		7.60	1.140	1.200	3.000	2.2952	302.00	1.02	4.52	1.30
8		8.00	2.000	1.200	0.000	2.4064	290.00	1.03	4.98	1.28
9		8.00	2.000	1.200	0.000	2.4126	290.00	1.03	4.98	1.28
10		8.00	1.600	1.200	3.000	2.4200	314.00	1.04	4.98	1.30
11	24	8.00	1.600	1.200	0.000	2.7040	290.00	1.30	5.46	1.43
12		8.00	1.200	1.200	3.000	2.7071	314.00	1.31	5.44	1.46
13		8.00	1.200	1.200	1.000	2.7531	298.00	1.31	5.56	1.48
14		8.00	1.200	1.080	0.000	2.7712	266.00	1.31	5.66	1.43
15	26	6.80	1.020	1.200	0.000	2.3472	254.00	1.30	4.30	1.51
16		6.80	1.020	1.200	4.000	2.3569	286.00	1.30	4.28	1.56
17		7.20	1.440	1.200	0.000	2.5019	266.00	1.33	4.74	1.52
18		7.20	1.080	1.200	3.000	2.5066	290.00	1.33	4.72	1.55
19		7.20	1.440	1.200	4.000	2.5110	298.00	1.32	4.71	1.57
20		7.20	1.080	1.200	1.000	2.5480	274.00	1.34	4.81	1.57
21		7.20	1.080	1.200	0.000	2.5511	266.00	1.39	4.80	1.54
22		7.60	1.900	1.200	0.000	2.6586	278.00	1.34	5.19	1.52
23		7.60	1.900	1.200	4.000	2.6671	310.00	1.34	5.17	1.57
24		7.60	1.520	1.200	3.000	2.6751	302.00	1.36	5.19	1.55
25		7.60	1.140	1.200	3.000	2.7271	302.00	1.43	5.26	1.57
26		8.00	2.400	1.200	1.000	2.8202	298.00	1.30	5.69	1.56
27	28	8.00	2.000	1.200	3.000	2.8517	314.00	1.38	5.70	1.56
28		6.00	0.900	1.200	0.000	2.1859	230.00	1.35	3.67	1.61
29		6.00	0.900	1.200	4.000	2.1973	262.00	1.35	3.66	1.65
30		6.40	1.280	1.200	3.000	2.2927	266.00	1.31	4.02	1.61
31		6.40	0.960	1.200	3.000	2.3391	266.00	1.38	4.08	1.63
32		6.40	0.960	1.200	2.000	2.3486	258.00	1.36	4.11	1.64
33		6.80	1.700	1.200	3.000	2.4320	278.00	1.32	4.43	1.62
34		6.80	1.020	1.200	3.000	2.5418	278.00	1.47	4.57	1.66
35	30	7.20	2.160	1.200	3.000	2.5680	290.00	1.32	4.84	1.63
36		4.80	0.720	1.200	0.000	1.8285	194.00	1.31	2.60	1.64
37		4.80	0.720	1.200	4.000	1.8419	226.00	1.31	2.58	1.69
38		5.20	1.040	1.200	0.000	1.9733	206.00	1.33	3.00	1.65
39	32	5.20	0.780	1.200	3.000	1.9812	230.00	1.34	2.98	1.68
40		4.00	0.600	1.200	0.000	1.6422	170.00	1.32	1.95	1.71
41		4.00	0.600	1.200	4.000	1.6573	202.00	1.32	1.94	1.76
42		4.40	0.880	1.080	0.000	1.7791	168.80	1.30	2.39	1.69
43		4.40	0.880	1.200	1.000	1.7842	190.00	1.30	2.35	1.75
44		3.85	0.770	1.050	1.000	1.7880	159.06	1.30	2.35	1.75
45		4.40	0.880	1.200	0.000	1.7887	182.00	1.36	2.34	1.72
46		4.40	0.880	1.080	4.000	1.7935	200.80	1.30	2.38	1.75
47		4.40	0.660	1.200	3.000	1.7979	206.00	1.37	2.33	1.75
48		4.40	0.660	0.960	0.000	1.8029	155.60	1.32	2.47	1.67
49		4.40	0.880	1.200	4.000	1.8034	214.00	1.36	2.33	1.78
50		4.40	0.660	1.200	1.000	1.8240	190.00	1.37	2.38	1.78
51		4.80	1.200	1.200	3.000	1.8980	218.00	1.32	2.69	1.74
52		4.80	1.200	1.200	2.000	1.9038	210.00	1.30	2.71	1.75
53		4.80	1.200	1.080	0.000	1.9236	179.60	1.33	2.80	1.71
54		4.80	0.960	1.080	3.000	1.9407	203.60	1.34	2.80	1.74
55		4.80	0.720	0.840	3.000	1.9526	174.80	1.32	2.95	1.65

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
56	32	4.80	0.960	0.960	1.000	1.9568	173.20	1.30	2.92	1.71
57	34	3.60	0.540	1.080	3.000	1.5896	171.20	1.30	1.72	1.79
58		3.60	0.720	1.200	0.000	1.5940	158.00	1.35	1.69	1.79
59		3.60	0.540	0.960	0.000	1.5954	136.40	1.32	1.79	1.73
60		3.60	0.540	1.200	3.000	1.6046	182.00	1.36	1.68	1.82
61		3.60	0.540	0.960	4.000	1.6111	168.40	1.32	1.78	1.79
62		3.60	0.540	1.080	0.000	1.6163	147.20	1.37	1.75	1.78
63		3.60	0.540	1.200	1.000	1.6264	166.00	1.37	1.72	1.85
64		3.60	0.540	1.200	0.000	1.6320	158.00	1.42	1.71	1.81
65		4.00	1.200	1.200	0.000	1.6827	170.00	1.31	2.01	1.77
66		4.00	1.200	1.200	4.000	1.6984	202.00	1.31	2.01	1.83
67		4.00	1.000	1.200	3.000	1.7067	194.00	1.34	2.03	1.81
68		4.00	0.800	0.960	3.000	1.7219	170.00	1.31	2.15	1.76
69		4.00	1.000	1.080	0.000	1.7231	158.00	1.34	2.11	1.77
70		4.00	0.800	0.840	0.000	1.7301	134.00	1.33	2.23	1.69
71		4.00	0.600	0.600	0.000	1.7313	110.00	1.32	2.34	1.59
72		4.00	1.000	1.200	0.000	1.7357	170.00	1.40	2.06	1.80
73		4.00	0.600	0.840	3.000	1.7392	158.00	1.33	2.22	1.72
74		4.00	0.800	1.080	3.000	1.7405	182.00	1.36	2.11	1.81
75		4.00	0.600	1.080	3.000	1.7804	182.00	1.43	2.14	1.83
76		4.00	0.800	1.200	0.000	1.7939	170.00	1.48	2.10	1.82
77		4.40	1.320	1.080	3.000	1.8112	192.80	1.30	2.46	1.79
78		4.40	1.540	1.200	4.000	1.8265	214.00	1.33	2.36	1.84
79		4.40	1.320	1.080	3.000	1.8332	192.80	1.30	2.46	1.79
80		4.40	1.320	0.960	0.000	1.8483	155.60	1.32	2.55	1.73
81		4.40	1.100	0.720	0.000	1.8680	129.20	1.32	2.70	1.64
82		4.40	0.880	0.600	3.000	1.8696	140.00	1.30	2.75	1.61
83		4.80	1.920	1.200	0.000	1.9328	194.00	1.34	2.73	1.79
84		4.80	1.680	1.080	3.000	1.9658	203.60	1.31	2.84	1.80
85	36	3.20	0.800	1.200	3.000	1.5131	170.00	1.31	1.40	1.88
86		3.20	0.640	0.840	0.000	1.5142	117.20	1.30	1.54	1.75
87		3.20	0.800	1.080	0.000	1.5206	136.40	1.32	1.45	1.84
88		3.20	0.480	0.840	3.000	1.5246	141.20	1.31	1.53	1.78
89		3.20	0.480	0.720	0.000	1.5250	107.60	1.33	1.58	1.71
90		3.20	0.640	0.840	4.000	1.5304	149.20	1.30	1.53	1.80
91		3.20	0.800	1.080	4.000	1.5378	168.40	1.32	1.45	1.90
92		3.20	0.800	1.200	0.000	1.5380	146.00	1.37	1.42	1.86
93		3.20	0.640	1.080	3.000	1.5383	160.40	1.34	1.45	1.87
94		3.20	0.640	0.960	0.000	1.5400	126.80	1.35	1.51	1.81
95		3.20	0.480	0.840	0.000	1.5505	117.20	1.37	1.56	1.77
96		3.20	0.640	1.200	3.000	1.5561	170.00	1.39	1.42	1.90
97		3.20	0.640	1.080	0.000	1.5639	136.40	1.40	1.48	1.86
98		3.20	0.480	1.080	3.000	1.5752	160.40	1.40	1.47	1.90
99		3.20	0.640	1.200	0.000	1.5824	146.00	1.46	1.45	1.89
100		3.20	0.480	0.960	4.000	1.5942	158.80	1.42	1.52	1.89
101		3.60	1.260	1.200	0.000	1.6165	158.00	1.33	1.72	1.85
102		3.60	1.080	1.080	3.000	1.6311	171.20	1.31	1.78	1.86
103		3.60	1.080	0.960	0.000	1.6370	136.40	1.32	1.85	1.80
104		3.60	0.720	0.600	3.000	1.6387	128.00	1.30	1.99	1.67
105		3.60	0.900	0.720	0.000	1.6415	114.80	1.32	1.96	1.70
106		3.60	1.080	0.960	4.000	1.6532	168.40	1.32	1.84	1.85
107		3.60	0.720	0.480	0.000	1.6538	93.20	1.33	2.06	1.62
108		3.60	0.900	0.840	1.000	1.6600	133.60	1.30	1.93	1.79
109		3.60	1.080	1.200	1.000	1.6686	166.00	1.37	1.78	1.91
110		4.00	1.600	1.080	0.000	1.7294	158.00	1.30	2.11	1.83
111		4.00	1.600	1.200	1.000	1.7379	178.00	1.30	2.07	1.90
112		4.00	1.400	0.840	0.000	1.7546	134.00	1.30	2.27	1.75

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
113	36	4.00	1.400	1.080	3.000	1.7656	182.00	1.34	2.15	1.87
114		4.00	1.200	0.600	0.000	1.7772	110.00	1.32	2.41	1.65
115		4.00	1.000	0.480	3.000	1.7901	122.00	1.31	2.47	1.64
116		4.40	1.980	1.200	3.000	1.8314	206.00	1.32	2.36	1.88
117		4.40	1.980	1.080	0.000	1.8517	168.80	1.32	2.45	1.84
118		4.40	1.760	0.960	3.000	1.8794	179.60	1.30	2.57	1.83
119		4.80	2.640	1.200	0.000	1.8858	194.00	1.31	2.56	1.84
120	38	2.80	0.560	0.600	0.000	1.4423	92.00	1.32	1.33	1.72
121		2.80	0.420	0.600	3.000	1.4529	116.00	1.33	1.32	1.75
122		2.80	0.420	0.480	1.000	1.4543	91.60	1.30	1.37	1.74
123		2.80	0.420	0.600	2.000	1.4547	108.00	1.31	1.33	1.76
124		2.80	0.560	0.600	4.000	1.4585	124.00	1.32	1.32	1.78
125		2.80	0.420	0.480	0.000	1.4600	83.60	1.36	1.36	1.70
126		2.80	0.560	0.720	1.000	1.4610	108.40	1.30	1.31	1.81
127		2.80	0.560	0.720	0.000	1.4664	100.40	1.36	1.30	1.78
128		2.80	0.420	0.600	1.000	1.4719	100.00	1.33	1.35	1.78
129		2.80	0.420	0.480	4.000	1.4759	115.60	1.36	1.36	1.76
130		2.80	0.420	0.600	0.000	1.4779	92.00	1.39	1.34	1.74
131		2.80	0.420	0.720	2.000	1.4791	116.40	1.35	1.31	1.82
132		2.80	0.420	0.600	4.000	1.4943	124.00	1.39	1.34	1.80
133		2.80	0.420	0.720	1.000	1.4966	108.40	1.37	1.33	1.84
134		2.80	0.420	0.720	0.000	1.5027	100.40	1.43	1.32	1.80
135		2.80	0.420	0.720	4.000	1.5197	132.40	1.43	1.32	1.86
136		2.80	0.420	0.840	1.000	1.5255	116.80	1.41	1.30	1.91
137		3.20	0.960	0.600	0.000	1.5465	98.00	1.31	1.67	1.71
138		3.20	1.280	1.200	0.000	1.5495	146.00	1.35	1.42	1.93
139		3.20	0.800	0.480	3.000	1.5538	112.40	1.30	1.71	1.70
140		3.20	0.960	0.600	4.000	1.5621	130.00	1.31	1.66	1.76
141		3.20	1.120	1.080	3.000	1.5648	160.40	1.32	1.48	1.94
142		3.20	1.120	0.960	0.000	1.5662	126.80	1.33	1.54	1.87
143		3.20	0.960	0.840	3.000	1.5683	141.20	1.32	1.59	1.84
144		3.20	1.120	1.080	0.000	1.5903	136.40	1.39	1.51	1.93
145		3.20	0.960	0.960	3.000	1.5952	150.80	1.37	1.56	1.91
146		3.20	0.800	0.600	0.000	1.5965	98.00	1.40	1.71	1.73
147		3.60	1.800	1.200	0.000	1.6033	158.00	1.30	1.65	1.90
148		3.20	0.960	1.080	3.000	1.6199	160.40	1.42	1.53	1.96
149		3.60	1.800	1.200	4.000	1.6209	190.00	1.30	1.65	1.96
150		3.20	0.960	1.200	3.000	1.6389	170.00	1.48	1.49	2.00
151		3.60	1.620	1.200	3.000	1.6441	182.00	1.33	1.71	1.94
152		3.20	0.800	0.960	3.000	1.6466	150.80	1.46	1.59	1.94
153		3.60	1.620	1.080	0.000	1.6553	147.20	1.33	1.78	1.90
154		3.60	1.440	0.960	3.000	1.6724	160.40	1.32	1.86	1.89
155		3.60	1.440	0.960	0.000	1.6754	136.40	1.38	1.89	1.88
156		3.60	1.260	0.480	0.000	1.6814	93.20	1.32	2.10	1.68
157		3.20	0.800	1.200	3.000	1.6926	170.00	1.58	1.53	2.02
158		4.00	2.200	1.200	0.000	1.7132	170.00	1.34	1.94	1.91
159		4.00	2.000	1.080	3.000	1.7472	182.00	1.31	2.07	1.92
160		4.00	1.800	0.840	3.000	1.7794	158.00	1.30	2.26	1.84
161		3.20	0.480	1.200	3.000	1.7864	170.00	1.76	1.57	2.08
162		4.40	2.640	1.200	3.000	1.7867	206.00	1.33	2.17	1.92
163	40	2.80	0.980	0.600	0.000	1.4732	92.00	1.33	1.35	1.78
164		2.80	0.980	0.720	3.000	1.4735	124.40	1.30	1.31	1.85
165		2.80	0.840	0.480	3.000	1.4828	107.60	1.32	1.39	1.78
166		2.80	0.980	0.600	4.000	1.4899	124.00	1.33	1.35	1.84
167		2.80	0.980	0.720	1.000	1.4928	108.40	1.31	1.34	1.88
168		2.80	0.980	0.720	0.000	1.4978	100.40	1.36	1.33	1.84
169		2.80	0.840	0.600	3.000	1.5008	116.00	1.36	1.37	1.82

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
170	40	2.80	0.840	0.480	1.000	1.5024	91.60	1.33	1.42	1.80
171		2.80	0.980	0.720	4.000	1.5152	132.40	1.36	1.33	1.90
172		2.80	0.840	0.600	1.000	1.5205	100.00	1.36	1.40	1.84
173		2.80	0.980	0.840	1.000	1.5216	116.80	1.35	1.31	1.95
174		2.80	0.840	0.480	4.000	1.5246	115.60	1.39	1.41	1.82
175		2.80	0.840	0.720	3.000	1.5260	124.40	1.40	1.35	1.88
176		2.80	0.840	0.600	0.000	1.5264	92.00	1.42	1.39	1.81
177		2.80	0.840	0.600	0.000	1.5264	92.00	1.42	1.39	1.81
178		2.80	0.980	0.840	0.000	1.5267	108.80	1.40	1.31	1.91
179		2.80	0.840	0.720	2.000	1.5278	116.40	1.38	1.36	1.89
180		2.80	0.700	0.480	3.000	1.5313	107.60	1.41	1.42	1.80
181		3.20	1.760	1.200	0.000	1.5408	146.00	1.35	1.34	1.98
182		2.80	0.980	0.840	4.000	1.5449	140.80	1.40	1.30	1.97
183		2.80	0.840	0.720	1.000	1.5459	108.40	1.40	1.38	1.91
184		2.80	0.700	0.600	3.000	1.5502	116.00	1.45	1.40	1.84
185		2.80	0.840	0.840	3.000	1.5556	132.80	1.44	1.33	1.95
186		2.80	0.700	0.480	0.000	1.5582	83.60	1.48	1.45	1.79
187		3.20	1.760	1.200	4.000	1.5596	178.00	1.35	1.34	2.04
188		3.20	1.600	1.080	3.000	1.5621	160.40	1.31	1.43	1.99
189		3.20	1.600	0.960	0.000	1.5622	126.80	1.32	1.48	1.93
190		3.20	1.440	0.720	0.000	1.5729	107.60	1.33	1.62	1.82
191		3.20	1.440	0.840	3.000	1.5739	141.20	1.31	1.56	1.90
192		2.80	0.840	0.840	1.000	1.5757	116.80	1.44	1.35	1.98
193		2.80	0.700	0.720	3.000	1.5763	124.40	1.49	1.38	1.91
194		3.20	1.600	1.200	3.000	1.5804	170.00	1.37	1.40	2.02
195		2.80	0.840	0.840	0.000	1.5819	108.80	1.50	1.35	1.94
196		3.20	1.280	0.600	3.000	1.5870	122.00	1.32	1.68	1.80
197		2.80	0.840	0.960	2.000	1.5882	133.20	1.47	1.31	2.03
198		2.80	0.700	0.600	4.000	1.5945	124.00	1.52	1.42	1.89
199		2.80	0.560	0.600	2.000	1.5973	108.00	1.52	1.44	1.88
200		3.20	1.280	0.480	0.000	1.5976	88.40	1.35	1.74	1.75
201		3.60	2.160	0.960	0.000	1.6103	136.40	1.31	1.67	1.90
202		2.80	0.560	0.720	2.000	1.6242	116.40	1.56	1.42	1.94
203		3.60	2.160	1.200	3.000	1.6243	182.00	1.36	1.57	1.99
204		3.60	2.160	1.080	1.000	1.6296	155.20	1.30	1.64	1.99
205		3.60	1.980	0.960	3.000	1.6552	160.40	1.32	1.75	1.94
206		3.60	1.980	0.840	0.000	1.6562	125.60	1.34	1.82	1.87
207		2.80	0.420	0.600	0.000	1.6661	92.00	1.70	1.47	1.88
208		3.60	1.800	0.480	0.000	1.6690	93.20	1.31	2.02	1.73
209		4.00	2.400	0.600	0.000	1.7299	110.00	1.31	2.18	1.74
210		4.00	2.400	0.840	3.000	1.7443	158.00	1.33	2.08	1.88
211	42	2.80	1.400	0.480	0.000	1.4624	83.60	1.31	1.33	1.80
212		2.80	1.400	0.480	4.000	1.4794	115.60	1.31	1.32	1.85
213		2.80	1.400	0.600	4.000	1.4982	124.00	1.34	1.30	1.90
214		2.80	1.260	0.480	3.000	1.4989	107.60	1.33	1.37	1.84
215		2.80	1.260	0.480	2.000	1.5010	99.60	1.32	1.39	1.85
216		2.80	1.260	0.480	1.000	1.5187	91.60	1.34	1.40	1.86
217		3.20	1.920	0.480	0.000	1.5239	88.40	1.31	1.54	1.77
218		2.80	1.260	0.600	1.000	1.5375	100.00	1.37	1.38	1.91
219		3.20	1.920	0.720	3.000	1.5398	131.60	1.32	1.46	1.88
220		3.20	1.920	0.480	4.000	1.5403	120.40	1.31	1.53	1.83
221		2.80	1.120	0.480	3.000	1.5599	107.60	1.43	1.43	1.87
222		3.20	1.760	0.480	3.000	1.5657	112.40	1.32	1.62	1.81
223		3.60	2.160	0.480	3.000	1.6923	117.20	1.38	1.93	1.82

Ek-3 Konsol dayanma duvarı yapay arı kolonisi algoritması ile optimizasyon analiz sonuçları

Çizelge 3.1. H=4m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	4.00	0.80	0.60	0.00	2.2435	85.00	0.92	4.71	1.17
2		4.00	0.60	0.60	3.00	2.2455	91.00	0.92	4.69	1.19
3		4.00	0.80	0.60	4.00	2.2490	93.00	0.92	4.69	1.21
4		4.00	0.60	0.60	2.00	2.2578	89.00	0.91	4.73	1.20
5		4.00	0.60	0.60	0.00	2.2842	85.00	0.96	4.77	1.19
6		4.00	0.60	0.54	0.00	2.3009	79.00	0.93	4.88	1.17
7		4.00	0.60	0.54	4.00	2.3061	87.00	0.92	4.86	1.21
8		4.00	0.60	0.48	0.00	2.3120	73.00	0.89	4.98	1.14
9		4.00	0.60	0.42	0.00	2.3200	67.00	0.86	5.07	1.10
10	22	3.80	0.76	0.60	0.00	2.2532	82.00	1.01	4.54	1.28
11		3.80	0.57	0.60	3.00	2.2562	88.00	1.02	4.52	1.30
12		3.80	0.57	0.54	0.00	2.3088	76.30	1.02	4.70	1.27
13		4.00	1.00	0.60	0.00	2.4064	85.00	1.03	4.98	1.28
14		4.00	0.80	0.60	3.00	2.4200	91.00	1.04	4.98	1.30
15	24	4.00	0.60	0.60	3.00	2.7071	91.00	1.31	5.44	1.46
16		4.00	0.60	0.60	1.00	2.7531	87.00	1.31	5.56	1.48
17		4.00	0.60	0.60	0.00	2.7555	85.00	1.37	5.53	1.45
18		4.00	0.60	0.54	0.00	2.7712	79.00	1.31	5.66	1.43
19	26	3.40	0.51	0.60	0.00	2.3472	76.00	1.30	4.30	1.51
20		3.40	0.51	0.60	4.00	2.3569	84.00	1.30	4.28	1.56
21		3.60	0.72	0.60	0.00	2.5019	79.00	1.33	4.74	1.52
22		3.60	0.54	0.60	3.00	2.5066	85.00	1.33	4.72	1.55
23		3.60	0.72	0.60	4.00	2.5110	87.00	1.32	4.71	1.57
24		3.60	0.54	0.60	2.00	2.5179	83.00	1.31	4.76	1.56
25		3.60	0.54	0.60	1.00	2.5480	81.00	1.34	4.81	1.57
26		3.60	0.54	0.60	0.00	2.5511	79.00	1.39	4.80	1.54
27		3.60	0.54	0.54	0.00	2.5604	73.60	1.34	4.91	1.52
28		3.60	0.54	0.54	4.00	2.5692	81.60	1.34	4.88	1.57
29		3.80	0.95	0.60	0.00	2.6586	82.00	1.34	5.19	1.52
30		3.80	0.95	0.60	4.00	2.6671	90.00	1.34	5.17	1.57
31		3.80	0.76	0.60	3.00	2.6751	88.00	1.36	5.19	1.55
32	28	3.80	0.76	0.60	2.00	2.6878	86.00	1.34	5.24	1.56
33		3.00	0.45	0.60	0.00	2.1859	70.00	1.35	3.67	1.60
34		3.00	0.45	0.60	4.00	2.1973	78.00	1.35	3.66	1.65
35		3.20	0.64	0.60	3.00	2.2927	79.00	1.31	4.02	1.61
36		3.20	0.64	0.60	1.00	2.3297	75.00	1.31	4.11	1.64
37		3.20	0.64	0.60	0.00	2.3329	73.00	1.37	4.09	1.61
38		3.20	0.64	0.54	0.00	2.3370	68.20	1.32	4.19	1.58
39		3.20	0.48	0.60	3.00	2.3391	79.00	1.38	4.08	1.63
40		3.20	0.48	0.54	3.00	2.3428	74.20	1.32	4.17	1.61
41		3.20	0.64	0.60	4.00	2.3439	81.00	1.37	4.07	1.66
42		3.20	0.64	0.54	4.00	2.3475	76.20	1.31	4.17	1.63
43		3.20	0.48	0.60	2.00	2.3486	77.00	1.36	4.11	1.64
44		3.20	0.48	0.60	1.00	2.3766	75.00	1.38	4.16	1.66
45		3.20	0.48	0.48	0.00	2.3813	63.40	1.33	4.33	1.56
46		3.20	0.48	0.48	4.00	2.3913	71.40	1.33	4.31	1.61
47		3.40	0.85	0.60	3.00	2.4320	82.00	1.32	4.43	1.62
48		3.40	0.85	0.60	2.00	2.4428	80.00	1.30	4.47	1.63
49		3.40	0.85	0.60	0.00	2.4746	76.00	1.38	4.51	1.61
50	30	2.40	0.36	0.60	0.00	1.8285	61.00	1.31	2.60	1.64

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$Fs(kay)$	$Fs(dev)$	$Fs(top)$
51	30	2.40	0.36	0.60	4.00	1.8419	69.00	1.31	2.58	1.69
52		2.60	0.52	0.60	0.00	1.9733	64.00	1.33	3.00	1.65
53		2.60	0.39	0.60	3.00	1.9812	70.00	1.34	2.98	1.68
54		2.60	0.52	0.60	4.00	1.9863	72.00	1.33	2.98	1.70
55		2.60	0.39	0.60	2.00	1.9877	68.00	1.32	3.01	1.69
56	32	2.00	0.30	0.60	0.00	1.6422	55.00	1.32	1.95	1.71
57		2.00	0.30	0.60	4.00	1.6573	63.00	1.32	1.94	1.76
58		2.20	0.44	0.54	0.00	1.7791	54.70	1.30	2.39	1.69
59		2.20	0.44	0.60	1.00	1.7842	60.00	1.30	2.35	1.75
60		2.20	0.33	0.54	3.00	1.7880	60.70	1.31	2.38	1.73
61		2.20	0.44	0.60	0.00	1.7887	58.00	1.36	2.34	1.72
62		2.20	0.44	0.54	4.00	1.7935	62.70	1.30	2.38	1.75
63		2.20	0.44	0.54	4.00	1.7935	62.70	1.30	2.38	1.75
64		2.20	0.33	0.60	3.00	1.7979	64.00	1.37	2.33	1.75
65		2.20	0.33	0.48	0.00	1.8029	51.40	1.32	2.47	1.67
66		2.20	0.33	0.54	1.00	1.8142	56.70	1.32	2.43	1.75
67		2.20	0.33	0.48	4.00	1.8169	59.40	1.32	2.46	1.72
68		2.40	0.60	0.60	3.00	1.8980	67.00	1.32	2.69	1.74
69		2.40	0.60	0.60	2.00	1.9038	65.00	1.30	2.71	1.75
70		2.40	0.60	0.54	0.00	1.9236	57.40	1.33	2.80	1.71
71	34	1.80	0.27	0.54	3.00	1.5896	55.30	1.30	1.72	1.79
72		1.80	0.36	0.60	0.00	1.5940	52.00	1.35	1.69	1.79
73		1.80	0.27	0.48	0.00	1.5954	46.60	1.32	1.79	1.73
74		1.80	0.27	0.60	3.00	1.6046	58.00	1.36	1.68	1.82
75		1.80	0.27	0.60	2.00	1.6074	56.00	1.34	1.70	1.83
76		1.80	0.36	0.60	4.00	1.6104	60.00	1.35	1.68	1.84
77		1.80	0.27	0.48	4.00	1.6111	54.60	1.32	1.78	1.79
78		1.80	0.27	0.54	1.00	1.6115	51.30	1.31	1.76	1.82
79		2.00	0.60	0.60	0.00	1.6827	55.00	1.31	2.01	1.77
80		2.00	0.60	0.60	4.00	1.6984	63.00	1.31	2.01	1.83
81		2.00	0.50	0.60	3.00	1.7067	61.00	1.34	2.03	1.81
82		2.00	0.50	0.60	2.00	1.7106	59.00	1.32	2.04	1.82
83		2.00	0.40	0.48	3.00	1.7219	55.00	1.31	2.15	1.76
84		2.00	0.50	0.54	0.00	1.7231	52.00	1.34	2.11	1.77
85		2.00	0.30	0.30	0.00	1.7313	40.00	1.32	2.34	1.59
86	36	2.00	0.50	0.54	4.00	1.7386	60.00	1.34	2.10	1.83
87		2.00	0.30	0.42	3.00	1.7392	52.00	1.33	2.22	1.72
88		1.60	0.40	0.60	3.00	1.5131	55.00	1.31	1.40	1.88
89		1.60	0.32	0.42	0.00	1.51	41.80	1.30	1.54	1.75
90		1.60	0.40	0.54	0.00	1.52	46.60	1.32	1.45	1.84
91		1.60	0.24	0.42	3.00	1.52	47.80	1.31	1.53	1.78
92		1.60	0.24	0.36	0.00	1.52	39.40	1.33	1.58	1.71
93		1.60	0.32	0.42	4.00	1.53	49.80	1.30	1.53	1.80
94		1.60	0.40	0.60	1.00	1.53	51.00	1.32	1.43	1.90
95		1.60	0.40	0.54	4.00	1.54	54.60	1.32	1.45	1.90
96		1.60	0.32	0.54	3.00	1.54	52.60	1.34	1.45	1.87
97		1.60	0.24	0.36	4.00	1.54	47.40	1.33	1.58	1.76
98		1.60	0.32	0.54	2.00	1.54	50.60	1.32	1.47	1.88
99		1.60	0.24	0.42	1.00	1.55	43.80	1.32	1.56	1.80
100	38	1.40	0.28	0.30	0.00	1.4423	35.50	1.32	1.33	1.72
101		1.40	0.21	0.30	3.00	1.4529	41.50	1.33	1.32	1.75
102		1.40	0.21	0.24	1.00	1.4543	35.40	1.30	1.37	1.74
103		1.40	0.21	0.30	2.00	1.4547	39.50	1.31	1.33	1.76
104		1.40	0.28	0.30	4.00	1.4585	43.50	1.32	1.32	1.78
105		1.40	0.28	0.36	1.00	1.4610	39.60	1.30	1.31	1.81
106		1.40	0.21	0.24	4.00	1.4759	41.40	1.36	1.36	1.76
107		1.60	0.40	0.24	3.00	1.5538	40.60	1.30	1.71	1.70

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
108	38	1.60	0.48	0.30	4.00	1.5621	45.00	1.31	1.66	1.76
109		1.60	0.56	0.54	3.00	1.5648	52.60	1.32	1.48	1.94
110		1.60	0.56	0.48	0.00	1.5662	44.20	1.33	1.54	1.87
111		1.60	0.56	0.54	2.00	1.5674	50.60	1.31	1.50	1.95
112	40	1.40	0.49	0.30	0.00	1.4732	35.50	1.33	1.35	1.78
113		1.40	0.49	0.36	3.00	1.4735	43.60	1.30	1.31	1.85
114		1.40	0.42	0.24	3.00	1.4828	39.40	1.32	1.39	1.78
115		1.40	0.42	0.24	2.00	1.4848	37.40	1.31	1.40	1.79
116		1.40	0.49	0.30	4.00	1.4899	43.50	1.33	1.35	1.84
117	42	1.40	0.49	0.36	1.00	1.4928	39.60	1.31	1.34	1.88
118		1.40	0.70	0.24	0.00	1.4624	33.40	1.31	1.33	1.80
119		1.40	0.70	0.24	4.00	1.4794	41.40	1.31	1.32	1.85
120		1.40	0.63	0.24	3.00	1.4989	39.40	1.33	1.37	1.84
121		1.40	0.63	0.24	2.00	1.5010	37.40	1.32	1.39	1.85
122		1.40	0.63	0.30	3.00	1.5176	41.50	1.37	1.35	1.88
123		1.40	0.63	0.24	1.00	1.5187	35.40	1.34	1.40	1.86
124		1.60	0.96	0.24	0.00	1.5239	34.60	1.31	1.54	1.77
125		1.60	0.96	0.36	3.00	1.5398	45.40	1.32	1.46	1.88

Çizelge 3.2. H=5m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	5.00	1.00	0.75	0.00	2.2435	125.00	0.92	4.71	1.17
2		5.00	0.75	0.75	3.00	2.2455	134.38	0.92	4.69	1.19
3		5.00	1.00	0.75	4.00	2.2490	137.50	0.92	4.69	1.21
4		5.00	0.75	0.75	2.00	2.2578	131.25	0.91	4.73	1.20
5		5.00	0.75	0.75	0.00	2.2842	125.00	0.96	4.77	1.19
6		5.00	0.75	0.68	0.00	2.3009	115.63	0.93	4.88	1.17
7		5.00	0.75	0.68	4.00	2.3061	128.13	0.92	4.86	1.21
8		5.00	0.75	0.60	0.00	2.3120	106.25	0.89	4.98	1.14
9	22	4.75	0.95	0.75	0.00	2.2532	120.31	1.01	4.54	1.28
10		4.75	0.71	0.75	3.00	2.2562	129.69	1.02	4.52	1.30
11		4.75	0.71	0.75	0.00	2.2952	120.31	1.06	4.60	1.29
12		4.75	0.71	0.68	0.00	2.3088	111.41	1.02	4.70	1.27
13		5.00	1.25	0.75	0.00	2.4064	125.00	1.03	4.98	1.28
14		5.00	1.00	0.75	3.00	2.4200	134.38	1.04	4.98	1.30
15	24	5.00	1.00	0.75	0.00	2.7040	125.00	1.30	5.46	1.43
16		5.00	0.75	0.75	3.00	2.7071	134.38	1.31	5.44	1.46
17		5.00	0.75	0.75	1.00	2.7531	128.13	1.31	5.56	1.48
18		5.00	0.75	0.75	0.00	2.7555	125.00	1.37	5.53	1.45
19		5.00	0.75	0.75	4.00	2.7627	137.50	1.37	5.51	1.49
20		5.00	0.75	0.68	0.00	2.7712	115.63	1.31	5.66	1.43
21	26	4.25	0.64	0.75	0.00	2.3472	110.94	1.30	4.30	1.51
22		4.25	0.64	0.75	4.00	2.3569	123.44	1.30	4.28	1.56
23		4.50	0.90	0.75	0.00	2.5019	115.63	1.33	4.74	1.52
24		4.50	0.68	0.75	3.00	2.5066	125.00	1.33	4.72	1.55
25		4.50	0.90	0.75	4.00	2.5110	128.13	1.32	4.71	1.57
26		4.50	0.68	0.75	1.00	2.5480	118.75	1.34	4.81	1.57
27		4.50	0.68	0.68	0.00	2.5604	107.19	1.34	4.91	1.52
28		4.50	0.68	0.68	4.00	2.5692	119.69	1.34	4.88	1.57
29		4.75	1.19	0.75	0.00	2.6586	120.31	1.34	5.19	1.52
30		4.75	1.19	0.75	4.00	2.6671	132.81	1.34	5.17	1.57
31		4.75	0.95	0.75	3.00	2.6751	129.69	1.36	5.19	1.55
32		4.75	0.95	0.75	2.00	2.6878	126.56	1.34	5.24	1.56
33	28	4.75	0.95	0.68	3.00	2.6879	120.78	1.30	5.31	1.53
34		3.75	0.56	0.75	0.00	2.1859	101.56	1.35	3.67	1.60
35		3.75	0.56	0.75	4.00	2.1973	114.06	1.35	3.66	1.65
36		4.00	0.80	0.75	3.00	2.2927	115.63	1.31	4.02	1.61
37		4.00	0.80	0.75	1.00	2.3297	109.38	1.31	4.11	1.64

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
38	28	4.00	0.80	0.75	0.00	2.3329	106.25	1.37	4.09	1.61
39		4.00	0.80	0.68	0.00	2.3370	98.75	1.32	4.19	1.58
40		4.00	0.60	0.75	3.00	2.3391	115.63	1.38	4.08	1.63
41		4.00	0.60	0.68	3.00	2.3428	108.13	1.32	4.17	1.61
42		4.00	0.80	0.68	4.00	2.3475	111.25	1.31	4.17	1.63
43		4.00	0.60	0.75	2.00	2.3486	112.50	1.36	4.11	1.64
44		4.00	0.60	0.68	2.00	2.3527	105.00	1.30	4.21	1.62
45		4.00	0.60	0.60	0.00	2.3813	91.25	1.33	4.33	1.56
46		4.25	1.06	0.75	3.00	2.4320	120.31	1.32	4.43	1.62
47		4.25	1.06	0.75	2.00	2.4428	117.19	1.30	4.47	1.63
48		4.25	0.85	0.75	1.00	2.5324	114.06	1.40	4.60	1.67
49	30	3.00	0.45	0.75	0.00	1.8285	87.50	1.31	2.60	1.64
50		3.00	0.45	0.75	4.00	1.8419	100.00	1.31	2.58	1.69
51		3.25	0.65	0.75	0.00	1.9733	92.19	1.33	3.00	1.65
52		3.25	0.49	0.75	3.00	1.9812	101.56	1.34	2.98	1.68
53		3.25	0.65	0.75	4.00	1.9863	104.69	1.33	2.98	1.70
54		3.25	0.49	0.75	2.00	1.9877	98.44	1.32	3.01	1.69
55		2.50	0.38	0.75	0.00	1.6422	78.13	1.32	1.95	1.71
56	32	2.50	0.38	0.75	4.00	1.6573	90.63	1.32	1.94	1.76
57		2.75	0.55	0.68	0.00	1.7791	77.66	1.30	2.39	1.69
58		2.75	0.55	0.75	1.00	1.7842	85.94	1.30	2.35	1.75
59		2.75	0.41	0.68	3.00	1.7880	87.03	1.31	2.38	1.73
60		2.75	0.55	0.75	0.00	1.7887	82.81	1.36	2.34	1.72
61		2.75	0.55	0.68	4.00	1.7935	90.16	1.30	2.38	1.75
62		2.75	0.41	0.75	3.00	1.7979	92.19	1.37	2.33	1.75
63		2.75	0.41	0.75	2.00	1.8025	89.06	1.35	2.35	1.76
64		2.75	0.41	0.60	0.00	1.8029	72.50	1.32	2.47	1.67
65		2.75	0.55	0.75	4.00	1.8034	95.31	1.36	2.33	1.78
66		2.75	0.41	0.68	1.00	1.8142	80.78	1.32	2.43	1.75
67		2.75	0.41	0.60	4.00	1.8169	85.00	1.32	2.46	1.72
68		3.00	0.75	0.75	3.00	1.8980	96.88	1.32	2.69	1.74
69		3.00	0.75	0.75	2.00	1.9038	93.75	1.30	2.71	1.75
70		3.00	0.75	0.68	0.00	1.9236	81.88	1.33	2.80	1.71
71		3.00	0.60	0.68	3.00	1.9407	91.25	1.34	2.80	1.74
72		2.25	0.34	0.68	3.00	1.5896	78.59	1.30	1.72	1.79
73		2.25	0.45	0.75	0.00	1.5940	73.44	1.35	1.69	1.79
74		2.25	0.34	0.60	0.00	1.5954	65.00	1.32	1.79	1.73
75		2.25	0.34	0.75	3.00	1.6046	82.81	1.36	1.68	1.82
76		2.25	0.34	0.75	2.00	1.6074	79.69	1.34	1.70	1.83
77	34	2.25	0.45	0.75	4.00	1.6104	85.94	1.35	1.68	1.84
78		2.25	0.34	0.60	4.00	1.6111	77.50	1.32	1.78	1.79
79		2.25	0.34	0.68	1.00	1.6115	72.34	1.31	1.76	1.82
80		2.25	0.34	0.68	0.00	1.6163	69.22	1.37	1.75	1.78
81		2.50	0.75	0.75	0.00	1.6827	78.13	1.31	2.01	1.77
82		2.50	0.75	0.75	4.00	1.6984	90.63	1.31	2.01	1.83
83		2.50	0.63	0.75	3.00	1.7067	87.50	1.34	2.03	1.81
84		2.50	0.63	0.75	2.00	1.7106	84.38	1.32	2.04	1.82
85		2.50	0.50	0.60	3.00	1.7219	78.13	1.31	2.15	1.76
86		2.50	0.63	0.68	0.00	1.7231	73.44	1.34	2.11	1.77
87		2.50	0.50	0.53	0.00	1.7301	64.06	1.33	2.23	1.69
88		2.50	0.38	0.38	0.00	1.7313	54.69	1.32	2.34	1.59
89	36	2.00	0.50	0.75	3.00	1.5131	78.13	1.31	1.40	1.88
90		2.00	0.40	0.53	0.00	1.5142	57.50	1.30	1.54	1.75
91		2.00	0.50	0.68	0.00	1.5206	65.00	1.32	1.45	1.84
92		2.00	0.30	0.53	3.00	1.5246	66.88	1.31	1.53	1.78
93		2.00	0.30	0.45	0.00	1.5250	53.75	1.33	1.58	1.71
94		2.00	0.40	0.53	4.00	1.5304	70.00	1.30	1.53	1.80
95		2.00	0.50	0.75	1.00	1.5332	71.88	1.32	1.43	1.90
96		2.00	0.50	0.68	4.00	1.5378	77.50	1.32	1.45	1.90
97		2.00	0.40	0.68	3.00	1.5383	74.38	1.34	1.45	1.87

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
98	36	2.00	0.30	0.45	4.00	1.5406	66.25	1.33	1.58	1.76
99		2.00	0.40	0.68	2.00	1.5407	71.25	1.32	1.47	1.88
100	38	1.75	0.35	0.38	0.00	1.4423	47.66	1.32	1.33	1.72
101		1.75	0.26	0.38	3.00	1.4529	57.03	1.33	1.32	1.75
102	38	1.75	0.26	0.30	1.00	1.4543	47.50	1.30	1.37	1.74
103		1.75	0.26	0.38	2.00	1.4547	53.91	1.31	1.33	1.76
104	38	1.75	0.35	0.38	4.00	1.4585	60.16	1.32	1.32	1.78
105		1.75	0.26	0.30	0.00	1.4600	44.38	1.36	1.36	1.70
106	38	1.75	0.35	0.45	1.00	1.4610	54.06	1.30	1.31	1.81
107		1.75	0.26	0.30	4.00	1.4759	56.88	1.36	1.36	1.76
108	38	1.75	0.26	0.45	2.00	1.4791	57.19	1.35	1.31	1.82
109		2.00	0.60	0.38	0.00	1.5465	50.00	1.31	1.67	1.71
110	38	2.00	0.50	0.30	3.00	1.5538	55.63	1.30	1.71	1.70
111		2.00	0.70	0.68	3.00	1.5648	74.38	1.32	1.48	1.94
112	40	1.75	0.61	0.38	0.00	1.4732	47.66	1.33	1.35	1.78
113		1.75	0.61	0.45	3.00	1.4735	60.31	1.30	1.31	1.85
114	40	1.75	0.53	0.30	3.00	1.4828	53.75	1.32	1.39	1.78
115		1.75	0.53	0.30	2.00	1.4848	50.63	1.31	1.40	1.79
116	40	1.75	0.61	0.38	4.00	1.4899	60.16	1.33	1.35	1.84
118		1.75	0.61	0.45	1.00	1.4928	54.06	1.31	1.34	1.88
119	42	1.75	0.88	0.30	0.00	1.4624	44.38	1.31	1.33	1.80
120		1.75	0.88	0.30	4.00	1.4794	56.88	1.31	1.32	1.85
121	42	1.75	0.88	0.38	0.00	1.4808	47.66	1.34	1.31	1.84
122		1.75	0.88	0.38	4.00	1.4982	60.16	1.34	1.30	1.90
123	42	1.75	0.79	0.30	3.00	1.4989	53.75	1.33	1.37	1.84
124		1.75	0.79	0.30	2.00	1.5010	50.63	1.32	1.39	1.85
125	42	1.75	0.79	0.30	1.00	1.5187	47.50	1.34	1.40	1.86
126		2.00	1.20	0.30	0.00	1.5239	46.25	1.31	1.54	1.77
127	42	2.00	1.20	0.45	3.00	1.5398	63.13	1.32	1.46	1.88

Çizelge 3.3. H=6m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	6.00	1.20	0.90	0.00	2.2435	172.50	0.92	4.71	1.17
2		6.00	0.90	0.90	3.00	2.2455	186.00	0.92	4.69	1.19
3		6.00	0.90	0.90	2.00	2.2578	181.50	0.91	4.73	1.20
4		6.00	0.90	0.90	0.00	2.2842	172.50	0.96	4.77	1.19
5		6.00	0.90	0.81	0.00	2.3009	159.00	0.93	4.88	1.17
6	22	5.70	1.14	0.90	0.00	2.2532	165.750	1.012	4.538	1.278
7		5.70	0.86	0.90	3.00	2.2562	179.250	1.017	4.519	1.301
8		5.70	0.86	0.90	0.00	2.2952	165.750	1.065	4.596	1.294
9		5.70	0.86	0.81	0.00	2.3088	152.925	1.021	4.701	1.275
10		6.00	1.50	0.90	0.00	2.4064	172.500	1.031	4.981	1.280
11	24	6.00	1.20	0.90	3.00	2.4200	186.000	1.045	4.984	1.305
12		6.00	1.20	0.90	0.00	2.7040	172.500	1.299	5.464	1.430
13		6.00	0.90	0.90	3.00	2.7071	186.000	1.305	5.442	1.456
14		6.00	0.90	0.90	1.00	2.7531	177.000	1.310	5.556	1.477
15		6.00	0.90	0.90	0.00	2.7555	172.500	1.367	5.535	1.448
16	26	6.00	0.90	0.81	0.00	2.7712	159.000	1.311	5.661	1.426
17		5.10	0.77	0.90	0.00	2.3472	152.250	1.303	4.295	1.515
18		5.10	0.77	0.90	4.00	2.3569	170.250	1.302	4.276	1.563
19		5.40	1.08	0.90	0.00	2.5019	159.000	1.325	4.735	1.521
20		5.40	0.81	0.90	3.00	2.5066	172.500	1.331	4.716	1.549
21	26	5.40	1.08	0.90	4.00	2.5110	177.000	1.325	4.714	1.570
22		5.40	0.81	0.90	2.00	2.5179	168.000	1.314	4.758	1.558
23		5.40	0.81	0.90	1.00	2.5480	163.500	1.336	4.814	1.571
24		5.40	0.81	0.90	4.00	2.5603	177.000	1.394	4.775	1.590
25		5.40	0.81	0.81	0.00	2.5604	146.850	1.337	4.906	1.517
26	26	5.40	0.81	0.81	4.00	2.5692	164.850	1.336	4.884	1.565
27		5.70	1.43	0.90	0.00	2.6586	165.750	1.342	5.190	1.525

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
28	26	5.70	1.43	0.90	4.00	2.6671	183.750	1.342	5.167	1.574
29		5.70	1.14	0.90	3.00	2.6751	179.250	1.360	5.193	1.554
30		5.70	1.14	0.90	2.00	2.6878	174.750	1.343	5.239	1.563
31		5.70	1.14	0.81	3.00	2.6879	166.425	1.304	5.311	1.530
32	28	4.50	0.68	0.90	0.00	2.1859	138.750	1.353	3.674	1.610
33		4.50	0.68	0.90	4.00	2.1973	156.750	1.353	3.658	1.647
34		4.80	0.96	0.90	3.00	2.2927	159.000	1.310	4.024	1.614
35		4.80	0.96	0.90	1.00	2.3297	150.000	1.315	4.108	1.637
36		4.80	0.96	0.90	0.00	2.3329	145.500	1.372	4.093	1.605
37		4.80	0.96	0.81	0.00	2.3370	134.700	1.315	4.186	1.581
38		4.80	0.72	0.90	3.00	2.3391	159.000	1.378	4.076	1.635
39		4.80	0.72	0.90	2.00	2.3486	154.500	1.360	4.112	1.644
40		4.80	0.72	0.90	1.00	2.3766	150.000	1.383	4.161	1.658
41		4.80	0.72	0.72	4.00	2.3913	141.900	1.333	4.307	1.606
42		5.10	1.28	0.90	3.00	2.4320	165.750	1.318	4.431	1.621
43	30	3.60	0.54	0.90	0.00	1.8285	118.500	1.306	2.596	1.639
44		3.60	0.54	0.90	4.00	1.8419	136.500	1.305	2.585	1.692
45		3.90	0.78	0.90	0.00	1.9733	125.250	1.332	2.997	1.651
46		3.90	0.59	0.90	3.00	1.9812	138.750	1.338	2.984	1.681
47		3.90	0.78	0.90	4.00	1.9863	143.250	1.332	2.983	1.704
48	32	3.00	0.45	0.90	0.00	1.6422	105.000	1.317	1.952	1.707
49		3.00	0.45	0.90	4.00	1.6573	123.000	1.316	1.944	1.762
50		3.30	0.66	0.81	0.00	1.7791	104.325	1.304	2.393	1.694
51		3.30	0.66	0.90	1.00	1.7842	116.250	1.304	2.348	1.755
52		3.30	0.50	0.81	3.00	1.7880	117.825	1.310	2.383	1.725
53		3.30	0.66	0.81	4.00	1.7935	122.325	1.304	2.382	1.749
54		3.30	0.50	0.90	3.00	1.7979	125.250	1.366	2.330	1.752
55		3.30	0.50	0.90	2.00	1.8025	120.750	1.349	2.351	1.763
56		3.30	0.50	0.72	0.00	1.8029	96.900	1.322	2.473	1.669
57		3.30	0.50	0.81	1.00	1.8142	108.825	1.315	2.433	1.750
58		3.30	0.50	0.72	4.00	1.8169	114.900	1.322	2.462	1.722
59		3.60	0.90	0.90	3.00	1.8980	132.000	1.321	2.689	1.742
60		3.60	0.90	0.90	2.00	1.9038	127.500	1.304	2.712	1.752
61		3.60	0.90	0.81	0.00	1.9236	110.400	1.326	2.797	1.706
62		3.60	0.90	0.81	4.00	1.9374	128.400	1.326	2.785	1.760
63		3.60	0.72	0.81	3.00	1.9407	123.900	1.344	2.799	1.738
64		3.60	0.72	0.63	0.00	1.9449	94.200	1.312	2.958	1.623
65		3.60	0.72	0.81	2.00	1.9468	119.400	1.327	2.824	1.749
66	34	2.70	0.41	0.81	3.00	1.5896	105.675	1.304	1.721	1.792
67		2.70	0.54	0.90	0.00	1.5940	98.250	1.354	1.689	1.787
68		2.70	0.41	0.72	0.00	1.5954	86.100	1.316	1.786	1.733
69		2.70	0.41	0.90	3.00	1.6046	111.750	1.361	1.682	1.819
70		2.70	0.41	0.90	2.00	1.6074	107.250	1.343	1.697	1.830
71		2.70	0.54	0.90	4.00	1.6104	116.250	1.354	1.682	1.844
72		2.70	0.41	0.72	4.00	1.6111	104.100	1.316	1.778	1.788
73		2.70	0.41	0.81	1.00	1.6115	96.675	1.309	1.757	1.817
74		3.00	0.90	0.90	0.00	1.6827	105.000	1.310	2.014	1.774
75		3.00	0.90	0.90	4.00	1.6984	123.000	1.310	2.005	1.831
76		3.00	0.75	0.90	3.00	1.7067	118.500	1.336	2.026	1.809
77		3.00	0.75	0.90	2.00	1.7106	114.000	1.319	2.044	1.820
78		3.00	0.60	0.72	3.00	1.7219	105.000	1.310	2.152	1.756
79		3.00	0.75	0.81	0.00	1.7231	98.250	1.342	2.108	1.772
80		3.00	0.60	0.63	0.00	1.7301	84.750	1.327	2.230	1.686
81		3.00	0.45	0.45	0.00	1.7313	71.250	1.320	2.335	1.591
82	36	2.40	0.60	0.90	3.00	1.5131	105.000	1.313	1.397	1.875
83		2.40	0.48	0.63	0.00	1.5142	75.300	1.304	1.537	1.747
84		2.40	0.60	0.81	0.00	1.5206	86.100	1.318	1.454	1.836
85		2.40	0.36	0.63	3.00	1.5246	88.800	1.310	1.531	1.779
86		2.40	0.36	0.54	0.00	1.5250	69.900	1.332	1.584	1.705
87		2.40	0.48	0.63	4.00	1.5304	93.300	1.304	1.531	1.803

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
88	36	2.40	0.60	0.90	1.00	1.5332	96.000	1.318	1.426	1.902
89		2.40	0.60	0.81	4.00	1.5378	104.100	1.318	1.447	1.895
90		2.40	0.48	0.81	3.00	1.5383	99.600	1.336	1.454	1.871
91		2.40	0.36	0.54	4.00	1.5406	87.900	1.332	1.577	1.760
92		2.40	0.48	0.81	2.00	1.5407	95.100	1.319	1.467	1.883
93	38	2.10	0.42	0.45	0.00	1.4423	61.125	1.323	1.326	1.721
94		2.10	0.32	0.45	3.00	1.4529	74.625	1.329	1.320	1.753
95		2.10	0.32	0.36	1.00	1.4543	60.900	1.301	1.370	1.736
96		2.10	0.32	0.45	2.00	1.4547	70.125	1.312	1.332	1.764
97		2.10	0.42	0.45	4.00	1.4585	79.125	1.323	1.320	1.777
98		2.10	0.42	0.54	1.00	1.4610	70.350	1.303	1.309	1.815
99		2.10	0.32	0.36	4.00	1.4759	74.400	1.357	1.359	1.756
100		2.10	0.32	0.54	1.00	1.4966	70.350	1.371	1.326	1.838
101		2.40	0.72	0.45	0.00	1.5465	64.500	1.309	1.668	1.710
102		2.40	0.96	0.90	0.00	1.5495	91.500	1.346	1.423	1.925
103		2.40	0.60	0.36	3.00	1.5538	72.600	1.302	1.705	1.702
104		2.40	0.72	0.45	4.00	1.5621	82.500	1.308	1.661	1.765
105		2.40	0.84	0.81	3.00	1.5648	99.600	1.323	1.483	1.936
106		2.40	0.84	0.72	0.00	1.5662	80.700	1.335	1.539	1.872
107		2.10	0.74	0.45	0.00	1.4732	61.125	1.327	1.354	1.783
108	40	2.10	0.74	0.54	3.00	1.4735	79.350	1.302	1.310	1.853
109		2.10	0.63	0.36	3.00	1.4828	69.900	1.325	1.393	1.776
110		2.10	0.63	0.36	2.00	1.4848	65.400	1.308	1.405	1.786
111		2.10	0.74	0.45	4.00	1.4899	79.125	1.327	1.348	1.840
112		2.10	0.74	0.54	1.00	1.4928	70.350	1.307	1.337	1.880
113	42	2.10	1.05	0.36	0.00	1.4624	56.400	1.306	1.329	1.796
114		2.10	1.05	0.36	4.00	1.4794	74.400	1.306	1.323	1.854
115		2.10	1.05	0.45	0.00	1.4808	61.125	1.339	1.308	1.840
116		2.10	1.05	0.45	4.00	1.4982	79.125	1.339	1.302	1.899
117		2.10	0.95	0.36	3.00	1.4989	69.900	1.332	1.373	1.837
118		2.10	0.95	0.36	2.00	1.5010	65.400	1.315	1.385	1.848
119		2.40	1.44	0.36	0.00	1.5239	59.100	1.309	1.539	1.770
120		2.40	1.44	0.54	3.00	1.5398	83.400	1.317	1.465	1.885

Çizelge 3.4. H=7 m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	7.00	1.40	1.05	0.00	2.2435	227.50	0.92	4.71	1.17
2		7.00	1.05	1.05	3.00	2.2455	245.88	0.92	4.69	1.19
3		7.00	1.40	1.05	4.00	2.2490	252.00	0.92	4.69	1.21
4		7.00	1.05	1.05	2.00	2.2578	239.75	0.91	4.73	1.20
5		7.00	1.05	1.05	0.00	2.2842	227.50	0.96	4.77	1.19
6		7.00	1.05	0.95	0.00	2.3009	209.13	0.93	4.88	1.17
7		7.00	1.05	0.95	4.00	2.3061	233.63	0.92	4.86	1.21
8	22	6.65	1.33	1.05	0.00	2.2532	218.31	1.01	4.54	1.28
9		6.65	1.00	1.05	3.00	2.26	236.69	1.02	4.52	1.30
10		6.65	1.00	1.05	0.00	2.30	218.31	1.06	4.60	1.29
11		6.65	1.00	0.95	0.00	2.31	200.86	1.02	4.70	1.27
12		7.00	1.75	1.05	0.00	2.4064	227.50	1.03	4.98	1.28
13		7.00	1.40	1.05	3.00	2.4200	245.88	1.04	4.98	1.30
14	24	7.00	1.40	1.05	0.00	2.7040	227.50	1.30	5.46	1.43
15		7.00	1.05	1.05	1.00	2.7531	233.63	1.31	5.56	1.48
16		7.00	1.05	1.05	0.00	2.7555	227.50	1.37	5.53	1.45
17		7.00	1.05	1.05	4.00	2.7627	252.00	1.37	5.51	1.49
18		7.00	1.05	0.95	0.00	2.7712	209.13	1.31	5.66	1.43
19	26	5.95	0.89	1.05	0.00	2.3472	199.94	1.30	4.30	1.51
20		5.95	0.89	1.05	4.00	2.3569	224.44	1.30	4.28	1.56
21		6.30	1.26	1.05	0.00	2.5019	209.13	1.33	4.74	1.52

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
22	26	6.30	0.95	1.05	3.00	2.5066	227.50	1.33	4.72	1.55
23		6.30	1.26	1.05	4.00	2.5110	233.63	1.32	4.71	1.57
24		6.30	0.95	1.05	2.00	2.5179	221.38	1.31	4.76	1.56
25		6.30	0.95	1.05	1.00	2.5480	215.25	1.34	4.81	1.57
26		6.30	0.95	0.95	0.00	2.5604	192.59	1.34	4.91	1.52
27		6.30	0.95	0.95	4.00	2.5692	217.09	1.34	4.88	1.57
28		6.65	1.66	1.05	0.00	2.6586	218.31	1.34	5.19	1.52
29		6.65	1.66	1.05	4.00	2.6671	242.81	1.34	5.17	1.57
30		6.65	1.33	1.05	3.00	2.6751	236.69	1.36	5.19	1.55
31		6.65	1.33	1.05	2.00	2.6878	230.56	1.34	5.24	1.56
32		6.65	1.00	1.05	3.00	2.7271	236.69	1.43	5.26	1.57
33	28	5.25	0.79	1.05	0.00	2.1859	181.56	1.35	3.67	1.61
34		5.25	0.79	1.05	4.00	2.1973	206.06	1.35	3.66	1.65
35		5.60	1.12	1.05	3.00	2.2927	209.13	1.31	4.02	1.61
36		5.60	1.12	1.05	1.00	2.3297	196.88	1.31	4.11	1.64
37		5.60	1.12	1.05	0.00	2.3329	190.75	1.37	4.09	1.61
38		5.60	1.12	0.95	0.00	2.3370	176.05	1.32	4.19	1.58
39		5.60	0.84	1.05	3.00	2.3391	209.13	1.38	4.08	1.63
40		5.60	0.84	0.95	3.00	2.3428	194.43	1.32	4.17	1.61
41		5.60	0.84	1.05	2.00	2.3486	203.00	1.36	4.11	1.64
42		5.60	0.84	0.95	2.00	2.3527	188.30	1.30	4.21	1.62
43		5.60	0.84	1.05	1.00	2.3766	196.88	1.38	4.16	1.66
44		5.60	0.84	0.84	0.00	2.3813	161.35	1.33	4.33	1.56
45		5.60	0.84	0.84	4.00	2.3913	185.85	1.33	4.31	1.61
46		5.95	1.49	1.05	3.00	2.4320	218.31	1.32	4.43	1.62
47		5.95	1.19	1.05	2.00	2.5024	212.19	1.38	4.55	1.65
48	30	4.20	0.63	1.05	0.00	1.8285	154.00	1.31	2.60	1.64
49		4.20	0.63	1.05	4.00	1.8419	178.50	1.31	2.58	1.69
50		4.55	0.91	1.05	0.00	1.9733	163.19	1.33	3.00	1.65
51		4.55	0.68	1.05	3.00	1.9812	181.56	1.34	2.98	1.68
52		4.55	0.68	1.05	4.00	1.9863	187.69	1.40	3.02	1.73
53	32	3.50	0.53	1.05	0.00	1.6422	135.63	1.32	1.95	1.71
54		3.50	0.53	1.05	4.00	1.6573	160.13	1.32	1.94	1.76
55		3.85	0.77	0.95	0.00	1.7791	134.71	1.30	2.39	1.69
56		3.85	0.77	1.05	1.00	1.7842	150.94	1.30	2.35	1.75
57		3.85	0.77	1.05	1.00	1.7880	150.94	1.30	2.35	1.75
58		3.85	0.77	0.95	4.00	1.7935	159.21	1.30	2.38	1.75
59		3.85	0.58	1.05	2.00	1.8025	157.06	1.35	2.35	1.76
60		3.85	0.58	0.84	0.00	1.8029	124.60	1.32	2.47	1.67
61		3.85	0.77	1.05	4.00	1.8034	169.31	1.36	2.33	1.78
62		3.85	0.58	0.84	4.00	1.8169	149.10	1.32	2.46	1.72
63		4.20	1.05	1.05	3.00	1.8980	172.38	1.32	2.69	1.74
64		4.20	1.05	1.05	2.00	1.9038	166.25	1.30	2.71	1.75
65		4.20	0.84	0.95	3.00	1.9407	161.35	1.34	2.80	1.74
66		4.20	0.84	0.74	0.00	1.9449	120.93	1.31	2.96	1.62
67	34	3.15	0.47	0.95	3.00	1.5896	136.54	1.30	1.72	1.79
68		3.15	0.63	1.05	0.00	1.5940	126.44	1.35	1.69	1.79
69		3.15	0.47	0.84	0.00	1.5954	109.90	1.32	1.79	1.73
70		3.15	0.47	1.05	3.00	1.6046	144.81	1.36	1.68	1.82
71		3.15	0.47	1.05	2.00	1.6074	138.69	1.34	1.70	1.83
72		3.15	0.63	1.05	4.00	1.6104	150.94	1.35	1.68	1.84
73		3.15	0.47	0.84	4.00	1.6111	134.40	1.32	1.78	1.79
74		3.15	0.47	0.95	1.00	1.6115	124.29	1.31	1.76	1.82
75		3.15	0.47	1.05	1.00	1.6264	132.56	1.37	1.72	1.85
76		3.15	0.47	0.95	4.00	1.6325	142.67	1.37	1.74	1.84
77		3.50	1.05	1.05	0.00	1.6827	135.63	1.31	2.01	1.77
78		3.50	1.05	1.05	4.00	1.6984	160.13	1.31	2.01	1.83

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
79	34	3.50	0.88	1.05	3.00	1.7067	154.00	1.34	2.03	1.81
80		3.50	0.88	1.05	2.00	1.7106	147.88	1.32	2.04	1.82
81		3.50	0.70	0.84	3.00	1.7219	135.63	1.31	2.15	1.76
82		3.50	0.88	0.95	0.00	1.7231	126.44	1.34	2.11	1.77
83		3.50	0.70	0.74	0.00	1.7301	108.06	1.33	2.23	1.69
84		3.50	0.53	0.74	3.00	1.7392	126.44	1.33	2.22	1.72
85	36	2.80	0.70	1.05	3.00	1.5131	135.63	1.31	1.40	1.88
86		2.80	0.56	0.74	0.00	1.5142	95.20	1.30	1.54	1.75
87		2.80	0.70	0.95	0.00	1.5206	109.90	1.32	1.45	1.84
88		2.80	0.42	0.74	3.00	1.5246	113.58	1.31	1.53	1.78
89		2.80	0.42	0.63	0.00	1.5250	87.85	1.33	1.58	1.71
90		2.80	0.56	0.74	4.00	1.5304	119.70	1.30	1.53	1.80
91		2.80	0.70	1.05	1.00	1.5332	123.38	1.32	1.43	1.90
92		2.80	0.70	0.95	4.00	1.5378	134.40	1.32	1.45	1.90
93		2.80	0.56	0.95	3.00	1.5383	128.28	1.34	1.45	1.87
94		2.80	0.42	0.63	4.00	1.5406	112.35	1.33	1.58	1.76
95		2.80	0.56	0.95	2.00	1.5407	122.15	1.32	1.47	1.88
96		2.80	0.42	0.74	1.00	1.5452	101.33	1.32	1.56	1.80
97	38	2.45	0.49	0.53	0.00	1.4423	75.91	1.32	1.33	1.72
98		2.45	0.37	0.53	3.00	1.4529	94.28	1.33	1.32	1.75
99		2.45	0.37	0.42	1.00	1.4543	75.60	1.30	1.37	1.74
100		2.45	0.37	0.53	2.00	1.4547	88.16	1.31	1.33	1.76
101		2.45	0.49	0.53	4.00	1.4585	100.41	1.32	1.32	1.78
102		2.45	0.37	0.42	0.00	1.4600	69.48	1.36	1.36	1.70
103		2.45	0.49	0.63	1.00	1.4610	88.46	1.30	1.31	1.81
104		2.45	0.49	0.63	0.00	1.4664	82.34	1.36	1.30	1.78
105		2.45	0.37	0.42	4.00	1.4759	93.98	1.36	1.36	1.76
106		2.80	0.84	0.53	0.00	1.5456	80.50	1.36	1.36	1.76
107		2.80	1.12	1.05	0.00	1.5495	117.25	1.35	1.42	1.93
108		2.80	0.98	0.84	0.00	1.5662	102.55	1.33	1.54	1.87
109	40	2.45	0.86	0.53	0.00	1.4732	75.91	1.33	1.35	1.78
110		2.45	0.86	0.63	3.00	1.4735	100.71	1.30	1.31	1.85
111		2.45	0.74	0.42	3.00	1.4828	87.85	1.32	1.39	1.78
112		2.45	0.74	0.42	2.00	1.4848	81.73	1.31	1.40	1.79
113		2.45	0.86	0.53	4.00	1.4899	100.41	1.33	1.35	1.84
114		2.45	0.86	0.63	1.00	1.4928	88.46	1.31	1.34	1.88
115		2.45	0.74	0.42	1.00	1.5024	75.60	1.33	1.42	1.80
116	42	2.45	1.23	0.42	0.00	1.4624	69.48	1.31	1.33	1.80
117		2.45	1.23	0.42	4.00	1.4794	93.98	1.31	1.32	1.85
118		2.45	1.23	0.53	0.00	1.4808	75.91	1.34	1.31	1.84
119		2.45	1.23	0.53	4.00	1.4982	100.41	1.34	1.30	1.90
120		2.45	1.10	0.42	3.00	1.4989	87.85	1.33	1.37	1.84
121		2.45	1.10	0.42	2.00	1.5010	81.73	1.32	1.39	1.85
122		2.45	1.10	0.42	1.00	1.5187	75.60	1.34	1.40	1.86
123		2.80	1.68	0.42	0.00	1.5239	73.15	1.31	1.54	1.77
124		2.80	1.68	0.63	3.00	1.5398	106.23	1.32	1.46	1.88

Çizelge 3.5. H=8 m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	8.00	1.600	1.200	0.000	2.2435	290.00	0.92	4.71	1.17
2		8.00	1.200	1.200	3.000	2.2455	314.00	0.92	4.69	1.19
3		8.00	1.200	1.200	2.000	2.2578	306.00	0.91	4.73	1.20
4		8.00	1.200	1.200	0.000	2.2842	290.00	0.96	4.77	1.19
5		8.00	1.200	1.080	0.000	2.3009	266.00	0.93	4.88	1.17
6	22	7.60	1.140	1.200	3.000	2.2562	302.00	1.02	4.52	1.30
7		7.60	1.140	1.200	0.000	2.2952	278.00	1.06	4.60	1.29
8		7.60	1.140	1.080	0.000	2.3088	255.20	1.02	4.70	1.27
9		8.00	2.000	1.200	0.000	2.4064	290.00	1.03	4.98	1.28
10		8.00	1.600	1.200	3.000	2.4200	314.00	1.04	4.98	1.30
11	24	8.00	1.600	1.200	0.000	2.7040	290.00	1.30	5.46	1.43
12		8.00	1.200	1.200	3.000	2.7071	314.00	1.31	5.44	1.46
13		8.00	1.200	1.200	1.000	2.7531	298.00	1.31	5.56	1.48
14		8.00	1.200	1.200	0.000	2.7555	290.00	1.37	5.53	1.45
15		8.00	1.200	1.080	0.000	2.7712	266.00	1.31	5.66	1.43
16	26	6.80	1.020	1.200	0.000	2.3472	254.00	1.30	4.30	1.51
17		6.80	1.020	1.200	4.000	2.3569	286.00	1.30	4.28	1.56
18		7.20	1.440	1.200	0.000	2.5019	266.00	1.33	4.74	1.52
19		7.20	1.080	1.200	3.000	2.5066	290.00	1.33	4.72	1.55
20		7.20	1.440	1.200	4.000	2.5110	298.00	1.32	4.71	1.57
21		7.20	1.080	1.200	2.000	2.5179	282.00	1.31	4.76	1.56
22		7.20	1.080	1.200	1.000	2.5480	274.00	1.34	4.81	1.57
23		7.20	1.080	1.200	0.000	2.5511	266.00	1.39	4.80	1.54
24		7.20	1.080	1.200	4.000	2.5603	298.00	1.39	4.78	1.59
25		7.20	1.080	1.080	0.000	2.5604	244.40	1.34	4.91	1.52
26		7.20	1.080	1.080	4.000	2.5992	276.40	1.34	4.88	1.57
27		7.60	1.900	1.200	0.000	2.6586	278.00	1.34	5.19	1.52
28		7.60	1.900	1.200	4.000	2.6671	310.00	1.34	5.17	1.57
29		7.60	1.520	1.200	3.000	2.6751	302.00	1.36	5.19	1.55
30		7.60	1.520	1.200	2.000	2.6878	294.00	1.34	5.24	1.56
31		7.60	1.520	1.080	3.000	2.6879	279.20	1.30	5.31	1.53
32	28	6.00	0.900	1.200	0.000	2.1859	230.00	1.35	3.67	1.60
33		6.00	0.900	1.200	4.000	2.1973	262.00	1.35	3.66	1.65
34		6.40	1.280	1.200	3.000	2.2927	266.00	1.31	4.02	1.61
35		6.40	1.280	1.200	1.000	2.3297	250.00	1.31	4.11	1.64
36		6.40	1.280	1.200	0.000	2.3329	242.00	1.37	4.09	1.61
37		6.40	1.280	1.080	0.000	2.3370	222.80	1.32	4.19	1.58
38		6.40	0.960	1.200	3.000	2.3391	266.00	1.38	4.08	1.63
39		6.40	0.960	1.080	3.000	2.3428	246.80	1.32	4.17	1.61
40		6.40	0.960	1.200	2.000	2.3486	258.00	1.36	4.11	1.64
41		6.40	0.960	1.200	1.000	2.3766	250.00	1.38	4.16	1.66
42		6.40	0.960	0.960	0.000	2.3813	203.60	1.33	4.33	1.56
43		6.40	0.960	0.960	4.000	2.3913	235.60	1.33	4.31	1.61
44		6.80	1.700	1.200	3.000	2.4320	278.00	1.32	4.43	1.62
45		6.80	1.700	1.200	2.000	2.4428	270.00	1.30	4.47	1.63
46		6.80	1.700	1.200	1.000	2.4719	262.00	1.32	4.52	1.64
47		6.80	1.360	0.840	0.000	2.5394	192.80	1.31	4.88	1.51
48	30	4.80	0.720	1.200	0.000	1.8285	194.00	1.31	2.60	1.64
49		4.80	0.720	1.200	4.000	1.8419	226.00	1.31	2.58	1.69
50		5.20	1.040	1.200	0.000	1.9733	206.00	1.33	3.00	1.65
51		5.20	0.780	1.200	3.000	1.9812	230.00	1.34	2.98	1.68
52		5.20	1.040	1.200	4.000	1.9863	238.00	1.33	2.98	1.70
53	32	4.00	0.600	1.200	0.000	1.6422	170.00	1.32	1.95	1.71
54		4.00	0.600	1.200	4.000	1.6573	202.00	1.32	1.94	1.76
55		4.40	0.880	1.080	0.000	1.7791	168.80	1.30	2.39	1.69

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
56	32	4.40	0.880	1.200	1.000	1.7842	190.00	1.30	2.35	1.75
57		4.40	0.660	1.080	3.000	1.7880	192.80	1.31	2.38	1.73
58		4.40	0.880	1.080	4.000	1.7935	200.80	1.30	2.38	1.75
59		4.40	0.660	1.200	3.000	1.7979	206.00	1.37	2.33	1.75
60		4.40	0.660	1.200	2.000	1.8025	198.00	1.35	2.35	1.76
61		4.40	0.660	0.960	0.000	1.8029	155.60	1.32	2.47	1.67
62		4.40	0.660	1.080	1.000	1.8142	176.80	1.32	2.43	1.75
63		4.40	0.660	0.960	4.000	1.8169	187.60	1.32	2.46	1.72
64		4.80	1.200	1.200	3.000	1.8980	218.00	1.32	2.69	1.74
65		4.80	1.200	1.200	2.000	1.9038	210.00	1.30	2.71	1.75
66		4.80	1.200	1.080	0.000	1.9236	179.60	1.33	2.80	1.71
67		4.80	1.200	1.200	1.000	1.9264	202.00	1.33	2.74	1.77
68		4.80	0.960	1.080	3.000	1.9407	203.60	1.34	2.80	1.74
69	34	3.60	0.540	1.080	3.000	1.5896	171.20	1.30	1.72	1.79
70		3.60	0.720	1.200	0.000	1.5940	158.00	1.35	1.69	1.79
71		3.60	0.540	0.960	0.000	1.5954	136.40	1.32	1.79	1.73
72		3.60	0.540	1.200	3.000	1.6046	182.00	1.36	1.68	1.82
73		3.60	0.540	1.200	2.000	1.6074	174.00	1.34	1.70	1.83
74		3.60	0.540	1.200	2.000	1.6074	174.00	1.34	1.70	1.83
75		3.60	0.720	1.200	4.000	1.6104	190.00	1.35	1.68	1.84
76		3.60	0.540	0.960	4.000	1.6111	168.40	1.32	1.78	1.79
77		3.60	0.540	1.080	1.000	1.6115	155.20	1.31	1.76	1.82
78		3.60	0.540	1.080	0.000	1.6163	147.20	1.37	1.75	1.78
79		4.00	1.200	1.200	0.000	1.6827	170.00	1.31	2.01	1.77
80		4.00	1.200	1.200	4.000	1.6984	202.00	1.31	2.01	1.83
81		4.00	1.000	1.200	3.000	1.7067	194.00	1.34	2.03	1.81
82		4.00	1.000	1.200	2.000	1.7106	186.00	1.32	2.04	1.82
83		4.00	0.800	0.960	3.000	1.7219	170.00	1.31	2.15	1.76
84		4.00	1.000	1.080	0.000	1.7231	158.00	1.34	2.11	1.77
85		4.00	0.800	0.840	0.000	1.7301	134.00	1.33	2.23	1.69
86		4.00	0.600	0.600	0.000	1.7313	110.00	1.32	2.34	1.59
87	36	3.20	0.800	1.200	3.000	1.5131	170.00	1.31	1.40	1.88
88		3.20	0.640	0.840	0.000	1.5142	117.20	1.30	1.54	1.75
89		3.20	0.800	1.080	0.000	1.5206	136.40	1.32	1.45	1.84
90		3.20	0.480	0.840	3.000	1.5246	141.20	1.31	1.53	1.78
91		3.20	0.480	0.720	0.000	1.5250	107.60	1.33	1.58	1.71
92		3.20	0.640	0.840	4.000	1.5304	149.20	1.30	1.53	1.80
93		3.20	0.800	1.200	1.000	1.5332	154.00	1.32	1.43	1.90
94		3.20	0.800	1.080	4.000	1.5378	168.40	1.32	1.45	1.90
95		3.20	0.640	1.080	3.000	1.5383	160.40	1.34	1.45	1.87
96		3.20	0.640	1.080	3.000	1.5383	160.40	1.34	1.45	1.87
97		3.20	0.480	0.720	4.000	1.5406	139.60	1.33	1.58	1.76
98		3.20	0.640	1.080	2.000	1.5407	152.40	1.32	1.47	1.88
99		3.20	0.480	0.840	1.000	1.5452	125.20	1.32	1.56	1.80
100		3.20	0.480	0.960	2.000	1.5534	142.80	1.34	1.52	1.85
101	38	2.80	0.560	0.600	0.000	1.4423	92.00	1.32	1.33	1.72
102		2.80	0.420	0.600	3.000	1.4529	116.00	1.33	1.32	1.75
103		2.80	0.420	0.480	1.000	1.4543	91.60	1.30	1.37	1.74
104		2.80	0.420	0.600	2.000	1.4547	108.00	1.31	1.33	1.76
105		2.80	0.560	0.600	4.000	1.4585	124.00	1.32	1.32	1.78
106		2.80	0.420	0.480	0.000	1.4600	83.60	1.36	1.36	1.70
107		2.80	0.560	0.720	1.000	1.4610	108.40	1.30	1.31	1.81
108		2.80	0.420	0.600	0.000	1.4779	92.00	1.39	1.34	1.74
109		2.80	0.420	0.720	2.000	1.4791	116.40	1.35	1.31	1.82
110		3.20	1.280	1.200	0.000	1.5495	146.00	1.35	1.42	1.93
111		3.20	0.960	0.600	4.000	1.5621	130.00	1.31	1.66	1.76
112		3.20	1.120	0.960	0.000	1.5662	126.80	1.33	1.54	1.87

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
113	38	3.20	0.960	0.840	3.000	1.5683	141.20	1.32	1.59	1.84
114	40	2.80	0.980	0.600	0.000	1.4732	92.00	1.33	1.35	1.78
115		2.80	0.980	0.720	3.000	1.4735	124.40	1.30	1.31	1.85
116		2.80	0.840	0.480	3.000	1.4828	107.60	1.32	1.39	1.78
117		2.80	0.840	0.480	2.000	1.4848	99.60	1.31	1.40	1.79
118		2.80	0.980	0.600	4.000	1.4899	124.00	1.33	1.35	1.84
119		2.80	0.980	0.720	1.000	1.4928	108.40	1.31	1.34	1.88
120		2.80	1.400	0.480	0.000	1.4624	83.60	1.31	1.33	1.80
121	42	2.80	1.400	0.480	4.000	1.4794	115.60	1.31	1.32	1.85
122		2.80	1.400	0.600	0.000	1.4808	92.00	1.34	1.31	1.84
123		2.80	1.400	0.600	4.000	1.4982	124.00	1.34	1.30	1.90
124		2.80	1.260	0.480	3.000	1.4989	107.60	1.33	1.37	1.84
125		2.80	1.260	0.480	2.000	1.5010	99.60	1.32	1.39	1.85
126		2.80	1.260	0.480	1.000	1.5187	91.60	1.34	1.40	1.86
127		3.20	1.920	0.480	0.000	1.5239	88.40	1.31	1.54	1.77
128		3.20	1.920	0.720	3.000	1.5398	131.60	1.32	1.46	1.88

Ek-4 Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı harmoni arama algoritması ile optimizasyon analiz sonuçları

Çizelge 4.1. H=4m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	3.60	0.72	0.60	0.24	2.5226	121.88	1.31	4.95	1.38
2		3.60	0.90	0.60	0.26	2.5272	125.12	1.31	4.97	1.38
3	22	3.00	0.45	0.60	0.26	2.18	103.25	1.31	3.82	1.48
4		3.20	0.64	0.54	0.24	2.2692	102.92	1.30	4.15	1.42
5		3.20	0.64	0.60	0.24	2.2733	107.72	1.33	4.11	1.45
6		3.20	0.80	0.60	0.26	2.28	110.28	1.32	4.12	1.46
7		3.20	0.48	0.54	0.24	2.34	102.92	1.32	4.32	1.45
8		3.20	0.48	0.60	0.24	2.3439	107.72	1.35	4.27	1.48
9		3.40	0.85	0.60	0.22	2.3804	111.79	1.31	4.46	1.44
10	24	2.60	0.52	0.60	0.26	1.8991	89.97	1.31	2.92	1.52
11		2.60	0.39	0.60	0.26	1.9541	89.97	1.32	3.04	1.55
12		2.80	0.70	0.60	0.24	1.9996	94.52	1.30	3.25	1.51
13		2.80	0.56	0.54	0.24	2.0401	90.32	1.32	3.37	1.49
14		2.80	0.70	0.54	0.26	2.0437	92.28	1.32	3.37	1.50
15		2.80	0.56	0.60	0.24	2.0478	94.52	1.35	3.33	1.53
16		2.80	0.70	0.60	0.26	2.0514	96.48	1.34	3.34	1.54
17		2.80	0.42	0.60	0.22	2.0518	92.56	1.31	3.38	1.53
18		2.80	0.56	0.54	0.26	2.0930	92.28	1.36	3.45	1.52
19		2.80	0.56	0.60	0.26	2.1008	96.48	1.39	3.41	1.56
20		2.80	0.42	0.60	0.24	2.1084	94.52	1.37	3.46	1.56
21		3.00	0.60	0.60	0.20	2.1377	96.50	1.30	3.66	1.52
22		3.00	0.75	0.60	0.22	2.1462	98.75	1.33	3.66	1.52
23		3.00	0.90	0.60	0.24	2.1601	101.00	1.32	3.71	1.53
24		3.00	0.60	0.54	0.22	2.1915	94.25	1.35	3.79	1.51
25		3.00	0.75	0.54	0.24	2.1990	96.50	1.36	3.80	1.51
26		3.00	0.90	0.54	0.26	2.2099	98.75	1.33	3.84	1.52
27		3.00	0.60	0.60	0.24	2.2586	101.00	1.43	3.85	1.56
28	26	2.20	0.44	0.60	0.26	1.68	77.73	1.31	2.20	1.59
29		2.20	0.33	0.60	0.26	1.7291	77.73	1.32	2.29	1.63
30		2.40	0.48	0.60	0.22	1.7782	80.84	1.30	2.51	1.57
31		2.40	0.60	0.60	0.24	1.7847	82.28	1.31	2.52	1.58
32		2.40	0.48	0.54	0.24	1.8165	78.68	1.33	2.61	1.56
33		2.40	0.60	0.54	0.26	1.8197	80.12	1.33	2.61	1.57
34		2.40	0.48	0.60	0.24	1.8275	82.28	1.36	2.58	1.60
35		2.40	0.36	0.60	0.22	1.8280	80.84	1.32	2.62	1.61
36		2.40	0.60	0.60	0.26	1.8308	83.72	1.36	2.58	1.61
37		2.40	0.36	0.54	0.24	1.8676	78.68	1.35	2.71	1.60
38		2.40	0.48	0.60	0.26	1.8748	83.72	1.40	2.65	1.63
39		2.60	0.65	0.54	0.22	1.9160	82.69	1.32	2.94	1.55
40		2.60	0.52	0.60	0.20	1.9175	84.90	1.32	2.90	1.59
41		2.60	0.78	0.54	0.24	1.9272	84.38	1.31	2.97	1.56
42		2.60	0.52	0.54	0.22	1.9620	82.69	1.36	3.01	1.58
43		2.60	0.39	0.54	0.20	1.9632	81.00	1.31	3.05	1.58
44		2.60	0.65	0.54	0.24	1.9691	84.38	1.38	3.01	1.58
45		2.60	0.52	0.54	0.24	2.0165	84.38	1.42	3.08	1.60
46		2.80	0.56	0.54	0.18	2.0531	84.44	1.31	3.34	1.57
47		2.80	0.70	0.54	0.20	2.0606	86.40	1.33	3.34	1.57
48		2.80	0.84	0.54	0.22	2.0746	88.36	1.33	3.38	1.57
49		2.80	0.98	0.54	0.24	2.0875	90.32	1.31	3.44	1.58
50	28	2.00	0.50	0.60	0.24	1.57	71.00	1.30	1.82	1.64
51		2.00	0.40	0.54	0.24	1.5961	68.00	1.32	1.89	1.63

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
52	28	2.00	0.50	0.54	0.26	1.5990	69.00	1.32	1.89	1.64
53		2.00	0.30	0.60	0.22	1.6074	70.00	1.31	1.90	1.67
54		2.00	0.40	0.60	0.24	1.6102	71.00	1.35	1.87	1.66
55		2.00	0.50	0.60	0.26	1.6130	72.00	1.34	1.87	1.67
56		2.00	0.40	0.48	0.26	1.6324	66.00	1.33	2.00	1.62
57		2.00	0.30	0.48	0.24	1.6337	65.00	1.30	2.03	1.62
58		2.00	0.30	0.54	0.24	1.6379	68.00	1.34	1.97	1.66
59		2.00	0.40	0.60	0.26	1.6516	72.00	1.39	1.92	1.70
60		2.20	0.55	0.54	0.22	1.6959	72.01	1.32	2.20	1.62
61		2.20	0.44	0.60	0.20	1.7009	74.10	1.32	2.18	1.65
62		2.20	0.66	0.54	0.24	1.7043	73.22	1.31	2.23	1.62
63		2.20	0.55	0.60	0.22	1.7087	75.31	1.35	2.18	1.65
64		2.20	0.66	0.60	0.24	1.7170	76.52	1.34	2.21	1.66
65		2.20	0.33	0.54	0.20	1.7341	70.80	1.32	2.29	1.65
66		2.20	0.44	0.48	0.22	1.7352	68.71	1.33	2.33	1.60
67		2.20	0.44	0.54	0.22	1.7365	72.01	1.37	2.26	1.64
68		2.20	0.55	0.48	0.24	1.7417	69.92	1.34	2.33	1.61
69		2.20	0.33	0.60	0.20	1.7468	74.10	1.34	2.27	1.69
70		2.20	0.66	0.48	0.26	1.7472	71.13	1.31	2.36	1.62
71		2.20	0.33	0.54	0.22	1.7835	72.01	1.38	2.35	1.67
72		2.40	0.60	0.60	0.18	1.7971	77.96	1.30	2.50	1.65
73		2.40	0.72	0.60	0.20	1.8073	79.40	1.30	2.52	1.65
74		2.40	0.48	0.54	0.18	1.8283	74.36	1.32	2.58	1.64
75		2.40	0.60	0.54	0.20	1.8357	75.80	1.35	2.58	1.63
76		2.40	0.72	0.54	0.22	1.8469	77.24	1.35	2.61	1.64
77		2.40	0.84	0.54	0.24	1.8560	78.68	1.32	2.66	1.65
78		2.60	0.65	0.60	0.16	1.9392	81.52	1.32	2.89	1.67
79		2.60	0.52	0.60	0.14	1.9396	79.83	1.31	2.89	1.67
80	30	1.60	0.24	0.54	0.26	1.46	58.92	1.33	1.34	1.74
81		1.60	0.24	0.60	0.26	1.4738	61.32	1.36	1.32	1.78
82		1.80	0.45	0.60	0.22	1.4985	64.91	1.32	1.51	1.71
83		1.80	0.54	0.60	0.24	1.5043	65.72	1.31	1.53	1.71
84		1.80	0.36	0.48	0.22	1.5097	59.51	1.30	1.62	1.65
85		1.80	0.45	0.48	0.24	1.5156	60.32	1.32	1.62	1.66
86		1.80	0.36	0.54	0.22	1.5183	62.21	1.34	1.57	1.69
87		1.80	0.45	0.54	0.24	1.5244	63.02	1.35	1.57	1.70
88		1.80	0.27	0.60	0.20	1.5284	64.10	1.32	1.57	1.74
89		1.80	0.45	0.60	0.24	1.5403	65.72	1.38	1.55	1.73
90		1.80	0.36	0.42	0.24	1.5475	57.62	1.32	1.73	1.64
91		1.80	0.27	0.48	0.22	1.5479	59.51	1.32	1.68	1.69
92		1.80	0.45	0.42	0.26	1.5503	58.43	1.31	1.73	1.65
93		1.80	0.36	0.48	0.24	1.5518	60.32	1.36	1.66	1.68
94		1.80	0.45	0.48	0.26	1.5545	61.13	1.36	1.66	1.69
95		1.80	0.36	0.54	0.24	1.5607	63.02	1.40	1.61	1.72
96		1.80	0.45	0.54	0.26	1.5635	63.83	1.40	1.61	1.73
97		1.80	0.27	0.60	0.22	1.5723	64.91	1.39	1.61	1.76
98		1.80	0.36	0.54	0.26	1.6009	63.83	1.45	1.65	1.75
99		2.00	0.40	0.54	0.18	1.6090	65.00	1.31	1.87	1.69
100		2.00	0.50	0.48	0.20	1.6107	63.00	1.30	1.93	1.65
101		2.00	0.50	0.54	0.20	1.6161	66.00	1.34	1.87	1.69
102		2.00	0.60	0.48	0.22	1.6194	64.00	1.30	1.95	1.65
103		2.00	0.60	0.54	0.22	1.6246	67.00	1.34	1.89	1.69
104		2.00	0.70	0.54	0.24	1.6302	68.00	1.31	1.92	1.70
105		2.00	0.50	0.54	0.22	1.6626	67.00	1.41	1.92	1.71
106		2.00	0.60	0.54	0.24	1.6698	68.00	1.40	1.94	1.72
107		2.20	0.55	0.54	0.16	1.7093	68.38	1.30	2.19	1.69
108		2.20	0.66	0.54	0.18	1.7160	69.59	1.30	2.21	1.69

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
109	30	2.20	0.44	0.60	0.14	1.7223	70.47	1.32	2.17	1.73
110		2.20	0.77	0.60	0.20	1.7371	74.10	1.32	2.21	1.73
111		2.20	0.44	0.48	0.16	1.7481	65.08	1.31	2.31	1.67
112		2.20	0.55	0.48	0.18	1.7528	66.29	1.33	2.31	1.67
113		2.20	0.66	0.48	0.20	1.7623	67.50	1.34	2.33	1.67
114		2.20	0.77	0.48	0.22	1.7715	68.71	1.32	2.37	1.68
115		2.40	0.60	0.54	0.08	1.7751	67.16	1.30	2.46	1.61
116		2.40	0.72	0.54	0.16	1.8595	72.92	1.33	2.60	1.71
117		2.60	0.78	0.54	0.08	1.9240	70.86	1.32	2.87	1.63
118	32	1.60	0.32	0.48	0.20	1.43	54.60	1.31	1.31	1.72
119		1.60	0.40	0.48	0.22	1.4374	55.24	1.33	1.31	1.71
120		1.60	0.32	0.42	0.22	1.4624	52.84	1.33	1.40	1.70
121		1.60	0.24	0.48	0.20	1.4647	54.60	1.32	1.36	1.75
122		1.60	0.32	0.48	0.22	1.4716	55.24	1.38	1.34	1.74
123		1.60	0.24	0.54	0.20	1.4768	57.00	1.36	1.32	1.79
124		1.60	0.32	0.54	0.22	1.4843	57.64	1.41	1.30	1.78
125		1.60	0.32	0.30	0.24	1.4844	48.68	1.30	1.54	1.65
126		1.60	0.24	0.36	0.22	1.4905	50.44	1.30	1.52	1.70
127		1.60	0.24	0.60	0.20	1.4944	59.40	1.39	1.31	1.83
128		1.60	0.32	0.36	0.24	1.4949	51.08	1.34	1.50	1.69
129		1.60	0.32	0.42	0.24	1.5033	53.48	1.39	1.44	1.73
130		1.60	0.24	0.48	0.22	1.5070	55.24	1.39	1.40	1.77
131		1.60	0.32	0.48	0.24	1.5129	55.88	1.44	1.38	1.77
132		1.80	0.36	0.60	0.14	1.5135	61.67	1.30	1.51	1.78
133		1.80	0.45	0.60	0.16	1.5144	62.48	1.31	1.50	1.77
134		1.80	0.54	0.60	0.18	1.5191	63.29	1.31	1.52	1.78
135		1.60	0.24	0.54	0.22	1.5196	57.64	1.43	1.36	1.81
136		1.60	0.24	0.30	0.24	1.5216	48.68	1.32	1.60	1.69
137		1.60	0.32	0.54	0.24	1.5260	58.28	1.48	1.34	1.81
138		1.80	0.45	0.48	0.18	1.5295	57.89	1.31	1.61	1.72
139		1.60	0.24	0.36	0.24	1.5319	51.08	1.36	1.56	1.72
140		1.80	0.36	0.54	0.16	1.5339	59.78	1.33	1.56	1.76
141		1.80	0.54	0.48	0.20	1.5366	58.70	1.32	1.62	1.72
142		1.80	0.45	0.54	0.18	1.5388	60.59	1.35	1.56	1.76
143		1.60	0.24	0.42	0.24	1.5399	53.48	1.41	1.50	1.76
144		1.80	0.63	0.48	0.22	1.5423	59.51	1.30	1.65	1.73
145		1.60	0.32	0.60	0.24	1.5445	60.68	1.51	1.32	1.85
146		1.80	0.54	0.54	0.20	1.5457	61.40	1.35	1.57	1.76
147		1.60	0.24	0.48	0.24	1.5492	55.88	1.46	1.44	1.80
148		1.80	0.36	0.60	0.16	1.5502	62.48	1.36	1.54	1.80
149		1.80	0.63	0.54	0.22	1.5512	62.21	1.34	1.60	1.77
150		1.80	0.45	0.60	0.18	1.5512	63.29	1.38	1.54	1.80
151		1.80	0.36	0.42	0.18	1.5608	55.19	1.32	1.71	1.70
152		1.80	0.54	0.60	0.20	1.5621	64.10	1.38	1.56	1.80
153		1.60	0.24	0.54	0.24	1.5622	58.28	1.50	1.39	1.84
154		2.00	0.50	0.54	0.08	1.5663	60.00	1.30	1.78	1.66
155		1.80	0.45	0.48	0.20	1.5731	58.70	1.39	1.64	1.74
156		1.80	0.54	0.42	0.22	1.5758	56.81	1.34	1.73	1.70
157		2.00	0.40	0.48	0.08	1.5976	57.00	1.31	1.88	1.65
158		2.00	0.40	0.54	0.08	1.6036	60.00	1.35	1.83	1.69
159		2.00	0.40	0.54	0.10	1.6184	61.00	1.33	1.85	1.72
160		2.00	0.50	0.48	0.14	1.6319	60.00	1.30	1.93	1.72
161		2.00	0.50	0.54	0.14	1.6379	63.00	1.34	1.87	1.76
162		2.00	0.60	0.54	0.16	1.6394	64.00	1.33	1.88	1.76
163		2.00	0.70	0.54	0.18	1.6437	65.00	1.31	1.90	1.77
164		2.00	0.60	0.42	0.18	1.6770	59.00	1.31	2.07	1.70
165		2.20	0.66	0.54	0.08	1.7079	63.54	1.34	2.16	1.68

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
166	32	2.20	0.77	0.60	0.14	1.7593	70.47	1.32	2.21	1.80
167		2.20	0.99	0.54	0.20	1.7840	70.80	1.30	2.30	1.80
168		2.40	0.84	0.54	0.08	1.7840	67.16	1.35	2.57	1.71
169	34	1.40	0.21	0.24	0.24	1.45	43.28	1.35	1.31	1.73
170		1.60	0.32	0.48	0.14	1.4542	52.68	1.31	1.31	1.78
171		1.60	0.40	0.48	0.16	1.4553	53.32	1.32	1.31	1.78
172		1.60	0.48	0.48	0.18	1.4594	53.96	1.32	1.32	1.78
173		1.60	0.56	0.48	0.20	1.4634	54.60	1.31	1.34	1.79
174		1.40	0.21	0.30	0.24	1.4690	45.38	1.39	1.30	1.77
175		1.60	0.40	0.36	0.18	1.4763	49.16	1.30	1.45	1.72
176		1.60	0.64	0.54	0.22	1.4765	57.64	1.32	1.31	1.84
177		1.60	0.32	0.42	0.16	1.4800	50.92	1.33	1.40	1.76
178		1.60	0.48	0.36	0.20	1.4828	49.80	1.30	1.47	1.72
179		1.60	0.40	0.42	0.18	1.4849	51.56	1.35	1.39	1.76
180		1.40	0.21	0.24	0.26	1.4873	43.77	1.39	1.35	1.77
181		1.60	0.72	0.60	0.24	1.4886	60.68	1.32	1.30	1.89
182		1.60	0.32	0.48	0.16	1.4897	53.32	1.37	1.34	1.80
183		1.60	0.48	0.42	0.20	1.4914	52.20	1.35	1.41	1.76
184		1.60	0.40	0.48	0.18	1.4948	53.96	1.39	1.34	1.80
185		1.60	0.64	0.42	0.24	1.4958	53.48	1.30	1.45	1.78
186		1.60	0.56	0.42	0.22	1.4960	52.84	1.33	1.43	1.77
187		1.60	0.32	0.30	0.18	1.5002	46.76	1.31	1.53	1.71
188		1.60	0.48	0.48	0.20	1.5011	54.60	1.39	1.35	1.80
189		1.80	0.54	0.54	0.08	1.5018	56.54	1.32	1.50	1.73
190		1.60	0.64	0.48	0.24	1.5046	55.88	1.34	1.39	1.82
191		1.60	0.56	0.48	0.22	1.5054	55.24	1.38	1.37	1.81
192		1.60	0.72	0.54	0.26	1.5083	58.92	1.33	1.35	1.89
193		1.80	0.54	0.54	0.10	1.5157	57.35	1.31	1.52	1.76
194		1.80	0.54	0.60	0.08	1.5179	59.24	1.35	1.49	1.76
195		1.60	0.24	0.60	0.14	1.5200	57.48	1.40	1.31	1.90
196		1.80	0.45	0.42	0.08	1.5224	51.14	1.31	1.64	1.67
197		1.80	0.63	0.60	0.14	1.5489	61.67	1.30	1.54	1.85
198		1.80	0.36	0.36	0.08	1.5542	48.44	1.31	1.75	1.65
199		1.80	0.99	0.54	0.26	1.5683	63.83	1.30	1.57	1.88
200		1.80	0.72	0.54	0.18	1.5685	60.59	1.31	1.61	1.84
201		1.80	0.63	0.54	0.16	1.5694	59.78	1.33	1.59	1.83
202		1.80	0.81	0.60	0.20	1.5806	64.10	1.32	1.59	1.89
203		1.80	0.63	0.42	0.18	1.5966	55.19	1.32	1.75	1.77
204		2.00	1.20	0.54	0.24	1.6238	68.00	1.32	1.75	1.85
205		2.00	0.70	0.48	0.08	1.6338	57.00	1.31	1.92	1.71
206		2.00	1.20	0.48	0.26	1.6571	66.00	1.33	1.85	1.85
207		2.20	1.32	0.60	0.20	1.7227	74.10	1.33	2.01	1.88
208	36	1.60	0.48	0.42	0.08	1.45	48.36	1.33	1.35	1.73
209		1.60	0.48	0.42	0.10	1.4671	49.00	1.31	1.37	1.76
210		1.60	0.40	0.30	0.08	1.4685	43.56	1.31	1.47	1.67
211		1.40	0.21	0.24	0.18	1.4713	41.81	1.36	1.31	1.78
212		1.60	0.48	0.48	0.10	1.4770	51.40	1.35	1.32	1.81
213		1.60	0.40	0.36	0.08	1.4799	45.96	1.35	1.43	1.71
214		1.60	0.32	0.24	0.08	1.4859	41.16	1.32	1.52	1.66
215		1.60	0.40	0.42	0.08	1.4893	48.36	1.40	1.37	1.74
216		1.60	0.48	0.42	0.12	1.4898	49.64	1.33	1.39	1.80
217		1.60	0.56	0.48	0.14	1.4923	52.68	1.33	1.35	1.85
218		1.60	0.32	0.24	0.10	1.4994	41.80	1.30	1.54	1.70
219		1.60	0.64	0.54	0.16	1.4998	55.72	1.37	1.32	1.90
220		1.60	0.40	0.48	0.08	1.4999	50.76	1.37	1.32	1.78
221		1.60	0.40	0.30	0.12	1.5048	44.84	1.37	1.51	1.74
222		1.40	0.21	0.24	0.20	1.5137	42.30	1.37	1.34	1.81

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
223	36	1.60	0.32	0.36	0.08	1.5152	45.96	1.37	1.46	1.73
224		1.60	0.56	0.42	0.16	1.5186	50.92	1.37	1.43	1.83
225		1.40	0.21	0.30	0.20	1.5338	44.40	1.47	1.33	1.84
226		1.60	0.32	0.48	0.08	1.5358	50.76	1.49	1.35	1.81
227		1.60	0.56	0.30	0.18	1.5392	46.76	1.32	1.57	1.77
228		1.60	0.32	0.54	0.08	1.5501	53.16	1.54	1.31	1.85
229		1.40	0.21	0.24	0.22	1.5580	42.79	1.51	1.38	1.83
230		1.80	0.72	0.48	0.08	1.5615	53.84	1.32	1.63	1.78
231		1.80	0.72	0.54	0.08	1.5712	56.54	1.36	1.58	1.82
232		1.80	0.72	0.60	0.08	1.5880	59.24	1.38	1.56	1.86
233		1.80	0.90	0.60	0.16	1.5927	62.48	1.30	1.57	1.96
234		1.80	0.81	0.54	0.14	1.5942	58.97	1.30	1.62	1.91
235		1.80	0.63	0.36	0.08	1.5943	48.44	1.32	1.79	1.72
236		1.60	0.24	0.60	0.08	1.6060	55.56	1.59	1.35	1.93
237		2.00	1.00	0.60	0.08	1.6602	63.00	1.32	1.84	1.87
238		2.20	1.32	0.60	0.08	1.6767	66.84	1.30	1.93	1.85
239		2.00	1.10	0.54	0.16	1.6876	64.00	1.32	1.87	1.93
240		2.00	0.90	0.48	0.08	1.6984	57.00	1.34	2.00	1.81
241		2.20	1.32	0.54	0.14	1.7386	67.17	1.31	2.05	1.91
242		2.00	0.80	0.30	0.08	1.7470	48.00	1.30	2.28	1.71
243	38	1.40	0.49	0.24	0.18	1.48	41.81	1.37	1.30	1.82
244		1.40	0.21	0.24	0.08	1.4836	39.36	1.42	1.30	1.77
245		1.60	0.72	0.48	0.08	1.4912	50.76	1.32	1.35	1.85
246		1.40	0.21	0.24	0.10	1.4967	39.85	1.41	1.32	1.81
247		1.60	0.72	0.54	0.08	1.5042	53.16	1.36	1.30	1.89
248		1.80	1.08	0.60	0.08	1.5056	59.24	1.31	1.37	1.89
249		1.40	0.28	0.24	0.14	1.5151	40.83	1.45	1.31	1.84
250		1.40	0.35	0.24	0.16	1.5165	41.32	1.46	1.31	1.83
251		1.40	0.21	0.30	0.10	1.5165	41.95	1.44	1.31	1.85
252		1.60	0.64	0.36	0.08	1.5195	45.96	1.33	1.49	1.78
253		1.40	0.42	0.24	0.18	1.5205	41.81	1.45	1.32	1.83
254		1.60	0.64	0.42	0.08	1.5283	48.36	1.37	1.44	1.82
255		1.60	0.56	0.24	0.08	1.5322	41.16	1.34	1.58	1.73
256		1.60	0.72	0.42	0.14	1.5501	50.28	1.32	1.47	1.91
257		1.40	0.21	0.24	0.14	1.5510	40.83	1.46	1.36	1.87
258		1.80	0.99	0.54	0.08	1.5617	56.54	1.33	1.51	1.89
259		1.60	0.56	0.42	0.08	1.5718	48.36	1.47	1.45	1.84
260		1.80	0.99	0.60	0.08	1.5791	59.24	1.36	1.50	1.93
261		1.40	0.21	0.36	0.14	1.5880	45.03	1.55	1.31	1.95
262		1.40	0.21	0.30	0.16	1.6106	43.42	1.57	1.38	1.93
263	40	1.80	0.90	0.42	0.08	1.6118	51.14	1.32	1.73	1.83
264		2.00	1.20	0.42	0.08	1.6438	54.00	1.31	1.86	1.81
265		1.40	0.56	0.24	0.10	1.48	39.85	1.33	1.31	1.84
266		1.40	0.56	0.24	0.12	1.4996	40.34	1.34	1.33	1.87
267		1.40	0.49	0.24	0.08	1.5054	39.36	1.44	1.31	1.81
268		1.40	0.49	0.24	0.10	1.5188	39.85	1.42	1.33	1.85
269		1.40	0.56	0.30	0.12	1.5193	42.44	1.38	1.32	1.91
270		1.60	0.88	0.36	0.08	1.5227	45.96	1.31	1.45	1.85
271		1.60	0.88	0.42	0.08	1.5325	48.36	1.36	1.39	1.89
272		1.60	0.88	0.48	0.08	1.5436	50.76	1.40	1.34	1.94
273		1.40	0.42	0.24	0.08	1.5459	39.36	1.53	1.33	1.83
274		1.60	0.80	0.24	0.08	1.5572	41.16	1.31	1.61	1.81
275		1.40	0.35	0.24	0.08	1.5853	39.36	1.61	1.34	1.85
276		1.80	1.08	0.24	0.08	1.6051	43.04	1.31	1.77	1.79
277	42	1.40	0.70	0.24	0.08	1.55	39.36	1.42	1.36	1.91
278		1.40	0.63	0.24	0.08	1.6033	39.36	1.51	1.42	1.93
279		1.60	0.96	0.24	0.08	1.6059	41.16	1.44	1.54	1.89

Çizelge 4.2. H=5m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	4.50	0.90	0.75	0.24	2.5226	182.63	1.31	4.95	1.38
2		4.50	1.13	0.75	0.26	2.5272	187.69	1.31	4.97	1.38
3		3.75	0.56	0.75	0.26	2.18	153.52	1.31	3.82	1.48
4	22	4.00	0.80	0.68	0.24	2.2692	153.00	1.30	4.15	1.42
5		4.00	0.80	0.75	0.24	2.2733	160.50	1.33	4.11	1.45
6		4.00	1.00	0.75	0.26	2.28	164.50	1.32	4.12	1.46
7		4.00	0.60	0.68	0.24	2.34	153.00	1.32	4.32	1.45
8		4.00	0.60	0.75	0.24	2.3439	160.50	1.35	4.27	1.48
9		4.25	1.06	0.75	0.22	2.3804	166.86	1.31	4.46	1.44
10	24	3.25	0.65	0.75	0.26	1.8991	132.77	1.31	2.92	1.52
11		3.25	0.49	0.75	0.26	1.9541	132.77	1.32	3.04	1.55
12		3.50	0.88	0.75	0.24	1.9996	139.88	1.30	3.25	1.51
13		3.50	0.70	0.68	0.24	2.0401	133.31	1.32	3.37	1.49
14		3.50	0.88	0.68	0.26	2.0437	136.38	1.32	3.37	1.50
15		3.50	0.70	0.75	0.24	2.0478	139.88	1.35	3.33	1.53
16		3.50	0.88	0.75	0.26	2.0514	142.94	1.34	3.34	1.54
17		3.50	0.53	0.75	0.22	2.0518	136.81	1.31	3.38	1.53
18		3.50	0.70	0.68	0.26	2.0930	136.38	1.36	3.45	1.52
19		3.50	0.70	0.75	0.26	2.1008	142.94	1.39	3.41	1.56
20		3.50	0.53	0.75	0.24	2.1084	139.88	1.37	3.46	1.56
21		3.75	0.75	0.75	0.20	2.1377	142.97	1.30	3.66	1.52
22		3.75	0.94	0.75	0.22	2.1462	146.48	1.33	3.66	1.52
23		3.75	1.13	0.75	0.24	2.1601	150.00	1.32	3.71	1.53
24		3.75	0.75	0.68	0.22	2.1915	139.45	1.35	3.79	1.51
25		3.75	0.94	0.68	0.24	2.1990	142.97	1.36	3.80	1.51
26		3.75	1.13	0.68	0.26	2.2099	146.48	1.33	3.84	1.52
27		3.75	0.94	0.68	0.26	2.2560	146.48	1.40	3.90	1.54
28	26	2.75	0.55	0.75	0.26	1.68	113.64	1.31	2.20	1.59
29		2.75	0.41	0.75	0.26	1.7291	113.64	1.32	2.29	1.63
30		3.00	0.60	0.75	0.22	1.7782	118.50	1.30	2.51	1.57
31		3.00	0.75	0.75	0.24	1.7847	120.75	1.31	2.52	1.58
32		3.00	0.60	0.68	0.24	1.8165	115.13	1.33	2.61	1.56
33		3.00	0.75	0.68	0.26	1.8197	117.38	1.33	2.61	1.57
34		3.00	0.60	0.75	0.24	1.8275	120.75	1.36	2.58	1.60
35		3.00	0.45	0.75	0.22	1.8280	118.50	1.32	2.62	1.61
36		3.00	0.45	0.68	0.24	1.8676	115.13	1.35	2.71	1.60
37		3.25	0.81	0.68	0.22	1.9160	121.39	1.32	2.94	1.55
38		3.25	0.65	0.75	0.20	1.9175	124.84	1.32	2.90	1.59
39		3.25	0.81	0.75	0.22	1.9257	127.48	1.34	2.90	1.59
40		3.25	0.98	0.68	0.24	1.9272	124.03	1.31	2.97	1.56
41		3.25	0.65	0.68	0.22	1.9620	121.39	1.36	3.01	1.58
42		3.25	0.49	0.68	0.20	1.9632	118.75	1.31	3.05	1.58
43		3.25	0.81	0.68	0.24	1.9691	124.03	1.38	3.01	1.58
44		3.25	0.65	0.68	0.24	2.0165	124.03	1.42	3.08	1.60
45		3.25	0.81	0.68	0.26	2.0201	126.67	1.42	3.09	1.61
46		3.25	0.81	0.75	0.26	2.0302	132.77	1.45	3.06	1.65
47	28	2.50	0.63	0.75	0.24	1.57	103.13	1.30	1.82	1.64
48		2.50	0.50	0.68	0.24	1.5961	98.44	1.32	1.89	1.63
49		2.50	0.63	0.68	0.26	1.5990	100.00	1.32	1.89	1.64
50		2.50	0.38	0.75	0.22	1.6074	101.56	1.31	1.90	1.67
51		2.50	0.63	0.75	0.26	1.6130	104.69	1.34	1.87	1.67
52		2.50	0.50	0.60	0.26	1.6324	95.31	1.33	2.00	1.62
53		2.50	0.38	0.60	0.24	1.6337	93.75	1.30	2.03	1.62
54		2.50	0.50	0.68	0.26	1.6372	100.00	1.36	1.94	1.66
55		2.50	0.38	0.68	0.24	1.6379	98.44	1.34	1.97	1.66

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
56	28	2.50	0.50	0.75	0.26	1.6516	104.69	1.39	1.92	1.70
57		2.50	0.38	0.75	0.24	1.6520	103.13	1.37	1.94	1.70
58		2.75	0.69	0.68	0.22	1.6959	104.70	1.32	2.20	1.62
59		2.75	0.55	0.75	0.20	1.7009	107.97	1.32	2.18	1.65
60		2.75	0.83	0.68	0.24	1.7043	106.59	1.31	2.23	1.62
61		2.75	0.69	0.75	0.22	1.7087	109.86	1.35	2.18	1.65
62		2.75	0.83	0.75	0.24	1.7170	111.75	1.34	2.21	1.66
63		2.75	0.41	0.68	0.20	1.7341	102.81	1.32	2.29	1.65
64		2.75	0.55	0.60	0.22	1.7352	99.55	1.33	2.33	1.60
65		2.75	0.55	0.68	0.22	1.7365	104.70	1.37	2.26	1.64
66		2.75	0.69	0.60	0.24	1.7417	101.44	1.34	2.33	1.61
67		2.75	0.69	0.68	0.24	1.7431	106.59	1.38	2.26	1.64
68		2.75	0.41	0.75	0.20	1.7468	107.97	1.34	2.27	1.69
69		2.75	0.83	0.60	0.26	1.7472	103.33	1.31	2.36	1.62
70		2.75	0.83	0.68	0.26	1.7481	108.48	1.35	2.29	1.66
71		2.75	0.55	0.75	0.22	1.7496	109.86	1.39	2.23	1.68
72		2.75	0.69	0.75	0.24	1.7563	111.75	1.41	2.24	1.68
73		2.75	0.83	0.75	0.26	1.7612	113.64	1.38	2.26	1.69
74		3.00	0.75	0.75	0.18	1.7971	114.00	1.30	2.50	1.65
75		3.00	0.90	0.75	0.20	1.8073	116.25	1.30	2.52	1.65
76		3.00	0.60	0.68	0.18	1.8283	108.38	1.32	2.58	1.64
77		2.75	0.55	0.68	0.26	1.8311	108.48	1.47	2.38	1.70
78		3.00	0.75	0.68	0.20	1.8357	110.63	1.35	2.58	1.63
79		3.00	0.60	0.75	0.18	1.8399	114.00	1.35	2.55	1.67
80		3.00	0.90	0.68	0.22	1.8469	112.88	1.35	2.61	1.64
81		3.00	0.75	0.75	0.20	1.8474	116.25	1.37	2.56	1.67
82		3.00	1.05	0.68	0.24	1.8560	115.13	1.32	2.66	1.65
83		3.00	1.05	0.75	0.24	1.8674	120.75	1.35	2.63	1.69
84		3.00	0.75	0.75	0.22	1.9002	118.50	1.45	2.62	1.69
85		3.00	0.60	0.68	0.22	1.9335	112.88	1.47	2.71	1.68
86		3.25	0.81	0.75	0.16	1.9392	119.56	1.32	2.89	1.67
87		3.25	0.65	0.75	0.14	1.9396	116.92	1.31	2.89	1.67
88		3.25	0.98	0.75	0.18	1.9480	122.20	1.32	2.91	1.67
89		3.25	1.14	0.75	0.20	1.9592	124.84	1.31	2.95	1.67
90		3.25	0.65	0.68	0.16	1.9751	113.47	1.34	2.99	1.65
91		3.25	0.81	0.68	0.18	1.9798	116.11	1.36	2.99	1.65
92	30	2.00	0.30	0.68	0.26	1.46	84.25	1.33	1.34	1.74
93		2.00	0.30	0.75	0.26	1.4738	88.00	1.36	1.32	1.78
94		2.25	0.56	0.75	0.22	1.4985	93.61	1.32	1.51	1.71
95		2.25	0.68	0.75	0.24	1.5043	94.88	1.31	1.53	1.71
96		2.25	0.45	0.60	0.22	1.5097	85.17	1.30	1.62	1.65
97		2.25	0.56	0.60	0.24	1.5156	86.44	1.32	1.62	1.66
98		2.25	0.45	0.68	0.22	1.5183	89.39	1.34	1.57	1.69
99		2.25	0.56	0.68	0.24	1.5244	90.66	1.35	1.57	1.70
100		2.25	0.68	0.68	0.26	1.5270	91.92	1.33	1.59	1.71
101		2.25	0.34	0.75	0.20	1.5284	92.34	1.32	1.57	1.74
102		2.25	0.45	0.53	0.24	1.5475	82.22	1.32	1.73	1.64
103		2.25	0.34	0.60	0.22	1.5479	85.17	1.32	1.68	1.69
104		2.25	0.56	0.53	0.26	1.5503	83.48	1.31	1.73	1.65
105		2.25	0.56	0.60	0.26	1.5545	87.70	1.36	1.66	1.69
106		2.25	0.45	0.68	0.24	1.5607	90.66	1.40	1.61	1.72
107		2.25	0.56	0.68	0.26	1.5635	91.92	1.40	1.61	1.73
108		2.25	0.56	0.75	0.26	1.5798	96.14	1.43	1.59	1.77
109		2.25	0.45	0.68	0.26	1.6009	91.92	1.45	1.65	1.75
110		2.50	0.50	0.68	0.18	1.6090	93.75	1.31	1.87	1.69
111		2.50	0.63	0.60	0.20	1.6107	90.63	1.30	1.93	1.65
112		2.50	0.63	0.68	0.20	1.6161	95.31	1.34	1.87	1.69

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
113	30	2.50	0.75	0.60	0.22	1.6194	92.19	1.30	1.95	1.65
114		2.50	0.75	0.68	0.22	1.6246	96.88	1.34	1.89	1.69
115		2.50	0.88	0.68	0.24	1.6302	98.44	1.31	1.92	1.70
116		2.50	0.63	0.53	0.22	1.6570	87.50	1.33	2.06	1.63
117		2.50	0.63	0.68	0.22	1.6626	96.88	1.41	1.92	1.71
118		2.50	0.50	0.75	0.20	1.6696	100.00	1.41	1.89	1.75
119		2.50	0.75	0.68	0.24	1.6698	98.44	1.40	1.94	1.72
120		2.50	0.50	0.60	0.22	1.6966	92.19	1.42	2.03	1.70
121		2.50	0.63	0.68	0.24	1.7092	98.44	1.47	1.97	1.74
122		2.75	0.69	0.68	0.16	1.7093	99.03	1.30	2.19	1.69
123		2.50	0.75	0.68	0.26	1.7127	100.00	1.44	1.99	1.75
124		2.75	0.83	0.68	0.18	1.7160	100.92	1.30	2.21	1.69
125		2.75	0.55	0.75	0.14	1.7223	102.30	1.32	2.17	1.73
126		2.75	0.96	0.75	0.20	1.7371	107.97	1.32	2.21	1.73
127		2.50	0.50	0.60	0.24	1.7441	93.75	1.48	2.08	1.72
128		2.75	0.55	0.60	0.16	1.7481	93.88	1.31	2.31	1.67
129		2.75	0.69	0.60	0.18	1.7528	95.77	1.33	2.31	1.67
130		2.75	0.69	0.68	0.18	1.7548	100.92	1.37	2.24	1.71
131		2.75	0.41	0.68	0.14	1.7553	97.14	1.31	2.28	1.72
132		2.75	0.83	0.60	0.20	1.7623	97.66	1.34	2.33	1.67
133		2.75	0.96	0.60	0.22	1.7715	99.55	1.32	2.37	1.68
134		3.00	0.75	0.68	0.08	1.7751	97.13	1.30	2.46	1.61
135		3.00	0.90	0.75	0.14	1.8282	109.50	1.30	2.51	1.72
136		3.25	0.98	0.68	0.08	1.9240	102.91	1.32	2.87	1.63
137	32	2.00	0.40	0.60	0.20	1.43	77.50	1.31	1.31	1.72
138		2.00	0.50	0.60	0.22	1.4374	78.50	1.33	1.31	1.71
139		2.00	0.40	0.53	0.22	1.4624	74.75	1.33	1.40	1.70
140		2.00	0.30	0.60	0.20	1.4647	77.50	1.32	1.36	1.75
141		2.00	0.50	0.53	0.24	1.4683	75.75	1.34	1.40	1.70
142		2.00	0.40	0.60	0.22	1.4716	78.50	1.38	1.34	1.74
143		2.00	0.30	0.68	0.20	1.4768	81.25	1.36	1.32	1.79
144		2.00	0.50	0.60	0.24	1.4776	79.50	1.39	1.35	1.74
145		2.00	0.40	0.68	0.22	1.4843	82.25	1.41	1.30	1.78
146		2.00	0.40	0.38	0.24	1.4844	68.25	1.30	1.54	1.65
147		2.00	0.50	0.68	0.24	1.4904	83.25	1.43	1.31	1.78
148		2.00	0.30	0.45	0.22	1.4905	71.00	1.30	1.52	1.70
149		2.00	0.30	0.75	0.20	1.4944	85.00	1.39	1.31	1.83
150		2.00	0.30	0.53	0.22	1.4981	74.75	1.35	1.46	1.73
151		2.00	0.30	0.60	0.22	1.5070	78.50	1.39	1.40	1.77
152		2.00	0.40	0.60	0.24	1.5129	79.50	1.44	1.38	1.77
153		2.25	0.45	0.75	0.14	1.5135	88.55	1.30	1.51	1.78
154		2.25	0.56	0.75	0.16	1.5144	89.81	1.31	1.50	1.77
155		2.25	0.68	0.75	0.18	1.5191	91.08	1.31	1.52	1.78
156		2.00	0.40	0.68	0.24	1.5260	83.25	1.48	1.34	1.81
157		2.25	0.56	0.60	0.18	1.5295	82.64	1.31	1.61	1.72
158		2.00	0.40	0.45	0.26	1.5319	73.00	1.39	1.54	1.72
159		2.25	0.45	0.68	0.16	1.5339	85.59	1.33	1.56	1.76
160		2.25	0.68	0.60	0.20	1.5366	83.91	1.32	1.62	1.72
161		2.25	0.56	0.68	0.18	1.5388	86.86	1.35	1.56	1.76
162		2.00	0.40	0.53	0.26	1.5399	76.75	1.44	1.47	1.76
163		2.25	0.79	0.60	0.22	1.5423	85.17	1.30	1.65	1.73
164		2.25	0.68	0.68	0.20	1.5457	88.13	1.35	1.57	1.76
165		2.25	0.45	0.75	0.16	1.5502	89.81	1.36	1.54	1.80
166		2.25	0.34	0.75	0.14	1.5511	88.55	1.32	1.57	1.81
167		2.00	0.40	0.60	0.26	1.5517	80.50	1.48	1.42	1.80
168		2.25	0.45	0.53	0.18	1.5608	78.42	1.32	1.71	1.70
169		2.25	0.34	0.60	0.16	1.5632	81.38	1.31	1.67	1.75

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
170	32	2.50	0.63	0.68	0.08	1.5663	85.94	1.30	1.78	1.66
171		2.25	0.56	0.53	0.20	1.5679	79.69	1.34	1.71	1.70
172		2.25	0.45	0.68	0.22	1.5753	89.39	1.55	1.67	1.83
173		2.25	0.79	0.53	0.24	1.5807	82.22	1.31	1.76	1.72
174		2.25	0.68	0.68	0.22	1.5903	89.39	1.42	1.61	1.78
175		2.50	0.50	0.60	0.08	1.5976	81.25	1.31	1.88	1.65
176		2.50	0.50	0.68	0.08	1.6036	85.94	1.35	1.83	1.69
177		2.50	0.50	0.68	0.10	1.6184	87.50	1.33	1.85	1.72
178		2.50	0.63	0.60	0.14	1.6319	85.94	1.30	1.93	1.72
179		2.25	0.68	0.68	0.24	1.6349	90.66	1.49	1.65	1.81
180		2.50	0.75	0.68	0.16	1.6394	92.19	1.33	1.88	1.76
181		2.50	0.88	0.68	0.18	1.6437	93.75	1.31	1.90	1.77
182		2.50	0.88	0.75	0.18	1.6586	98.44	1.34	1.88	1.81
183		2.50	1.00	0.75	0.20	1.6610	100.00	1.32	1.90	1.81
184		2.50	0.75	0.53	0.18	1.6770	84.38	1.31	2.07	1.70
185		2.50	1.00	0.60	0.22	1.6873	92.19	1.32	2.04	1.76
186		2.75	0.83	0.68	0.08	1.7079	91.47	1.34	2.16	1.68
187		2.75	0.69	0.60	0.08	1.7442	86.31	1.37	2.26	1.66
188		2.75	0.96	0.75	0.14	1.7593	102.30	1.32	2.21	1.80
189		2.75	0.96	0.60	0.16	1.7852	93.88	1.31	2.35	1.75
190		3.00	1.05	0.68	0.08	1.8553	97.13	1.35	2.57	1.71
191		3.00	1.50	0.68	0.20	1.9127	110.63	1.31	2.66	1.82
192		3.25	1.30	0.68	0.08	2.0046	102.91	1.35	3.00	1.73
193	34	1.75	0.26	0.30	0.24	1.45	59.81	1.35	1.31	1.73
194		2.00	0.40	0.60	0.14	1.4542	74.50	1.31	1.31	1.78
195		2.00	0.50	0.60	0.16	1.4553	75.50	1.32	1.31	1.78
196		2.00	0.60	0.60	0.18	1.4594	76.50	1.32	1.32	1.78
197		2.00	0.70	0.60	0.20	1.4634	77.50	1.31	1.34	1.79
198		1.75	0.26	0.38	0.24	1.4690	63.09	1.39	1.30	1.77
199		2.00	0.50	0.45	0.18	1.4763	69.00	1.30	1.45	1.72
200		2.00	0.80	0.68	0.22	1.4765	82.25	1.32	1.31	1.84
201		2.00	0.40	0.53	0.16	1.4800	71.75	1.33	1.40	1.76
202		2.00	0.60	0.45	0.20	1.4828	70.00	1.30	1.47	1.72
203		2.00	0.50	0.53	0.18	1.4849	72.75	1.35	1.39	1.76
204		1.75	0.26	0.30	0.26	1.4873	60.58	1.39	1.35	1.77
205		2.00	0.90	0.75	0.24	1.4886	87.00	1.32	1.30	1.89
206		2.00	0.30	0.60	0.14	1.4892	74.50	1.33	1.37	1.82
207		2.00	0.40	0.60	0.16	1.4897	75.50	1.37	1.34	1.80
208		2.00	0.60	0.53	0.20	1.4914	73.75	1.35	1.41	1.76
209		2.00	0.50	0.60	0.18	1.4948	76.50	1.39	1.34	1.80
210		2.00	0.80	0.53	0.24	1.4958	75.75	1.30	1.45	1.78
211		2.00	0.70	0.53	0.22	1.4960	74.75	1.33	1.43	1.77
212		2.00	0.40	0.38	0.18	1.5002	65.25	1.31	1.53	1.71
213		2.00	0.60	0.60	0.20	1.5011	77.50	1.39	1.35	1.80
214		2.25	0.68	0.68	0.08	1.5018	80.53	1.32	1.50	1.73
215		2.00	0.80	0.60	0.24	1.5046	79.50	1.34	1.39	1.82
216		2.00	0.70	0.60	0.22	1.5054	78.50	1.38	1.37	1.81
217		2.00	0.90	0.68	0.26	1.5083	84.25	1.33	1.35	1.89
218		2.00	0.60	0.38	0.22	1.5144	67.25	1.33	1.55	1.71
219		2.25	0.68	0.68	0.10	1.5157	81.80	1.31	1.52	1.76
220		2.00	0.80	0.68	0.24	1.5173	83.25	1.38	1.35	1.87
221		2.25	0.56	0.53	0.08	1.5224	72.09	1.31	1.64	1.67
222		2.25	0.56	0.60	0.08	1.5279	76.31	1.35	1.57	1.70
223		2.25	0.79	0.75	0.14	1.5489	88.55	1.30	1.54	1.85
224		2.25	0.68	0.60	0.14	1.5607	80.11	1.32	1.62	1.78
225		2.25	1.24	0.68	0.26	1.5683	91.92	1.30	1.57	1.88
226		2.25	0.79	0.68	0.16	1.5694	85.59	1.33	1.59	1.83

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
227	34	2.25	1.01	0.75	0.20	1.5806	92.34	1.32	1.59	1.89
228		2.25	1.13	0.68	0.24	1.5946	90.66	1.33	1.62	1.88
229		2.25	1.01	0.60	0.22	1.5990	85.17	1.32	1.70	1.83
230		2.25	0.79	0.60	0.18	1.6016	82.64	1.36	1.68	1.81
231		2.00	0.60	0.53	0.26	1.6181	76.75	1.53	1.52	1.85
232		2.50	1.50	0.68	0.24	1.6238	98.44	1.32	1.75	1.85
233		2.50	0.88	0.60	0.08	1.6338	81.25	1.31	1.92	1.71
234		2.25	0.90	0.68	0.22	1.6887	89.39	1.45	1.69	1.89
235		2.50	1.38	0.68	0.22	1.6638	96.88	1.31	1.86	1.86
236		2.50	1.50	0.68	0.26	1.6651	100.00	1.36	1.79	1.89
237		2.50	1.00	0.60	0.16	1.7049	87.50	1.32	2.03	1.82
238		2.75	1.65	0.75	0.20	1.7227	107.97	1.33	2.01	1.88
239		2.50	1.00	0.75	0.16	1.7265	96.88	1.38	1.94	1.91
240	36	2.00	0.60	0.53	0.08	1.45	67.75	1.33	1.35	1.73
241		2.00	0.60	0.53	0.10	1.4671	68.75	1.31	1.37	1.76
242		2.00	0.50	0.38	0.08	1.4685	60.25	1.31	1.47	1.67
243		1.75	0.26	0.30	0.18	1.4713	57.52	1.36	1.31	1.78
244		2.00	0.60	0.60	0.10	1.4770	72.50	1.35	1.32	1.81
245		2.00	0.50	0.45	0.08	1.4799	64.00	1.35	1.43	1.71
246		2.00	0.40	0.30	0.08	1.4859	56.50	1.32	1.52	1.66
247		2.00	0.50	0.53	0.08	1.4893	67.75	1.40	1.37	1.74
248		2.00	0.70	0.60	0.14	1.4923	74.50	1.33	1.35	1.85
249		2.00	0.40	0.30	0.10	1.4994	57.50	1.30	1.54	1.70
250		2.00	0.80	0.68	0.16	1.4998	79.25	1.37	1.32	1.90
251		2.00	0.50	0.60	0.08	1.4999	71.50	1.37	1.32	1.78
252		2.00	0.70	0.68	0.14	1.5053	78.25	1.37	1.31	1.89
253		2.00	0.60	0.45	0.14	1.5112	67.00	1.37	1.48	1.78
254		1.75	0.26	0.30	0.20	1.5137	58.28	1.37	1.34	1.81
255		2.00	0.80	0.53	0.18	1.5173	72.75	1.37	1.45	1.84
256		2.00	0.70	0.53	0.16	1.5186	71.75	1.34	1.43	1.83
257		2.00	0.60	0.30	0.16	1.5186	60.50	1.30	1.57	1.73
258		2.00	0.80	0.60	0.18	1.5267	76.50	1.36	1.39	1.88
259		1.75	0.26	0.38	0.20	1.5338	61.56	1.47	1.33	1.84
260		2.00	0.40	0.60	0.08	1.5358	71.50	1.49	1.35	1.81
261		2.00	0.70	0.38	0.18	1.5392	65.25	1.32	1.57	1.77
262		2.00	0.70	0.68	0.16	1.5419	79.25	1.42	1.33	1.92
263		1.75	0.35	0.38	0.22	1.5426	62.33	1.53	1.31	1.83
264		2.00	0.70	0.45	0.18	1.5504	69.00	1.36	1.53	1.81
265		1.75	0.26	0.30	0.22	1.5580	59.05	1.51	1.38	1.83
266		2.25	0.90	0.60	0.08	1.5615	76.31	1.32	1.63	1.78
267		2.25	0.90	0.68	0.08	1.5712	80.53	1.36	1.58	1.82
268		1.75	0.26	0.38	0.22	1.5788	62.33	1.55	1.37	1.87
269		2.00	0.60	0.68	0.16	1.5824	79.25	1.51	1.35	1.93
270		2.25	0.90	0.68	0.10	1.5860	81.80	1.34	1.60	1.87
271		2.25	0.90	0.75	0.08	1.5880	84.75	1.38	1.56	1.86
272		2.25	1.13	0.75	0.16	1.5927	89.81	1.30	1.57	1.96
273		2.25	1.01	0.68	0.14	1.5942	84.33	1.30	1.62	1.91
274		2.25	0.79	0.45	0.08	1.5943	67.88	1.32	1.79	1.72
275		2.25	0.79	0.60	0.08	1.6046	76.31	1.41	1.65	1.80
276		2.25	0.68	0.30	0.08	1.6088	59.44	1.33	1.88	1.66
277		2.25	1.01	0.60	0.16	1.6224	81.38	1.32	1.70	1.89
278		2.25	0.79	0.75	0.08	1.6325	84.75	1.48	1.58	1.88
279		1.75	0.26	0.45	0.24	1.6406	66.38	1.67	1.36	1.94
280		2.00	0.40	0.38	0.18	1.6546	65.25	1.53	1.65	1.84
281		2.50	1.25	0.75	0.08	1.6602	90.63	1.32	1.84	1.87
282		2.75	1.65	0.75	0.08	1.6767	96.63	1.30	1.93	1.85
283		2.50	1.38	0.68	0.16	1.6876	92.19	1.32	1.87	1.93

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
284	36	2.50	1.13	0.60	0.08	1.6984	81.25	1.34	2.00	1.81
285		2.50	1.25	0.68	0.14	1.7206	90.63	1.33	1.95	1.94
286		2.50	1.00	0.38	0.08	1.7470	67.19	1.30	2.28	1.71
287	38	1.75	0.61	0.30	0.18	1.48	57.52	1.37	1.30	1.82
288		1.75	0.26	0.30	0.08	1.4836	53.69	1.42	1.30	1.77
289		2.00	0.90	0.60	0.08	1.4912	71.50	1.32	1.35	1.85
290		1.75	0.26	0.30	0.10	1.4967	54.45	1.41	1.32	1.81
291		2.00	0.90	0.68	0.08	1.5042	75.25	1.36	1.30	1.89
292		2.00	0.90	0.60	0.10	1.5054	72.50	1.31	1.36	1.89
293		2.25	1.35	0.75	0.08	1.5056	84.75	1.31	1.37	1.89
294		1.75	0.35	0.30	0.14	1.5151	55.98	1.45	1.31	1.84
295		1.75	0.44	0.30	0.16	1.5165	56.75	1.46	1.31	1.83
296		1.75	0.26	0.38	0.10	1.5165	57.73	1.44	1.31	1.85
297		2.00	0.80	0.45	0.08	1.5195	64.00	1.33	1.49	1.78
298		2.00	1.00	0.68	0.14	1.5196	78.25	1.31	1.31	1.98
299		1.75	0.53	0.30	0.18	1.5322	57.52	1.45	1.32	1.83
300		2.00	0.80	0.53	0.08	1.5283	67.75	1.37	1.44	1.82
301		2.00	0.90	0.60	0.12	1.5510	73.50	1.32	1.38	1.93
302		2.00	0.70	0.30	0.08	1.5322	56.50	1.34	1.58	1.73
303		1.75	0.26	0.38	0.12	1.5399	58.50	1.46	1.33	1.88
304		1.75	0.53	0.38	0.18	1.5410	60.80	1.49	1.31	1.87
305		2.00	0.80	0.68	0.08	1.5522	75.25	1.46	1.34	1.91
306		1.75	0.44	0.30	0.18	1.5585	57.52	1.53	1.34	1.85
307		2.25	1.24	0.68	0.08	1.5617	80.53	1.33	1.51	1.89
308		2.00	0.70	0.53	0.08	1.5718	67.75	1.47	1.45	1.84
309		1.75	0.26	0.45	0.14	1.5880	62.55	1.55	1.31	1.95
310		2.25	1.13	0.53	0.08	1.6118	72.09	1.32	1.73	1.83
311		2.50	1.50	0.53	0.08	1.6438	76.56	1.31	1.86	1.81
312		2.25	1.01	0.38	0.08	1.6585	63.66	1.32	1.93	1.78
313	40	1.75	0.70	0.30	0.10	1.48	54.45	1.33	1.31	1.84
314		1.75	0.70	0.30	0.12	1.4996	55.22	1.34	1.33	1.87
315		1.75	0.79	0.38	0.14	1.5032	59.27	1.33	1.31	1.92
316		1.75	0.61	0.30	0.08	1.5054	53.69	1.44	1.31	1.81
317		1.75	0.61	0.30	0.10	1.5188	54.45	1.42	1.33	1.85
318		1.75	0.70	0.38	0.12	1.5193	58.50	1.38	1.32	1.91
319		2.00	1.10	0.45	0.08	1.5227	64.00	1.31	1.45	1.85
320		2.00	1.10	0.53	0.08	1.5325	67.75	1.36	1.39	1.89
321		2.00	1.10	0.60	0.08	1.5436	71.50	1.40	1.34	1.94
322		1.75	0.53	0.30	0.08	1.5459	53.69	1.53	1.33	1.83
323		2.00	1.00	0.30	0.08	1.5572	56.50	1.31	1.61	1.81
324		2.00	1.10	0.60	0.10	1.5581	72.50	1.39	1.35	1.98
325		1.75	0.44	0.30	0.08	1.5853	53.69	1.61	1.34	1.85
326		2.00	1.10	0.68	0.12	1.5971	77.25	1.44	1.33	2.07
327		2.25	1.35	0.30	0.08	1.6051	59.44	1.31	1.77	1.79
328	42	1.75	0.88	0.30	0.08	1.55	53.69	1.42	1.36	1.91
329		1.75	0.88	0.38	0.08	1.5673	56.97	1.46	1.35	1.94
330		1.75	0.79	0.30	0.08	1.6033	53.69	1.51	1.42	1.93
331		2.00	1.20	0.30	0.08	1.6059	56.50	1.44	1.54	1.89

Çizelge 4.3. H=6m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	5.40	1.08	0.90	0.24	2.5226	255.48	1.31	4.95	1.38
2		5.40	1.35	0.90	0.26	2.5272	262.77	1.31	4.97	1.38
3	22	4.50	0.68	0.90	0.26	2.18	213.56	1.31	3.82	1.48
4		4.80	0.96	0.81	0.24	2.2692	212.82	1.30	4.15	1.42
5		4.80	0.96	0.90	0.24	2.2733	223.62	1.33	4.11	1.45
6		4.80	1.20	0.90	0.26	2.28	229.38	1.32	4.12	1.46
7		4.80	0.72	0.90	0.24	2.3439	223.62	1.35	4.27	1.48
8		5.10	1.28	0.90	0.22	2.3804	232.78	1.31	4.46	1.44
9		5.10	1.53	0.90	0.24	2.3975	239.28	1.30	4.52	1.45
10	24	3.90	0.78	0.90	0.26	1.8991	183.68	1.31	2.92	1.52
11		3.90	0.59	0.90	0.26	1.9541	183.68	1.32	3.04	1.55
12		4.20	1.05	0.90	0.24	1.9996	193.92	1.30	3.25	1.51
13		4.20	0.84	0.81	0.24	2.0401	184.47	1.32	3.37	1.49
14		4.20	1.05	0.81	0.26	2.0437	188.88	1.32	3.37	1.50
15		4.20	0.84	0.90	0.24	2.0478	193.92	1.35	3.33	1.53
16		4.20	0.63	0.90	0.22	2.0518	189.51	1.31	3.38	1.53
17		4.20	0.84	0.81	0.26	2.0930	188.88	1.36	3.45	1.52
18		4.20	0.84	0.90	0.26	2.1008	198.33	1.39	3.41	1.56
19		4.50	0.90	0.90	0.20	2.1377	198.38	1.30	3.66	1.52
20		4.50	1.13	0.90	0.22	2.1462	203.44	1.33	3.66	1.52
21		4.50	1.35	0.90	0.24	2.1601	208.50	1.32	3.71	1.53
22		4.50	0.90	0.81	0.22	2.1915	193.31	1.35	3.79	1.51
23		4.50	0.90	0.90	0.22	2.1978	203.44	1.37	3.75	1.54
24		4.50	1.13	0.81	0.24	2.1990	198.38	1.36	3.80	1.51
25		4.50	1.35	0.81	0.26	2.2099	203.44	1.33	3.84	1.52
26		4.80	0.96	0.90	0.18	2.2909	206.34	1.31	4.09	1.54
27		4.80	1.20	0.90	0.20	2.2986	212.10	1.34	4.09	1.53
28	26	3.30	0.66	0.90	0.26	1.68	156.14	1.31	2.20	1.59
29		3.30	0.50	0.90	0.26	1.7291	156.14	1.32	2.29	1.63
30		3.60	0.72	0.90	0.22	1.7782	163.14	1.30	2.51	1.57
31		3.60	0.90	0.90	0.24	1.7847	166.38	1.31	2.52	1.58
32		3.60	0.72	0.81	0.24	1.8165	158.28	1.33	2.61	1.56
33		3.60	0.90	0.81	0.26	1.8197	161.52	1.33	2.61	1.57
34		3.60	0.54	0.90	0.22	1.8280	163.14	1.32	2.62	1.61
35		3.60	0.54	0.81	0.24	1.8676	158.28	1.35	2.71	1.60
36		3.60	0.72	0.90	0.26	1.8748	169.62	1.40	2.65	1.63
37		3.60	0.54	0.81	0.26	1.9158	161.52	1.39	2.78	1.63
38		3.90	0.98	0.81	0.22	1.9160	167.30	1.32	2.94	1.55
39		3.90	0.78	0.90	0.20	1.9175	172.28	1.32	2.90	1.59
40		3.90	1.17	0.81	0.24	1.9272	171.11	1.31	2.97	1.56
41		3.90	0.78	0.81	0.22	1.9620	167.30	1.36	3.01	1.58
42		3.90	0.59	0.81	0.20	1.9632	163.50	1.31	3.05	1.58
43		3.90	0.98	0.81	0.24	1.9691	171.11	1.38	3.01	1.58
44		3.90	0.78	0.81	0.24	2.0165	171.11	1.42	3.08	1.60
45		4.20	0.84	0.81	0.18	2.0531	171.24	1.31	3.34	1.57
46		4.20	1.05	0.81	0.20	2.0606	175.65	1.33	3.34	1.57
47		4.20	1.26	0.81	0.22	2.0746	180.06	1.33	3.38	1.57
48		4.20	1.47	0.81	0.24	2.0875	184.47	1.31	3.44	1.58
49	28	3.00	0.75	0.90	0.24	1.57	141.00	1.30	1.82	1.64
50		3.00	0.60	0.81	0.24	1.5961	134.25	1.32	1.89	1.63
51		3.00	0.75	0.81	0.26	1.5990	136.50	1.32	1.89	1.64
52		3.00	0.45	0.90	0.22	1.6074	138.75	1.31	1.90	1.67
53		3.00	0.60	0.90	0.24	1.6102	141.00	1.35	1.87	1.66
54		3.00	0.75	0.90	0.26	1.6130	143.25	1.34	1.87	1.67
55		3.00	0.60	0.72	0.26	1.6324	129.75	1.33	2.00	1.62

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$Fs(kay)$	$Fs(dev)$	$Fs(top)$
56	28	3.00	0.45	0.72	0.24	1.6337	127.50	1.30	2.03	1.62
57		3.00	0.60	0.81	0.26	1.6372	136.50	1.36	1.94	1.66
58		3.00	0.45	0.81	0.24	1.6379	134.25	1.34	1.97	1.66
59		3.00	0.60	0.90	0.26	1.6516	143.25	1.39	1.92	1.70
60		3.00	0.45	0.81	0.26	1.6800	136.50	1.38	2.02	1.69
61		3.30	0.83	0.81	0.22	1.6959	143.27	1.32	2.20	1.62
62		3.30	0.66	0.90	0.20	1.7009	147.98	1.32	2.18	1.65
63		3.30	0.99	0.81	0.24	1.7043	146.00	1.31	2.23	1.62
64		3.30	0.83	0.90	0.22	1.7087	150.70	1.35	2.18	1.65
65		3.30	0.99	0.90	0.24	1.7170	153.42	1.34	2.21	1.66
66		3.30	0.50	0.81	0.20	1.7341	140.55	1.32	2.29	1.65
67		3.30	0.66	0.72	0.22	1.7352	135.85	1.33	2.33	1.60
68		3.30	0.83	0.72	0.24	1.7417	138.57	1.34	2.33	1.61
69		3.30	0.50	0.90	0.20	1.7468	147.98	1.34	2.27	1.69
70		3.30	0.99	0.72	0.26	1.7472	141.29	1.31	2.36	1.62
71		3.30	0.83	0.90	0.24	1.7563	153.42	1.41	2.24	1.68
72		3.30	0.99	0.90	0.26	1.7612	156.14	1.38	2.26	1.69
73		3.30	0.83	0.72	0.26	1.7866	141.29	1.38	2.39	1.64
74		3.60	0.90	0.90	0.18	1.7971	156.66	1.30	2.50	1.65
75		3.60	1.08	0.90	0.20	1.8073	159.90	1.30	2.52	1.65
76		3.60	0.72	0.81	0.18	1.8283	148.56	1.32	2.58	1.64
77		3.60	0.90	0.81	0.20	1.8357	151.80	1.35	2.58	1.63
78		3.30	0.66	0.90	0.26	1.8449	156.14	1.50	2.35	1.74
79		3.60	1.08	0.81	0.22	1.8469	155.04	1.35	2.61	1.64
80		3.60	1.26	0.81	0.24	1.8560	158.28	1.32	2.66	1.65
81		3.90	0.98	0.90	0.16	1.9392	164.67	1.32	2.89	1.67
82		3.90	0.78	0.90	0.14	1.9396	160.87	1.31	2.89	1.67
83		3.90	1.17	0.90	0.18	1.9480	168.47	1.32	2.91	1.67
84		3.90	1.37	0.90	0.20	1.9592	172.28	1.31	2.95	1.67
85	30	2.40	0.36	0.81	0.26	1.46	113.82	1.33	1.34	1.74
86		2.40	0.36	0.90	0.26	1.4738	119.22	1.36	1.32	1.78
87		2.70	0.68	0.90	0.22	1.4985	127.30	1.32	1.51	1.71
88		2.70	0.81	0.90	0.24	1.5043	129.12	1.31	1.53	1.71
89		2.70	0.54	0.72	0.22	1.5097	115.15	1.30	1.62	1.65
90		2.70	0.68	0.72	0.24	1.5156	116.97	1.32	1.62	1.66
91		2.70	0.54	0.81	0.22	1.5183	121.22	1.34	1.57	1.69
92		2.70	0.68	0.81	0.24	1.5244	123.05	1.35	1.57	1.70
93		2.70	0.81	0.81	0.26	1.5270	124.87	1.33	1.59	1.71
94		2.70	0.41	0.90	0.20	1.5284	125.48	1.32	1.57	1.74
95		2.70	0.54	0.90	0.22	1.5342	127.30	1.37	1.55	1.73
96		2.70	0.68	0.90	0.24	1.5403	129.12	1.38	1.55	1.73
97		2.70	0.54	0.63	0.24	1.5475	110.90	1.32	1.73	1.64
98		2.70	0.41	0.72	0.22	1.5479	115.15	1.32	1.68	1.69
99		2.70	0.68	0.63	0.26	1.5503	112.72	1.31	1.73	1.65
100		2.70	0.54	0.72	0.24	1.5518	116.97	1.36	1.66	1.68
101		2.70	0.68	0.72	0.26	1.5545	118.79	1.36	1.66	1.69
102		2.70	0.41	0.81	0.22	1.5563	121.22	1.36	1.63	1.73
103		2.70	0.54	0.81	0.24	1.5607	123.05	1.40	1.61	1.72
104		2.70	0.68	0.81	0.26	1.5635	124.87	1.40	1.61	1.73
105		2.70	0.54	0.81	0.26	1.6009	124.87	1.45	1.65	1.75
106		3.00	0.60	0.81	0.18	1.6090	127.50	1.31	1.87	1.69
107		3.00	0.75	0.72	0.20	1.6107	123.00	1.30	1.93	1.65
108		3.00	0.75	0.81	0.20	1.6161	129.75	1.34	1.87	1.69
109		3.00	0.90	0.72	0.22	1.6194	125.25	1.30	1.95	1.65
110		3.00	1.05	0.81	0.24	1.6302	134.25	1.31	1.92	1.70
111		3.00	1.05	0.90	0.24	1.6447	141.00	1.34	1.90	1.74
112		3.00	0.45	0.81	0.18	1.6509	127.50	1.33	1.95	1.72

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
113	30	3.00	0.75	0.81	0.22	1.6626	132.00	1.41	1.92	1.71
114		3.00	0.60	0.72	0.22	1.6966	125.25	1.42	2.03	1.70
115		3.30	0.83	0.81	0.16	1.7093	135.11	1.30	2.19	1.69
116		3.30	0.99	0.81	0.18	1.7160	137.83	1.30	2.21	1.69
117		3.30	0.66	0.90	0.14	1.7223	139.81	1.32	2.17	1.73
118		3.30	1.16	0.90	0.20	1.7371	147.98	1.32	2.21	1.73
119		3.30	0.66	0.72	0.16	1.7481	127.68	1.31	2.31	1.67
120		3.30	0.83	0.72	0.18	1.7528	130.40	1.33	2.31	1.67
121		3.30	1.16	0.72	0.22	1.7715	135.85	1.32	2.37	1.68
122		3.60	0.90	0.81	0.08	1.7751	132.36	1.30	2.46	1.61
123		3.90	1.17	0.81	0.08	1.9240	140.69	1.32	2.87	1.63
124	32	2.40	0.48	0.72	0.20	1.43	104.10	1.31	1.31	1.72
125		2.40	0.60	0.72	0.22	1.4374	105.54	1.33	1.31	1.71
126		2.40	0.48	0.63	0.22	1.4624	100.14	1.33	1.40	1.70
127		2.40	0.36	0.72	0.20	1.4647	104.10	1.32	1.36	1.75
128		2.40	0.60	0.63	0.24	1.4683	101.58	1.34	1.40	1.70
129		2.40	0.48	0.72	0.22	1.4716	105.54	1.38	1.34	1.74
130		2.40	0.36	0.81	0.20	1.4768	109.50	1.36	1.32	1.79
131		2.40	0.60	0.72	0.24	1.4776	106.98	1.39	1.35	1.74
132		2.40	0.48	0.81	0.22	1.4843	110.94	1.41	1.30	1.78
133		2.40	0.48	0.45	0.24	1.4844	90.78	1.30	1.54	1.65
134		2.40	0.60	0.81	0.24	1.4904	112.38	1.43	1.31	1.78
135		2.40	0.36	0.54	0.22	1.4905	94.74	1.30	1.52	1.70
136		2.40	0.36	0.90	0.20	1.4944	114.90	1.39	1.31	1.83
137		2.40	0.48	0.54	0.24	1.4949	96.18	1.34	1.50	1.69
138		2.40	0.36	0.63	0.22	1.4981	100.14	1.35	1.46	1.73
139		2.40	0.48	0.63	0.24	1.5033	101.58	1.39	1.44	1.73
140		2.40	0.48	0.36	0.26	1.5053	86.82	1.31	1.60	1.65
141		2.40	0.36	0.72	0.22	1.5070	105.54	1.39	1.40	1.77
142		2.40	0.48	0.72	0.24	1.5129	106.98	1.44	1.38	1.77
143		2.70	0.54	0.90	0.14	1.5135	120.01	1.30	1.51	1.78
144		2.70	0.68	0.90	0.16	1.5144	121.83	1.31	1.50	1.77
145		2.70	0.81	0.90	0.18	1.5191	123.65	1.31	1.52	1.78
146		2.70	0.68	0.72	0.18	1.5295	111.50	1.31	1.61	1.72
147		2.70	0.54	0.81	0.16	1.5339	115.76	1.33	1.56	1.76
148		2.70	0.81	0.72	0.20	1.5366	113.33	1.32	1.62	1.72
149		2.70	0.68	0.81	0.18	1.5388	117.58	1.35	1.56	1.76
150		2.70	0.95	0.72	0.22	1.5423	115.15	1.30	1.65	1.73
151		2.70	0.81	0.81	0.20	1.5457	119.40	1.35	1.57	1.76
152		2.70	0.41	0.90	0.14	1.5511	120.01	1.32	1.57	1.81
153		2.70	0.95	0.81	0.22	1.5512	121.22	1.34	1.60	1.77
154		2.40	0.48	0.72	0.26	1.5517	108.42	1.48	1.42	1.80
155		2.70	0.54	0.63	0.18	1.5608	105.43	1.32	1.71	1.70
156		3.00	0.75	0.81	0.08	1.5663	116.25	1.30	1.78	1.66
157		2.70	0.95	0.90	0.22	1.5674	127.30	1.36	1.58	1.81
158		2.70	0.68	0.63	0.20	1.5679	107.25	1.34	1.71	1.70
159		2.70	0.54	0.81	0.18	1.5753	117.58	1.40	1.59	1.78
160		2.70	0.81	0.63	0.22	1.5758	109.07	1.34	1.73	1.70
161		2.70	0.95	0.81	0.24	1.5942	123.05	1.40	1.64	1.80
162		3.00	0.60	0.72	0.08	1.5976	109.50	1.31	1.88	1.65
163		3.00	0.75	0.72	0.14	1.6319	116.25	1.30	1.93	1.72
164		3.00	0.90	0.81	0.16	1.6394	125.25	1.33	1.88	1.76
165		3.00	1.05	0.81	0.18	1.6437	127.50	1.31	1.90	1.77
166		3.00	1.20	0.90	0.20	1.6610	136.50	1.32	1.90	1.81
167		3.30	0.99	0.81	0.08	1.7079	124.22	1.34	2.16	1.68
168		3.30	1.16	0.90	0.14	1.7593	139.81	1.32	2.21	1.80
169		3.30	1.49	0.81	0.20	1.7840	140.55	1.30	2.30	1.80

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
170	34	2.10	0.32	0.36	0.24	1.45	78.63	1.35	1.31	1.73
171		2.40	0.48	0.72	0.14	1.4542	99.78	1.31	1.31	1.78
172		2.40	0.60	0.72	0.16	1.4553	101.22	1.32	1.31	1.78
173		2.40	0.72	0.72	0.18	1.4594	102.66	1.32	1.32	1.78
174		2.40	0.84	0.72	0.20	1.4634	104.10	1.31	1.34	1.79
175		2.10	0.32	0.45	0.24	1.4690	83.36	1.39	1.30	1.77
176		2.40	0.60	0.54	0.18	1.4763	91.86	1.30	1.45	1.72
177		2.40	0.48	0.63	0.16	1.4800	95.82	1.33	1.40	1.76
178		2.40	0.72	0.54	0.20	1.4828	93.30	1.30	1.47	1.72
179		2.40	0.60	0.63	0.18	1.4849	97.26	1.35	1.39	1.76
180		2.40	0.36	0.72	0.14	1.4892	99.78	1.33	1.37	1.82
181		2.40	0.48	0.72	0.16	1.4897	101.22	1.37	1.34	1.80
182		2.40	0.72	0.63	0.20	1.4914	98.70	1.35	1.41	1.76
183		2.40	0.60	0.72	0.18	1.4948	102.66	1.39	1.34	1.80
184		2.40	0.48	0.45	0.18	1.5002	86.46	1.31	1.53	1.71
185		2.40	0.72	0.72	0.20	1.5011	104.10	1.39	1.35	1.80
186		2.70	0.81	0.81	0.08	1.5018	108.47	1.32	1.50	1.73
187		2.40	0.36	0.81	0.14	1.5019	105.18	1.37	1.32	1.86
188		2.70	0.81	0.90	0.08	1.5179	114.54	1.35	1.49	1.76
189		2.40	0.36	0.90	0.14	1.5200	110.58	1.40	1.31	1.90
190		2.40	0.48	0.63	0.18	1.5202	97.26	1.40	1.43	1.78
191		2.70	0.68	0.63	0.08	1.5224	96.32	1.31	1.64	1.67
192		2.70	0.68	0.72	0.08	1.5279	102.39	1.35	1.57	1.70
193		2.70	0.81	0.90	0.10	1.5320	116.36	1.33	1.50	1.80
194		2.40	0.72	0.63	0.22	1.5345	100.14	1.42	1.44	1.78
195		2.70	0.68	0.72	0.10	1.5418	104.21	1.34	1.59	1.74
196		2.70	0.95	0.90	0.14	1.5489	120.01	1.30	1.54	1.85
197		2.70	0.54	0.54	0.08	1.5542	90.24	1.31	1.75	1.65
198		2.70	0.81	0.72	0.14	1.5607	107.86	1.32	1.62	1.78
199		2.70	0.54	0.72	0.08	1.5643	102.39	1.40	1.61	1.73
200		2.70	1.08	0.81	0.18	1.5685	117.58	1.31	1.61	1.84
201		2.70	0.95	0.81	0.16	1.5694	115.76	1.33	1.59	1.83
202		2.70	0.41	0.54	0.08	1.5942	90.24	1.33	1.82	1.69
203		2.70	0.95	0.72	0.18	1.6016	111.50	1.36	1.68	1.81
204		2.70	1.08	0.72	0.20	1.6031	113.33	1.34	1.70	1.82
205		2.70	0.41	0.72	0.08	1.6034	102.39	1.42	1.68	1.76
206		3.00	1.05	0.72	0.08	1.6338	109.50	1.31	1.92	1.71
207		2.70	0.81	0.63	0.18	1.6359	105.43	1.40	1.77	1.79
208		3.00	1.05	0.81	0.08	1.6399	116.25	1.35	1.86	1.75
209		3.00	0.90	0.63	0.08	1.6723	102.75	1.35	2.02	1.69
210		3.00	1.20	0.90	0.14	1.6863	129.75	1.33	1.90	1.88
211		3.00	1.50	0.81	0.20	1.6896	129.75	1.32	1.94	1.87
212		3.30	1.32	0.72	0.08	1.7795	116.79	1.33	2.33	1.74
213	36	2.40	0.72	0.63	0.08	1.45	90.06	1.33	1.35	1.73
214		2.40	0.72	0.63	0.10	1.4671	91.50	1.31	1.37	1.76
215		2.40	0.60	0.45	0.08	1.4685	79.26	1.31	1.47	1.67
216		2.10	0.32	0.36	0.18	1.4713	75.32	1.36	1.31	1.78
217		2.40	0.72	0.72	0.10	1.4770	96.90	1.35	1.32	1.81
218		2.40	0.60	0.54	0.08	1.4799	84.66	1.35	1.43	1.71
219		2.40	0.48	0.36	0.08	1.4859	73.86	1.32	1.52	1.66
220		2.40	0.60	0.63	0.08	1.4893	90.06	1.40	1.37	1.74
221		2.40	0.72	0.63	0.12	1.4898	92.94	1.33	1.39	1.80
222		2.40	0.84	0.72	0.14	1.4923	99.78	1.33	1.35	1.85
223		2.40	0.96	0.81	0.16	1.4998	106.62	1.33	1.32	1.90
224		2.40	0.60	0.72	0.08	1.4999	95.46	1.37	1.32	1.78
225		2.40	0.60	0.63	0.10	1.5026	91.50	1.37	1.39	1.78
226		2.40	0.48	0.45	0.08	1.5035	79.26	1.37	1.51	1.69

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
227	36	2.10	0.32	0.36	0.20	1.5137	76.43	1.37	1.34	1.81
228		2.40	0.96	0.63	0.18	1.5173	97.26	1.37	1.45	1.84
229		2.40	0.96	0.90	0.16	1.5180	112.02	1.37	1.30	1.94
230		2.40	0.84	0.72	0.16	1.5284	101.22	1.38	1.37	1.87
231		2.10	0.32	0.45	0.20	1.5338	81.15	1.47	1.33	1.84
232		2.40	0.48	0.72	0.08	1.5358	95.46	1.49	1.35	1.81
233		2.40	0.84	0.45	0.18	1.5392	86.46	1.32	1.57	1.77
234		2.10	0.42	0.45	0.22	1.5426	82.25	1.53	1.31	1.83
235		2.10	0.32	0.36	0.22	1.5580	77.53	1.51	1.38	1.83
236		2.70	1.08	0.72	0.08	1.5615	102.39	1.32	1.63	1.78
237		2.70	1.08	0.90	0.08	1.5880	114.54	1.38	1.56	1.86
238		2.70	1.35	0.90	0.16	1.5927	121.83	1.30	1.57	1.96
239		2.70	1.22	0.81	0.14	1.5942	113.93	1.30	1.62	1.91
240		2.70	0.95	0.54	0.08	1.5943	90.24	1.32	1.79	1.72
241		2.40	0.48	0.72	0.14	1.6054	99.78	1.54	1.41	1.91
242		2.70	1.35	0.72	0.18	1.6072	111.50	1.30	1.67	1.89
243		2.70	0.81	0.36	0.08	1.6088	78.09	1.33	1.88	1.66
244		3.00	1.50	0.90	0.08	1.6602	123.00	1.32	1.84	1.87
245		3.30	1.98	0.90	0.08	1.6767	131.64	1.30	1.93	1.85
246		3.00	1.35	0.72	0.08	1.6984	109.50	1.34	2.00	1.81
247	38	2.10	0.74	0.36	0.18	1.48	75.32	1.37	1.30	1.82
248		2.10	0.32	0.36	0.08	1.4836	69.81	1.42	1.30	1.77
249		2.40	1.08	0.72	0.08	1.4912	95.46	1.32	1.35	1.85
250		2.10	0.32	0.36	0.10	1.4967	70.91	1.41	1.32	1.81
251		2.40	1.08	0.81	0.08	1.5042	100.86	1.36	1.30	1.89
252		2.70	1.62	0.90	0.08	1.5056	114.54	1.31	1.37	1.89
253		2.10	0.42	0.36	0.14	1.5151	73.12	1.45	1.31	1.84
254		2.10	0.53	0.36	0.16	1.5165	74.22	1.46	1.31	1.83
255		2.10	0.32	0.45	0.10	1.5165	75.64	1.44	1.31	1.85
256		2.40	0.96	0.54	0.08	1.5195	84.66	1.33	1.49	1.78
257		2.40	1.20	0.81	0.14	1.5196	105.18	1.31	1.31	1.98
258		2.10	0.63	0.36	0.18	1.5205	75.32	1.45	1.32	1.83
259		2.40	0.96	0.63	0.08	1.5283	90.06	1.37	1.44	1.82
260		2.40	0.84	0.36	0.08	1.5322	73.86	1.34	1.58	1.73
261		2.10	0.32	0.45	0.12	1.5399	76.74	1.46	1.33	1.88
262		2.10	0.63	0.45	0.18	1.5410	80.05	1.49	1.31	1.87
263		2.10	0.32	0.36	0.14	1.5510	73.12	1.46	1.36	1.87
264		2.10	0.42	0.36	0.16	1.5527	74.22	1.51	1.34	1.86
265		2.70	1.49	0.81	0.08	1.5617	108.47	1.33	1.51	1.89
266		2.40	0.84	0.63	0.08	1.5718	90.06	1.47	1.45	1.84
267		2.70	1.49	0.81	0.10	1.5768	110.29	1.31	1.53	1.93
268	40	2.10	0.32	0.54	0.14	1.5880	82.57	1.55	1.31	1.95
269		2.70	1.35	0.63	0.08	1.6118	96.32	1.32	1.73	1.83
270		3.00	1.80	0.63	0.08	1.6438	102.75	1.31	1.86	1.81
271		2.70	1.22	0.45	0.08	1.6585	84.17	1.32	1.93	1.78
272		3.00	1.65	0.54	0.08	1.7316	96.00	1.31	2.12	1.81
273		2.10	0.84	0.36	0.10	1.48	70.91	1.33	1.31	1.84
274		2.10	0.84	0.36	0.12	1.4996	72.02	1.34	1.33	1.87
275		2.10	0.95	0.45	0.14	1.5032	77.84	1.33	1.31	1.92
276		2.10	0.74	0.36	0.08	1.5054	69.81	1.44	1.31	1.81
277		2.10	0.74	0.36	0.10	1.5188	70.91	1.42	1.33	1.85
278		2.10	0.84	0.45	0.12	1.5193	76.74	1.38	1.32	1.91
279		2.40	1.32	0.54	0.08	1.5227	84.66	1.31	1.45	1.85
280		2.40	1.32	0.63	0.08	1.5325	90.06	1.36	1.39	1.89
281		2.40	1.32	0.72	0.08	1.5436	95.46	1.40	1.34	1.94
282		2.10	0.63	0.36	0.08	1.5459	69.81	1.53	1.33	1.83
283		2.40	1.20	0.36	0.08	1.5572	73.86	1.31	1.61	1.81

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
284	42	2.10	0.53	0.36	0.08	1.5853	69.81	1.61	1.34	1.85
285		2.40	1.32	0.81	0.12	1.5971	103.74	1.44	1.33	2.07
286		2.10	0.84	0.54	0.16	1.6045	83.67	1.53	1.33	2.00
287		2.70	1.62	0.36	0.08	1.6051	78.09	1.31	1.77	1.79
288		2.10	1.05	0.36	0.08	1.55	69.81	1.42	1.36	1.91
289		2.10	0.95	0.36	0.08	1.6033	69.81	1.51	1.42	1.93
290		2.40	1.44	0.36	0.08	1.6059	73.86	1.44	1.54	1.89

Çizelge 4.4. H=7m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	6.30	1.26	1.05	0.24	2.5226	340.45	1.31	4.95	1.38
2		6.30	1.58	1.05	0.26	2.5272	350.37	1.31	4.97	1.38
3		5.25	0.79	1.05	0.26	2.1806	283.39	1.31	3.82	1.48
4	22	5.60	1.12	0.95	0.24	2.2692	282.38	1.30	4.15	1.42
5		5.60	1.12	1.05	0.24	2.2733	297.08	1.33	4.11	1.45
6		5.60	1.40	1.05	0.26	2.28	304.92	1.32	4.12	1.46
7		5.60	0.84	0.95	0.24	2.34	282.38	1.32	4.32	1.45
8		5.60	0.84	1.05	0.24	2.3439	297.08	1.35	4.27	1.48
9		5.95	1.49	1.05	0.22	2.3804	309.54	1.31	4.46	1.44
10		4.55	0.91	1.05	0.26	1.8991	242.72	1.31	2.92	1.52
11	24	4.55	0.68	1.05	0.26	1.9541	242.72	1.32	3.04	1.55
12		4.90	1.23	1.05	0.24	1.9996	256.66	1.30	3.25	1.51
13		4.90	0.98	0.95	0.24	2.0401	243.79	1.32	3.37	1.49
14		4.90	1.23	0.95	0.26	2.0437	249.80	1.32	3.37	1.50
15		4.90	0.98	1.05	0.24	2.0478	256.66	1.35	3.33	1.53
16		4.90	1.23	1.05	0.26	2.0514	262.66	1.34	3.34	1.54
17		4.90	0.74	1.05	0.22	2.0518	250.65	1.31	3.38	1.53
18		4.90	0.98	0.95	0.26	2.0925	249.80	1.36	3.45	1.52
19		4.90	0.98	1.05	0.26	2.1008	262.66	1.39	3.41	1.56
20		5.25	1.05	1.05	0.20	2.1377	262.72	1.30	3.66	1.52
21		5.25	1.31	1.05	0.22	2.1462	269.61	1.33	3.66	1.52
22		5.25	1.58	1.05	0.24	2.1601	276.50	1.32	3.71	1.53
23		5.25	1.05	0.95	0.22	2.1915	255.83	1.35	3.79	1.51
24		5.25	1.31	0.95	0.24	2.1990	262.72	1.36	3.80	1.51
25		5.25	1.58	0.95	0.26	2.2099	269.61	1.33	3.84	1.52
26		5.25	1.31	1.05	0.26	2.2626	283.39	1.43	3.85	1.57
27		3.85	0.77	1.05	0.26	1.68	205.24	1.31	2.20	1.59
28		3.85	0.58	1.05	0.26	1.7291	205.24	1.32	2.29	1.63
29		4.20	0.84	1.05	0.22	1.7782	214.76	1.30	2.51	1.57
30	26	4.20	1.05	1.05	0.24	1.7847	219.17	1.31	2.52	1.58
31		4.20	0.84	0.95	0.24	1.8165	208.15	1.33	2.61	1.56
32		4.20	0.63	1.05	0.22	1.8280	214.76	1.32	2.62	1.61
33		4.20	0.84	0.95	0.26	1.8634	212.56	1.38	2.67	1.60
34		4.20	0.63	0.95	0.24	1.8676	208.15	1.35	2.71	1.60
35		4.55	0.91	1.05	0.20	1.9175	227.19	1.32	2.90	1.59
36		4.55	0.91	0.95	0.22	1.9620	220.43	1.36	3.01	1.58
37		4.90	1.23	0.95	0.20	2.0606	231.79	1.33	3.34	1.57
38		4.90	1.47	0.95	0.22	2.0746	237.79	1.33	3.38	1.57
39		3.50	0.88	1.05	0.24	1.57	184.63	1.30	1.82	1.64
40	28	3.50	0.70	0.95	0.24	1.5961	175.44	1.32	1.89	1.63
41		3.50	0.88	0.95	0.26	1.5990	178.50	1.32	1.89	1.64
42		3.50	0.53	1.05	0.22	1.6074	181.56	1.31	1.90	1.67
43		3.50	0.70	1.05	0.24	1.6102	184.63	1.35	1.87	1.66
44		3.50	0.88	1.05	0.26	1.6130	187.69	1.34	1.87	1.67
45		3.50	0.70	0.84	0.26	1.6324	169.31	1.33	2.00	1.62
46		3.50	0.53	0.84	0.24	1.6337	166.25	1.30	2.03	1.62

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
47	28	3.50	0.53	0.95	0.24	1.6379	175.44	1.34	1.97	1.66
48		3.50	0.70	1.05	0.26	1.6516	187.69	1.39	1.92	1.70
49		3.50	0.53	1.05	0.24	1.6520	184.63	1.37	1.94	1.70
50		3.85	0.96	0.95	0.22	1.6959	187.72	1.32	2.20	1.62
51		3.85	0.77	1.05	0.20	1.7009	194.12	1.32	2.18	1.65
52		3.85	1.16	0.95	0.24	1.7043	191.42	1.31	2.23	1.62
53		3.85	0.96	1.05	0.22	1.7087	197.82	1.35	2.18	1.65
54		3.85	0.58	0.95	0.20	1.7341	184.01	1.32	2.29	1.65
55		3.85	0.77	0.84	0.22	1.7352	177.61	1.33	2.33	1.60
56		3.85	0.77	0.95	0.22	1.7365	187.72	1.37	2.26	1.64
57		3.85	0.96	0.84	0.24	1.7417	181.32	1.34	2.33	1.61
58		3.85	0.96	0.95	0.24	1.7431	191.42	1.38	2.26	1.64
59		3.85	0.58	1.05	0.20	1.7468	194.12	1.34	2.27	1.69
60		3.85	1.16	0.84	0.26	1.7472	185.02	1.31	2.36	1.62
61		3.85	1.16	0.95	0.26	1.7481	195.13	1.35	2.29	1.66
62		3.85	0.77	1.05	0.22	1.7496	197.82	1.39	2.23	1.68
63		3.85	0.96	1.05	0.24	1.7563	201.53	1.41	2.24	1.68
64		3.85	1.16	1.05	0.26	1.7612	205.24	1.38	2.26	1.69
65		4.20	1.05	1.05	0.18	1.7971	205.94	1.30	2.50	1.65
66		4.20	1.26	1.05	0.20	1.8073	210.35	1.30	2.52	1.65
67		4.20	0.84	0.95	0.18	1.8283	194.92	1.32	2.58	1.64
68		3.85	0.77	0.95	0.26	1.8311	195.13	1.47	2.38	1.70
69		4.20	1.05	0.95	0.20	1.8357	199.33	1.35	2.58	1.63
70		4.20	0.84	1.05	0.18	1.8399	205.94	1.35	2.55	1.67
71		4.20	1.26	0.95	0.22	1.8469	203.74	1.35	2.61	1.64
72		4.20	1.05	1.05	0.20	1.8474	210.35	1.37	2.56	1.67
73		4.20	1.47	0.95	0.24	1.8560	208.15	1.32	2.66	1.65
74		4.20	1.47	1.05	0.24	1.8674	219.17	1.35	2.63	1.69
75		4.20	1.05	1.05	0.22	1.9002	214.76	1.45	2.62	1.69
76		4.20	0.84	0.95	0.22	1.9335	203.74	1.47	2.71	1.68
77		4.55	1.14	1.05	0.16	1.9392	216.84	1.32	2.89	1.67
78		4.55	0.91	1.05	0.14	1.9396	211.67	1.31	2.89	1.67
79		4.55	1.37	1.05	0.18	1.9480	222.02	1.32	2.91	1.67
80		4.55	1.59	1.05	0.20	1.9592	227.19	1.31	2.95	1.67
81		4.55	0.91	0.95	0.16	1.9751	204.90	1.34	2.99	1.65
82		4.55	1.14	0.95	0.18	1.9798	210.07	1.36	2.99	1.65
83	30	2.80	0.42	0.95	0.26	1.46	147.63	1.33	1.34	1.74
84		2.80	0.42	1.05	0.26	1.4738	154.98	1.36	1.32	1.78
85		3.15	0.79	1.05	0.22	1.4985	165.97	1.32	1.51	1.71
86		3.15	0.95	1.05	0.24	1.5043	168.46	1.31	1.53	1.71
87		3.15	0.63	0.84	0.22	1.5097	149.44	1.30	1.62	1.65
88		3.15	0.79	0.84	0.24	1.5156	151.92	1.32	1.62	1.66
89		3.15	0.63	0.95	0.22	1.5183	157.71	1.34	1.57	1.69
90		3.15	0.79	0.95	0.24	1.5244	160.19	1.35	1.57	1.70
91		3.15	0.95	0.95	0.26	1.5270	162.67	1.33	1.59	1.71
92		3.15	0.47	1.05	0.20	1.5284	163.49	1.32	1.57	1.74
93		3.15	0.95	1.05	0.26	1.5428	170.94	1.35	1.57	1.75
94		3.15	0.47	0.84	0.22	1.5479	149.44	1.32	1.68	1.69
95		3.15	0.79	0.74	0.26	1.5503	146.13	1.31	1.73	1.65
96		3.15	0.79	0.84	0.26	1.5545	154.40	1.36	1.66	1.69
97		3.15	0.63	0.95	0.24	1.5607	160.19	1.40	1.61	1.72
98		3.15	0.79	0.95	0.26	1.5635	162.67	1.40	1.61	1.73
99		3.15	0.47	0.95	0.24	1.5997	160.19	1.42	1.67	1.75
100		3.15	0.63	0.95	0.26	1.6009	162.67	1.45	1.65	1.75
101		3.50	0.70	0.95	0.18	1.6090	166.25	1.31	1.87	1.69
102		3.50	0.88	0.84	0.20	1.6107	160.13	1.30	1.93	1.65
103		3.50	0.88	0.95	0.20	1.6161	169.31	1.34	1.87	1.69

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
104	30	3.50	1.05	0.84	0.22	1.6194	163.19	1.30	1.95	1.65
105		3.50	0.70	1.05	0.18	1.6235	175.44	1.34	1.85	1.73
106		3.50	1.23	0.95	0.24	1.6302	175.44	1.31	1.92	1.70
107		3.50	0.53	0.95	0.18	1.6509	166.25	1.33	1.95	1.72
108		3.50	0.88	0.95	0.22	1.6626	172.38	1.41	1.92	1.71
109		3.50	1.05	0.74	0.24	1.6648	157.06	1.32	2.09	1.64
110		3.50	1.23	0.84	0.26	1.6671	169.31	1.32	2.03	1.70
111		3.50	1.05	0.95	0.24	1.6698	175.44	1.40	1.94	1.72
112		3.50	0.70	0.95	0.22	1.7025	172.38	1.46	1.96	1.74
113		3.50	0.88	0.95	0.24	1.7092	175.44	1.47	1.97	1.74
114		3.85	0.96	0.95	0.16	1.7093	176.60	1.30	2.19	1.69
115		3.50	1.05	0.95	0.26	1.7127	178.50	1.44	1.99	1.75
116		3.85	1.16	0.95	0.18	1.7160	180.31	1.30	2.21	1.69
117		3.85	0.77	1.05	0.14	1.7223	183.00	1.32	2.17	1.73
118		3.85	0.96	1.05	0.16	1.7226	186.71	1.33	2.16	1.73
119		3.85	1.35	1.05	0.20	1.7371	194.12	1.32	2.21	1.73
120		3.85	0.77	0.84	0.16	1.7481	166.50	1.31	2.31	1.67
121		3.85	0.96	0.84	0.18	1.7528	170.20	1.33	2.31	1.67
122		3.85	0.96	0.95	0.18	1.7548	180.31	1.37	2.24	1.71
123		3.85	1.16	0.84	0.20	1.7623	173.91	1.34	2.33	1.67
124		3.85	1.35	0.84	0.22	1.7715	177.61	1.32	2.37	1.68
125		4.20	1.05	0.95	0.08	1.7751	172.87	1.30	2.46	1.61
126		4.20	0.84	0.95	0.08	1.8175	172.87	1.35	2.52	1.64
127		4.20	1.26	1.05	0.14	1.8282	197.12	1.30	2.51	1.72
128		4.20	1.26	0.95	0.16	1.8595	190.51	1.33	2.60	1.71
129		4.55	1.37	0.95	0.08	1.9240	184.20	1.32	2.87	1.63
130	32	2.80	0.56	0.84	0.20	1.43	134.40	1.31	1.31	1.72
131		2.80	0.70	0.84	0.22	1.4374	136.36	1.33	1.31	1.71
132		2.80	0.84	0.84	0.24	1.4424	138.32	1.32	1.33	1.72
133		2.80	0.56	0.74	0.22	1.4624	129.01	1.33	1.40	1.70
134		2.80	0.42	0.84	0.20	1.4647	134.40	1.32	1.36	1.75
135		2.80	0.70	0.74	0.24	1.4683	130.97	1.34	1.40	1.70
136		2.80	0.56	0.84	0.22	1.4716	136.36	1.38	1.34	1.74
137		2.80	0.42	0.95	0.20	1.4768	141.75	1.36	1.32	1.79
138		2.80	0.70	0.84	0.24	1.4776	138.32	1.39	1.35	1.74
139		2.80	0.56	0.95	0.22	1.4843	143.71	1.41	1.30	1.78
140		2.80	0.56	0.53	0.24	1.4844	116.27	1.30	1.54	1.65
141		2.80	0.70	0.95	0.24	1.4904	145.67	1.43	1.31	1.78
142		2.80	0.42	0.63	0.22	1.4905	121.66	1.30	1.52	1.70
143		2.80	0.42	1.05	0.20	1.4944	149.10	1.39	1.31	1.83
144		2.80	0.70	0.63	0.26	1.4976	125.58	1.34	1.50	1.70
145		2.80	0.42	0.74	0.22	1.4981	129.01	1.35	1.46	1.73
146		2.80	0.56	0.42	0.26	1.5053	110.88	1.31	1.60	1.65
147		2.80	0.70	0.74	0.26	1.5059	132.93	1.39	1.44	1.74
148		2.80	0.42	0.84	0.22	1.5070	136.36	1.39	1.40	1.77
149		3.15	0.63	1.05	0.14	1.5135	156.05	1.30	1.51	1.78
150		3.15	0.79	1.05	0.16	1.5144	158.53	1.31	1.50	1.77
151		2.80	0.70	0.84	0.26	1.5155	140.28	1.43	1.38	1.78
152		3.15	0.95	1.05	0.18	1.5191	161.01	1.31	1.52	1.78
153		2.80	0.70	0.95	0.26	1.5286	147.63	1.47	1.34	1.82
154		3.15	0.79	0.84	0.18	1.5295	144.48	1.31	1.61	1.72
155		3.15	0.63	0.95	0.16	1.5339	150.26	1.33	1.56	1.76
156		3.15	0.95	0.84	0.20	1.5366	146.96	1.32	1.62	1.72
157		3.15	0.79	0.95	0.18	1.5388	152.74	1.35	1.56	1.76
158		3.15	1.10	0.84	0.22	1.5423	149.44	1.30	1.65	1.73
159		3.15	0.95	0.95	0.20	1.5457	155.23	1.35	1.57	1.76
160		3.15	0.47	1.05	0.14	1.5511	156.05	1.32	1.57	1.81

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
161	32	2.80	0.56	0.84	0.26	1.5517	140.28	1.48	1.42	1.80
162		3.15	0.63	0.74	0.18	1.5608	136.21	1.32	1.71	1.70
163		3.15	0.47	0.84	0.16	1.5632	142.00	1.31	1.67	1.75
164		3.50	0.88	0.95	0.08	1.5663	150.94	1.30	1.78	1.66
165		3.15	0.47	0.95	0.16	1.5721	150.26	1.35	1.62	1.79
166		3.15	0.63	0.95	0.18	1.5753	152.74	1.40	1.59	1.78
167		3.15	0.95	0.74	0.22	1.5758	141.17	1.34	1.73	1.70
168		3.50	0.88	1.05	0.08	1.5808	160.13	1.33	1.76	1.70
169		2.80	0.42	1.05	0.24	1.5809	153.02	1.53	1.38	1.89
170		3.15	0.95	0.95	0.22	1.5903	157.71	1.42	1.61	1.78
171		3.50	0.70	0.84	0.08	1.5976	141.75	1.31	1.88	1.65
172		3.50	0.70	0.95	0.08	1.6036	150.94	1.35	1.83	1.69
173		3.50	0.88	0.84	0.14	1.6319	150.94	1.30	1.93	1.72
174		3.15	0.95	0.42	0.26	1.6340	121.32	1.32	1.98	1.66
175		3.50	1.05	0.95	0.16	1.6394	163.19	1.33	1.88	1.76
176		3.50	1.23	0.95	0.18	1.6437	166.25	1.31	1.90	1.77
177		3.50	0.88	1.05	0.14	1.6531	169.31	1.37	1.85	1.80
178		3.50	1.40	1.05	0.20	1.6610	178.50	1.32	1.90	1.81
179		3.50	1.05	0.95	0.18	1.6833	166.25	1.40	1.92	1.78
180		3.50	1.23	0.84	0.20	1.6841	160.13	1.34	2.01	1.75
181		3.85	1.16	0.95	0.08	1.7079	161.78	1.34	2.16	1.68
182		3.85	1.16	1.05	0.08	1.7215	171.89	1.36	2.13	1.72
183		3.85	1.35	1.05	0.14	1.7593	183.00	1.32	2.21	1.80
184		3.85	1.93	1.05	0.22	1.7825	197.82	1.31	2.25	1.84
185		3.85	1.35	0.84	0.16	1.7852	166.50	1.31	2.35	1.75
186		4.20	1.47	0.95	0.08	1.8553	172.87	1.35	2.57	1.71
187	34	2.45	0.37	0.42	0.24	1.45	99.73	1.35	1.31	1.73
188		2.80	0.56	0.84	0.14	1.45	128.52	1.31	1.31	1.78
189		2.80	0.70	0.84	0.16	1.4553	130.48	1.32	1.31	1.78
190		2.80	0.84	0.84	0.18	1.4594	132.44	1.32	1.32	1.78
191		2.80	0.98	0.84	0.20	1.4634	134.40	1.31	1.34	1.79
192		2.45	0.37	0.53	0.24	1.4690	106.16	1.39	1.30	1.77
193		2.80	0.70	0.63	0.18	1.4763	117.74	1.30	1.45	1.72
194		2.80	0.56	0.74	0.16	1.4800	123.13	1.33	1.40	1.76
195		2.80	0.84	0.63	0.20	1.4828	119.70	1.30	1.47	1.72
196		2.45	0.37	0.42	0.26	1.4873	101.23	1.39	1.35	1.77
197		2.80	0.70	0.74	0.18	1.4849	125.09	1.35	1.39	1.76
198		2.80	0.42	0.84	0.14	1.4892	128.52	1.33	1.37	1.82
199		2.80	0.56	0.84	0.16	1.4897	130.48	1.37	1.34	1.80
200		2.80	0.84	0.74	0.20	1.4914	127.05	1.35	1.41	1.76
201		2.80	0.70	0.84	0.18	1.4948	132.44	1.39	1.34	1.80
202		2.80	0.98	0.74	0.22	1.4960	129.01	1.33	1.43	1.77
203		2.80	0.56	0.53	0.18	1.5002	110.39	1.31	1.53	1.71
204		2.80	0.84	0.84	0.20	1.5011	134.40	1.39	1.35	1.80
205		3.15	0.95	0.95	0.08	1.5018	140.34	1.32	1.50	1.73
206		2.80	0.98	0.84	0.22	1.5054	136.36	1.38	1.37	1.81
207		2.45	0.37	0.53	0.26	1.5066	107.66	1.43	1.34	1.80
208		2.80	0.70	0.53	0.20	1.5072	112.35	1.33	1.53	1.70
209		3.15	0.95	0.95	0.10	1.5157	142.82	1.31	1.52	1.76
210		3.15	0.95	1.05	0.08	1.5179	148.61	1.35	1.49	1.76
211		2.80	0.70	0.63	0.20	1.5184	119.70	1.37	1.49	1.74
212		2.80	0.42	1.05	0.14	1.5200	143.22	1.40	1.31	1.90
213		3.15	0.79	0.74	0.08	1.5224	123.80	1.31	1.64	1.67
214		2.80	0.84	0.63	0.22	1.5255	121.66	1.37	1.50	1.75
215		3.15	0.79	0.84	0.08	1.5279	132.07	1.35	1.57	1.70
216		2.80	0.98	1.05	0.22	1.5368	151.06	1.45	1.32	1.89
217		3.15	0.79	0.95	0.08	1.5378	140.34	1.39	1.52	1.74

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
218	34	3.15	1.10	1.05	0.14	1.5489	156.05	1.30	1.54	1.85
219		3.15	0.79	0.95	0.10	1.5517	142.82	1.38	1.54	1.78
220		3.15	0.63	0.63	0.08	1.5542	115.54	1.31	1.75	1.65
221		2.80	0.42	1.05	0.16	1.5572	145.18	1.46	1.34	1.92
222		3.15	0.63	0.74	0.08	1.5586	123.80	1.36	1.68	1.69
223		3.15	0.63	0.84	0.08	1.5643	132.07	1.40	1.61	1.73
224		3.15	1.26	0.95	0.18	1.5685	152.74	1.31	1.61	1.84
225		3.15	0.95	0.74	0.16	1.5931	133.73	1.34	1.73	1.77
226		3.15	1.10	0.74	0.18	1.5966	136.21	1.32	1.75	1.77
227		3.15	1.10	0.84	0.18	1.6016	144.48	1.36	1.68	1.81
228		3.15	1.26	0.84	0.20	1.6031	146.96	1.34	1.70	1.82
229		3.50	1.23	0.84	0.08	1.6338	141.75	1.31	1.92	1.71
230		3.50	1.05	0.74	0.08	1.6723	132.56	1.35	2.02	1.69
231		3.50	1.05	0.84	0.08	1.6734	141.75	1.40	1.94	1.73
232		3.50	1.40	1.05	0.14	1.6863	169.31	1.33	1.90	1.88
233		3.50	1.75	0.95	0.20	1.6896	169.31	1.32	1.94	1.87
234		3.50	1.58	0.95	0.18	1.7038	166.25	1.33	1.96	1.87
235		3.85	2.12	1.05	0.18	1.7682	190.41	1.30	2.15	1.90
236		3.85	1.54	0.84	0.08	1.7795	151.67	1.33	2.33	1.74
237	36	2.80	0.84	0.74	0.08	1.45	115.29	1.33	1.35	1.73
238		2.80	0.70	0.53	0.08	1.4685	100.59	1.31	1.47	1.67
239		2.45	0.37	0.42	0.18	1.4713	95.23	1.36	1.31	1.78
240		2.80	0.84	0.84	0.10	1.4770	124.60	1.35	1.32	1.81
241		2.80	0.70	0.63	0.08	1.4799	107.94	1.35	1.43	1.71
242		2.80	0.56	0.42	0.08	1.4859	93.24	1.32	1.52	1.66
243		2.80	0.70	0.74	0.08	1.4893	115.29	1.40	1.37	1.74
244		2.80	0.98	0.84	0.14	1.4923	128.52	1.33	1.35	1.85
245		2.80	1.26	0.95	0.18	1.4932	139.79	1.30	1.31	1.91
246		2.80	1.12	0.95	0.16	1.4998	137.83	1.37	1.32	1.90
247		2.80	0.70	0.84	0.08	1.4999	122.64	1.37	1.32	1.78
248		2.80	0.98	0.95	0.14	1.5053	135.87	1.37	1.31	1.89
249		2.45	0.37	0.42	0.20	1.5137	96.73	1.37	1.34	1.81
250		2.80	0.56	0.63	0.08	1.5152	107.94	1.37	1.46	1.73
251		2.80	1.12	0.74	0.18	1.5173	125.09	1.31	1.45	1.84
252		2.80	1.12	1.05	0.16	1.5180	145.18	1.35	1.30	1.94
253		2.80	0.98	0.74	0.16	1.5186	123.13	1.34	1.43	1.83
254		2.80	1.12	0.84	0.18	1.5267	132.44	1.36	1.39	1.88
255		2.45	0.37	0.53	0.20	1.5338	103.16	1.47	1.33	1.84
256		2.80	0.56	0.84	0.08	1.5358	122.64	1.49	1.35	1.81
257		2.80	0.98	0.53	0.18	1.5392	110.39	1.32	1.57	1.77
258		2.45	0.49	0.53	0.22	1.5426	104.66	1.53	1.31	1.83
259		2.80	0.98	0.63	0.18	1.5504	117.74	1.36	1.53	1.81
260		2.45	0.37	0.42	0.22	1.5580	98.23	1.51	1.38	1.83
261		3.15	1.26	0.84	0.08	1.5615	132.07	1.32	1.63	1.78
262		2.80	0.42	0.74	0.08	1.5616	115.29	1.47	1.46	1.80
263		2.80	0.84	0.95	0.16	1.5824	137.83	1.51	1.35	1.93
264		2.45	0.49	0.53	0.24	1.5864	106.16	1.60	1.35	1.86
265		3.15	1.26	1.05	0.08	1.5880	148.61	1.38	1.56	1.86
266		3.15	1.58	1.05	0.16	1.5927	158.53	1.30	1.57	1.96
267		3.15	1.42	0.95	0.14	1.5942	147.78	1.30	1.62	1.91
268		3.15	1.10	0.63	0.08	1.5943	115.54	1.32	1.79	1.72
269		3.15	1.58	0.84	0.18	1.6072	144.48	1.30	1.67	1.89
270		3.15	0.95	0.42	0.08	1.6088	99.00	1.33	1.88	1.66
271		3.15	1.42	0.84	0.16	1.6224	142.00	1.32	1.70	1.89
272		2.45	0.37	0.53	0.24	1.6236	106.16	1.62	1.40	1.90
273		3.50	1.75	1.05	0.08	1.6602	160.13	1.32	1.84	1.87
274		3.15	1.42	0.84	0.18	1.6653	144.48	1.39	1.74	1.91

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
275	36	3.85	2.31	1.05	0.08	1.6767	171.89	1.30	1.93	1.85
276		3.50	1.93	0.95	0.16	1.6876	163.19	1.32	1.87	1.93
277		3.50	1.58	0.84	0.08	1.6984	141.75	1.34	2.00	1.81
278	38	2.45	0.86	0.42	0.18	1.48	95.23	1.37	1.30	1.82
279		2.45	0.37	0.42	0.08	1.48	87.73	1.42	1.30	1.77
280		2.80	1.26	0.84	0.08	1.4912	122.64	1.32	1.35	1.85
281		2.45	0.37	0.42	0.10	1.4967	89.23	1.41	1.32	1.81
282		2.80	1.26	0.95	0.08	1.5042	129.99	1.36	1.30	1.89
283		2.80	1.26	0.84	0.10	1.5054	124.60	1.31	1.36	1.89
284		3.15	1.89	1.05	0.08	1.5056	148.61	1.31	1.37	1.89
285		2.45	0.49	0.42	0.14	1.5151	92.23	1.45	1.31	1.84
286		2.45	0.61	0.42	0.16	1.5165	93.73	1.46	1.31	1.83
287		2.45	0.37	0.53	0.10	1.5165	95.66	1.44	1.31	1.85
288		2.80	1.12	0.63	0.08	1.5195	107.94	1.33	1.49	1.78
289		2.80	1.40	0.95	0.14	1.5196	135.87	1.31	1.31	1.98
290		2.80	1.12	0.74	0.08	1.5283	115.29	1.37	1.44	1.82
291		2.80	0.98	0.42	0.08	1.5322	93.24	1.34	1.58	1.73
292		2.45	0.37	0.53	0.12	1.5399	97.16	1.46	1.33	1.88
293		2.45	0.74	0.53	0.18	1.5410	101.66	1.49	1.31	1.87
294		2.45	0.37	0.42	0.14	1.5510	92.23	1.46	1.36	1.87
295		2.45	0.49	0.42	0.16	1.5527	93.73	1.51	1.34	1.86
296		3.15	1.89	0.95	0.14	1.5571	147.78	1.32	1.45	1.95
297		2.45	0.61	0.42	0.18	1.5585	95.23	1.53	1.34	1.85
298		3.15	1.73	0.95	0.08	1.5617	140.34	1.33	1.51	1.89
299		2.80	0.98	0.74	0.08	1.5718	115.29	1.47	1.45	1.84
300		3.15	1.73	1.05	0.08	1.5791	148.61	1.36	1.50	1.93
301		2.45	0.49	0.42	0.18	1.5959	95.23	1.59	1.37	1.88
302		2.45	0.61	0.42	0.20	1.6044	96.73	1.62	1.37	1.88
303		3.15	1.58	0.74	0.08	1.6118	123.80	1.32	1.73	1.83
304		2.80	0.84	0.74	0.08	1.6135	115.29	1.56	1.47	1.86
305		2.45	0.37	0.63	0.16	1.6275	106.59	1.62	1.34	1.98
306		3.50	2.10	0.74	0.08	1.6438	132.56	1.31	1.86	1.81
307		3.15	1.42	0.53	0.08	1.6585	107.27	1.32	1.93	1.78
308	40	2.45	0.98	0.42	0.10	1.48	89.23	1.33	1.31	1.84
309		2.80	1.68	0.74	0.12	1.4993	119.21	1.31	1.31	1.93
310		2.45	0.98	0.42	0.12	1.4996	90.73	1.34	1.33	1.87
311		2.45	1.10	0.53	0.14	1.5032	98.66	1.33	1.31	1.92
312		2.45	0.86	0.42	0.08	1.5054	87.73	1.44	1.31	1.81
313		2.45	0.86	0.42	0.10	1.5188	89.23	1.42	1.33	1.85
314		2.45	0.98	0.53	0.12	1.5193	97.16	1.38	1.32	1.91
315		2.80	1.54	0.63	0.08	1.5227	107.94	1.31	1.45	1.85
316		2.80	1.54	0.74	0.08	1.5325	115.29	1.36	1.39	1.89
317		2.80	1.54	0.84	0.08	1.5436	122.64	1.40	1.34	1.94
318		2.45	0.74	0.42	0.08	1.5459	87.73	1.53	1.33	1.83
319		2.80	1.40	0.42	0.08	1.5572	93.24	1.31	1.61	1.81
320		2.80	1.54	0.53	0.14	1.5807	106.47	1.31	1.56	1.92
321		2.45	0.61	0.42	0.08	1.5853	87.73	1.61	1.34	1.85
322		2.45	0.98	0.63	0.16	1.6045	106.59	1.53	1.33	2.00
323		3.15	1.89	0.42	0.08	1.6051	99.00	1.31	1.77	1.79
324	42	2.45	1.35	0.42	0.12	1.52	90.73	1.34	1.32	1.95
325		2.45	1.35	0.53	0.12	1.5429	97.16	1.38	1.30	1.99
326		2.45	1.23	0.42	0.08	1.5468	87.73	1.42	1.36	1.91
327		2.45	1.10	0.42	0.08	1.6033	87.73	1.51	1.42	1.93
328		2.80	1.68	0.42	0.08	1.6059	93.24	1.44	1.54	1.89

Çizelge 4.5. H=8m

No	Ø(°)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	m(%)	fmin	Wduvar	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	7.20	1.44	1.20	0.24	2.5226	437.52	1.31	4.95	1.38
2		7.20	1.80	1.20	0.26	2.5272	450.48	1.31	4.97	1.38
3	22	6.00	0.90	1.20	0.26	2.1806	363.00	1.31	3.82	1.48
4		6.40	1.28	1.08	0.24	2.2692	361.68	1.30	4.15	1.42
5		6.40	1.28	1.20	0.24	2.2733	380.88	1.33	4.11	1.45
6		6.40	1.60	1.20	0.26	2.28	391.12	1.32	4.12	1.46
7		6.40	0.96	1.20	0.24	2.34	380.88	1.35	4.27	1.48
8		6.80	1.70	1.20	0.22	2.3804	397.16	1.31	4.46	1.44
9		6.80	2.04	1.20	0.24	2.3975	408.72	1.30	4.52	1.45
10		5.20	1.04	1.20	0.26	1.8991	309.88	1.31	2.92	1.52
11	24	5.20	0.78	1.20	0.26	1.9541	309.88	1.32	3.04	1.55
12		5.60	1.40	1.20	0.24	1.9996	328.08	1.30	3.25	1.51
13		5.60	1.12	1.08	0.24	2.0401	311.28	1.32	3.37	1.49
14		5.60	1.40	1.08	0.26	2.0437	319.12	1.32	3.37	1.50
15		5.60	1.12	1.20	0.24	2.0478	328.08	1.35	3.33	1.53
16		5.60	1.40	1.20	0.26	2.0514	335.92	1.34	3.34	1.54
17		5.60	0.84	1.20	0.22	2.0518	320.24	1.31	3.38	1.53
18		5.60	1.12	1.08	0.26	2.0925	319.12	1.36	3.45	1.52
19		5.60	1.12	1.20	0.26	2.1008	335.92	1.39	3.41	1.56
20		5.60	0.84	1.20	0.24	2.1084	328.08	1.37	3.46	1.56
21		6.00	1.20	1.20	0.20	2.1377	336.00	1.30	3.66	1.52
22		6.00	1.50	1.20	0.22	2.1462	345.00	1.33	3.66	1.52
23		6.00	1.80	1.20	0.24	2.1601	354.00	1.32	3.71	1.53
24		6.00	1.20	1.08	0.22	2.1915	327.00	1.35	3.79	1.51
25		6.00	1.20	1.20	0.22	2.1978	345.00	1.37	3.75	1.54
26		6.00	1.50	1.08	0.24	2.1990	336.00	1.36	3.80	1.51
27		6.00	1.50	1.20	0.26	2.2626	363.00	1.43	3.85	1.57
28		6.40	1.28	1.20	0.18	2.2909	350.16	1.31	4.09	1.54
29		6.40	1.60	1.20	0.20	2.2986	360.40	1.34	4.09	1.53
30	26	4.40	0.88	1.20	0.26	1.68	260.92	1.31	2.20	1.59
31		4.40	0.66	1.20	0.26	1.7291	260.92	1.32	2.29	1.63
32		4.80	0.96	1.20	0.22	1.7782	273.36	1.30	2.51	1.57
33		4.80	1.20	1.20	0.24	1.7847	279.12	1.31	2.52	1.58
34		4.80	0.96	1.08	0.24	1.8165	264.72	1.33	2.61	1.56
35		4.80	1.20	1.08	0.26	1.8197	270.48	1.33	2.61	1.57
36		4.80	0.72	1.20	0.22	1.8280	273.36	1.32	2.62	1.61
37		4.80	0.72	1.08	0.24	1.8676	264.72	1.35	2.71	1.60
38		4.80	0.96	1.20	0.26	1.8748	284.88	1.40	2.65	1.63
39		4.80	0.72	1.20	0.24	1.8786	279.12	1.38	2.68	1.63
40		5.20	1.30	1.08	0.22	1.9160	280.76	1.32	2.94	1.55
41		5.20	1.04	1.20	0.20	1.9175	289.60	1.32	2.90	1.59
42		5.20	1.56	1.08	0.24	1.9272	287.52	1.31	2.97	1.56
43		5.20	1.04	1.08	0.22	1.9620	280.76	1.36	3.01	1.58
44		5.20	0.78	1.08	0.20	1.9632	274.00	1.31	3.05	1.58
45		5.20	1.56	1.08	0.26	1.9770	294.28	1.35	3.05	1.59
46		5.20	1.04	1.08	0.24	2.0165	287.52	1.42	3.08	1.60
47		5.60	1.12	1.08	0.18	2.0531	287.76	1.31	3.34	1.57
48		5.60	1.40	1.08	0.20	2.0606	295.60	1.33	3.34	1.57
49		5.60	1.12	1.20	0.18	2.0613	304.56	1.34	3.31	1.61
50		5.60	1.68	1.08	0.22	2.0746	303.44	1.33	3.38	1.57
51		5.60	1.96	1.08	0.24	2.0875	311.28	1.31	3.44	1.58
52	28	4.00	1.00	1.20	0.24	1.57	234.00	1.30	1.82	1.64
53		4.00	0.80	1.08	0.24	1.5961	222.00	1.32	1.89	1.63
54		4.00	1.00	1.08	0.26	1.5990	226.00	1.32	1.89	1.64
55		4.00	0.60	1.20	0.22	1.6074	230.00	1.31	1.90	1.67

No	Ø(°)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	m(%)	fmin	Wduvar	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
56	28	4.00	0.80	1.20	0.24	1.6102	234.00	1.35	1.87	1.66
57		4.00	1.00	1.20	0.26	1.6130	238.00	1.34	1.87	1.67
58		4.00	0.80	0.96	0.26	1.6324	214.00	1.33	2.00	1.62
59		4.00	0.60	0.96	0.24	1.6337	210.00	1.30	2.03	1.62
60		4.00	0.80	1.08	0.26	1.6372	226.00	1.36	1.94	1.66
61		4.00	0.60	1.08	0.24	1.6379	222.00	1.34	1.97	1.66
62		4.00	0.80	1.20	0.26	1.6516	238.00	1.39	1.92	1.70
63		4.40	1.10	1.08	0.22	1.6959	238.04	1.32	2.20	1.62
64		4.40	0.88	1.20	0.20	1.7009	246.40	1.32	2.18	1.65
65		4.40	1.32	1.08	0.24	1.7043	242.88	1.31	2.23	1.62
66		4.40	1.10	1.20	0.22	1.7087	251.24	1.35	2.18	1.65
67		4.40	0.66	1.08	0.20	1.7341	233.20	1.32	2.29	1.65
68		4.40	0.88	0.96	0.22	1.7352	224.84	1.33	2.33	1.60
69		4.40	1.10	0.96	0.24	1.7417	229.68	1.34	2.33	1.61
70		4.40	1.32	0.96	0.26	1.7472	234.52	1.31	2.36	1.62
71		4.40	0.88	1.08	0.24	1.7849	242.88	1.43	2.32	1.67
72		4.80	1.20	1.20	0.18	1.7971	261.84	1.30	2.50	1.65
73		4.80	1.44	1.20	0.20	1.8073	267.60	1.30	2.52	1.65
74		4.80	0.96	1.08	0.18	1.8283	247.44	1.32	2.58	1.64
75		4.80	1.20	1.08	0.20	1.8357	253.20	1.35	2.58	1.63
76		4.80	1.44	1.08	0.22	1.8469	258.96	1.35	2.61	1.64
77		4.80	1.68	1.08	0.24	1.8560	264.72	1.32	2.66	1.65
78		4.80	1.44	1.20	0.22	1.8585	273.36	1.37	2.59	1.67
79		4.80	0.96	1.20	0.20	1.8916	267.60	1.42	2.62	1.69
80		4.80	1.20	1.20	0.22	1.9002	273.36	1.45	2.62	1.69
81		5.20	1.30	1.20	0.16	1.9392	276.08	1.32	2.89	1.67
82		5.20	1.04	1.20	0.14	1.9396	269.32	1.31	2.89	1.67
83		5.20	1.56	1.20	0.18	1.9480	282.84	1.32	2.91	1.67
84		5.20	1.04	1.08	0.16	1.9751	260.48	1.34	2.99	1.65
85	30	3.20	0.48	1.08	0.26	1.46	185.68	1.33	1.34	1.74
86		3.20	0.48	1.20	0.26	1.4738	195.28	1.36	1.32	1.78
87		3.60	0.90	1.20	0.22	1.4985	209.64	1.32	1.51	1.71
88		3.60	1.08	1.20	0.24	1.5043	212.88	1.31	1.53	1.71
89		3.60	0.72	0.96	0.22	1.5097	188.04	1.30	1.62	1.65
90		3.60	0.90	0.96	0.24	1.5156	191.28	1.32	1.62	1.66
91		3.60	0.72	1.08	0.22	1.5183	198.84	1.34	1.57	1.69
92		3.60	0.90	1.08	0.24	1.5244	202.08	1.35	1.57	1.70
93		3.60	1.08	1.08	0.26	1.5270	205.32	1.33	1.59	1.71
94		3.60	0.54	1.20	0.20	1.5284	206.40	1.32	1.57	1.74
95		3.60	0.72	0.84	0.24	1.5475	180.48	1.32	1.73	1.64
96		3.60	0.54	0.96	0.22	1.5479	188.04	1.32	1.68	1.69
97		3.60	0.90	0.84	0.26	1.5503	183.72	1.31	1.73	1.65
98		3.60	0.90	0.96	0.26	1.5545	194.52	1.36	1.66	1.69
99		3.60	0.72	1.08	0.24	1.5607	202.08	1.40	1.61	1.72
100		3.60	0.90	1.08	0.26	1.5635	205.32	1.40	1.61	1.73
101		3.60	0.54	1.08	0.24	1.5997	202.08	1.42	1.67	1.75
102		3.60	0.72	1.08	0.26	1.6009	205.32	1.45	1.65	1.75
103		4.00	0.80	1.08	0.18	1.6090	210.00	1.31	1.87	1.69
104		4.00	1.00	0.96	0.20	1.6107	202.00	1.30	1.93	1.65
105		4.00	1.00	1.08	0.20	1.6161	214.00	1.34	1.87	1.69
106		4.00	1.20	0.96	0.22	1.6194	206.00	1.30	1.95	1.65
107		4.00	0.80	1.20	0.18	1.6235	222.00	1.34	1.85	1.73
108		4.00	1.40	1.08	0.24	1.6302	222.00	1.31	1.92	1.70
109		4.00	0.60	1.08	0.18	1.6509	210.00	1.33	1.95	1.72
110		4.00	1.00	1.08	0.22	1.6626	218.00	1.41	1.92	1.71
111		4.00	1.20	0.96	0.24	1.6643	210.00	1.36	2.00	1.68
112		4.00	1.40	0.96	0.26	1.6671	214.00	1.32	2.03	1.70

No	Ø(°)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	m(%)	fmin	Wduvar	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
113	30	4.00	0.80	1.20	0.20	1.6696	226.00	1.41	1.89	1.75
114		4.00	1.20	1.08	0.24	1.6698	222.00	1.40	1.94	1.72
115		4.00	1.00	1.08	0.24	1.7092	222.00	1.47	1.97	1.74
116		4.40	1.10	1.08	0.16	1.7093	223.52	1.30	2.19	1.69
117		4.40	1.32	1.08	0.18	1.7160	228.36	1.30	2.21	1.69
118		4.40	0.88	1.20	0.14	1.7223	231.88	1.32	2.17	1.73
119		4.40	1.32	1.20	0.18	1.7292	241.56	1.33	2.18	1.73
120		4.40	1.54	1.20	0.20	1.7371	246.40	1.32	2.21	1.73
121		4.40	0.88	0.96	0.16	1.7481	210.32	1.31	2.31	1.67
122		4.40	1.10	0.96	0.18	1.7528	215.16	1.33	2.31	1.67
123		4.40	1.10	1.08	0.18	1.7548	228.36	1.37	2.24	1.71
124		4.80	1.20	1.08	0.08	1.7751	218.64	1.30	2.46	1.61
125	32	3.20	0.64	0.96	0.20	1.43	168.40	1.31	1.31	1.72
126		3.20	0.80	0.96	0.22	1.4374	170.96	1.33	1.31	1.71
127		3.20	0.96	0.96	0.24	1.4424	173.52	1.32	1.33	1.72
128		3.20	1.12	1.08	0.26	1.4540	185.68	1.31	1.31	1.78
129		3.20	0.64	0.84	0.22	1.4624	161.36	1.33	1.40	1.70
130		3.20	0.48	0.96	0.20	1.4647	168.40	1.32	1.36	1.75
131		3.20	0.80	0.84	0.24	1.4683	163.92	1.34	1.40	1.70
132		3.20	0.96	0.84	0.26	1.4703	166.48	1.32	1.42	1.72
133		3.20	0.48	1.08	0.20	1.4768	178.00	1.36	1.32	1.79
134		3.20	0.80	0.96	0.24	1.4776	173.52	1.39	1.35	1.74
135		3.20	0.96	0.96	0.26	1.4792	176.08	1.36	1.36	1.76
136		3.20	0.64	1.08	0.22	1.4843	180.56	1.41	1.30	1.78
137		3.20	0.64	0.60	0.24	1.4844	144.72	1.30	1.54	1.65
138		3.20	0.80	1.08	0.24	1.4904	183.12	1.43	1.31	1.78
139		3.20	0.48	0.72	0.22	1.4905	151.76	1.30	1.52	1.70
140		3.20	0.48	0.72	0.22	1.4905	151.76	1.30	1.52	1.70
141		3.20	0.96	1.08	0.26	1.4918	185.68	1.40	1.32	1.80
142		3.20	0.48	1.20	0.20	1.4944	187.60	1.39	1.31	1.83
143		3.20	0.64	0.72	0.24	1.4949	154.32	1.34	1.50	1.69
144		3.20	0.80	0.72	0.26	1.4976	156.88	1.34	1.50	1.70
145		3.20	0.48	0.96	0.22	1.5070	170.96	1.39	1.40	1.77
146		3.20	0.96	1.20	0.26	1.5097	195.28	1.43	1.31	1.84
147		3.20	0.64	0.96	0.24	1.5129	173.52	1.44	1.38	1.77
148		3.60	0.72	1.20	0.14	1.5135	196.68	1.30	1.51	1.78
149		3.60	0.90	1.20	0.16	1.5144	199.92	1.31	1.50	1.77
150		3.20	0.80	0.96	0.26	1.5155	176.08	1.43	1.38	1.78
151		3.60	1.08	1.20	0.18	1.5191	203.16	1.31	1.52	1.78
152		3.20	0.80	1.08	0.26	1.5286	185.68	1.47	1.34	1.82
153		3.60	0.90	0.96	0.18	1.5295	181.56	1.31	1.61	1.72
154		3.60	0.72	1.08	0.16	1.5339	189.12	1.33	1.56	1.76
155		3.60	1.08	0.96	0.20	1.5366	184.80	1.32	1.62	1.72
156		3.60	0.90	1.08	0.18	1.5388	192.36	1.35	1.56	1.76
157		3.60	1.26	0.96	0.22	1.5423	188.04	1.30	1.65	1.73
158		3.60	1.08	1.08	0.20	1.5457	195.60	1.35	1.57	1.76
159		3.60	1.44	1.08	0.24	1.5516	202.08	1.30	1.62	1.78
160		3.60	0.72	0.96	0.18	1.5657	181.56	1.36	1.64	1.74
161		4.00	1.00	1.08	0.08	1.5663	190.00	1.30	1.78	1.66
162		4.00	0.80	0.96	0.08	1.5976	178.00	1.31	1.88	1.65
163		4.00	0.80	1.08	0.08	1.6036	190.00	1.35	1.83	1.69
164		4.00	1.00	0.96	0.14	1.6319	190.00	1.30	1.93	1.72
165		4.00	1.20	1.08	0.16	1.6394	206.00	1.33	1.88	1.76
166		4.00	1.40	1.08	0.18	1.6437	210.00	1.31	1.90	1.77
167		4.00	1.60	0.96	0.22	1.6873	206.00	1.32	2.04	1.76
168		4.40	1.32	1.08	0.08	1.7079	204.16	1.34	2.16	1.68
169		4.40	1.76	1.08	0.18	1.7883	228.36	1.32	2.30	1.79

No	Ø(°)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	m(%)	fmin	Wduvar	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
170	32	4.80	1.68	1.08	0.08	1.8553	218.64	1.35	2.57	1.71
171	34	2.80	0.42	0.48	0.24	1.45	123.12	1.35	1.31	1.73
172		3.20	0.64	0.96	0.14	1.45	160.72	1.31	1.31	1.78
173		3.20	0.80	0.96	0.16	1.4553	163.28	1.32	1.31	1.78
174		3.20	0.96	0.96	0.18	1.4594	165.84	1.32	1.32	1.78
175		3.20	1.12	0.96	0.20	1.4634	168.40	1.31	1.34	1.79
176		2.80	0.42	0.60	0.24	1.4690	131.52	1.39	1.30	1.77
177		3.20	0.80	0.72	0.18	1.4763	146.64	1.30	1.45	1.72
178		3.20	1.28	1.08	0.22	1.4765	180.56	1.32	1.31	1.84
179		3.20	0.64	0.84	0.16	1.4800	153.68	1.33	1.40	1.76
180		3.20	0.96	0.72	0.20	1.4828	149.20	1.30	1.47	1.72
181		3.20	0.80	0.84	0.18	1.4849	156.24	1.35	1.39	1.76
182		2.80	0.42	0.48	0.26	1.4873	125.08	1.39	1.35	1.77
183		3.20	1.44	1.20	0.24	1.4886	192.72	1.32	1.30	1.89
184		3.20	0.48	0.96	0.14	1.4892	160.72	1.33	1.37	1.82
185		3.20	0.64	0.96	0.16	1.4897	163.28	1.37	1.34	1.80
186		3.20	0.96	0.84	0.20	1.4914	158.80	1.35	1.41	1.76
187		3.20	0.80	0.96	0.18	1.4948	165.84	1.39	1.34	1.80
188		3.20	1.28	0.84	0.24	1.4958	163.92	1.30	1.45	1.78
189		3.20	1.12	0.84	0.22	1.4960	161.36	1.33	1.43	1.77
190		3.20	0.64	0.60	0.18	1.5002	137.04	1.31	1.53	1.71
191		3.20	0.96	0.96	0.20	1.5011	168.40	1.39	1.35	1.80
192		3.60	1.08	1.08	0.08	1.5018	176.16	1.32	1.50	1.73
193		2.80	0.42	0.60	0.26	1.5066	133.48	1.43	1.34	1.80
194		3.20	0.80	0.60	0.20	1.5072	139.60	1.33	1.53	1.70
195		3.20	1.44	1.08	0.26	1.5083	185.68	1.33	1.35	1.89
196		3.60	1.08	1.20	0.08	1.5179	186.96	1.35	1.49	1.76
197		3.20	1.12	0.60	0.24	1.5183	144.72	1.31	1.57	1.72
198		3.60	0.90	0.84	0.08	1.5224	154.56	1.31	1.64	1.67
199		3.60	0.90	0.96	0.08	1.5279	165.36	1.35	1.57	1.70
200		3.60	1.26	1.20	0.14	1.5489	196.68	1.30	1.54	1.85
201		3.60	0.72	0.72	0.08	1.5542	143.76	1.31	1.75	1.65
202		3.60	0.72	0.72	0.08	1.5542	143.76	1.31	1.75	1.65
203		3.60	1.08	0.96	0.14	1.5607	175.08	1.32	1.62	1.78
204		3.20	1.12	1.08	0.24	1.5608	183.12	1.48	1.37	1.88
205		3.60	1.98	1.08	0.26	1.5683	205.32	1.30	1.57	1.88
206		3.60	1.44	1.08	0.18	1.5685	192.36	1.31	1.61	1.84
207		3.60	1.26	1.08	0.16	1.5694	189.12	1.33	1.59	1.83
208		3.60	1.62	1.20	0.20	1.5806	206.40	1.32	1.59	1.89
209		3.60	1.44	1.20	0.18	1.5851	203.16	1.34	1.59	1.88
210		3.60	1.26	0.84	0.18	1.5966	170.76	1.32	1.75	1.77
211		4.00	2.40	1.08	0.24	1.6238	222.00	1.32	1.75	1.85
212		4.00	1.40	0.96	0.08	1.6338	178.00	1.31	1.92	1.71
213		4.00	2.20	1.08	0.22	1.6734	218.00	1.31	1.86	1.86
214		4.00	1.60	0.96	0.18	1.7499	198.00	1.39	2.07	1.84
215		4.40	2.64	0.96	0.22	1.7508	224.84	1.33	2.15	1.83
216		4.40	1.76	0.96	0.08	1.7795	190.96	1.33	2.33	1.74
217	36	3.20	0.96	0.84	0.08	1.45	143.44	1.33	1.35	1.73
218		3.20	0.96	0.84	0.10	1.47	146.00	1.31	1.37	1.76
219		3.20	0.80	0.60	0.08	1.4685	124.24	1.31	1.47	1.67
220		2.80	0.42	0.48	0.18	1.4713	117.24	1.36	1.31	1.78
221		3.20	0.96	0.96	0.10	1.4770	155.60	1.35	1.32	1.81
222		3.20	0.80	0.72	0.08	1.4799	133.84	1.35	1.43	1.71
223		3.20	0.64	0.48	0.08	1.4859	114.64	1.32	1.52	1.66
224		3.20	0.80	0.84	0.08	1.4893	143.44	1.40	1.37	1.74
225		3.20	0.96	0.84	0.12	1.4898	148.56	1.33	1.39	1.80
226		2.80	0.98	0.48	0.26	1.4900	125.08	1.39	1.33	1.80

No	Ø(°)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	m(%)	fmin	Wduvar	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
227	36	3.20	1.76	0.96	0.24	1.4907	173.52	1.31	1.32	1.89
228		2.80	0.84	0.48	0.24	1.4911	123.12	1.43	1.31	1.78
229		3.20	1.12	0.96	0.14	1.4923	160.72	1.33	1.35	1.85
230		3.20	1.44	1.08	0.18	1.4932	175.44	1.30	1.31	1.91
231		3.20	0.80	0.72	0.10	1.4933	136.40	1.33	1.45	1.74
232		3.20	0.80	0.72	0.10	1.4933	136.40	1.33	1.45	1.74
233		3.20	0.64	0.48	0.10	1.4994	117.20	1.37	1.54	1.70
234		3.20	1.28	1.08	0.16	1.4998	172.88	1.37	1.32	1.90
235		3.20	0.80	0.96	0.08	1.4999	153.04	1.37	1.32	1.78
236		2.80	0.98	0.60	0.26	1.5096	133.48	1.37	1.32	1.83
237		3.20	1.60	0.96	0.22	1.5110	170.96	1.37	1.37	1.89
238		3.20	0.96	0.72	0.14	1.5112	141.52	1.37	1.48	1.78
239		2.80	0.42	0.48	0.20	1.5137	119.20	1.37	1.34	1.81
240		3.20	1.28	0.84	0.18	1.5173	156.24	1.31	1.45	1.84
241		3.20	1.28	1.20	0.16	1.5180	182.48	1.35	1.30	1.94
242		3.20	1.76	0.84	0.26	1.5183	166.48	1.31	1.41	1.88
243		3.20	1.44	0.96	0.20	1.5220	168.40	1.34	1.39	1.89
244		3.20	0.48	0.48	0.08	1.5230	114.64	1.34	1.58	1.69
245		3.20	1.28	0.96	0.18	1.5267	165.84	1.36	1.39	1.88
246		2.80	0.70	0.48	0.24	1.5284	123.12	1.51	1.33	1.80
247		2.80	0.84	0.48	0.26	1.5294	125.08	1.48	1.34	1.82
248		2.80	0.42	0.60	0.20	1.5338	127.60	1.47	1.33	1.84
249		3.20	0.64	0.96	0.08	1.5358	153.04	1.49	1.35	1.81
250		3.60	2.16	1.20	0.20	1.5368	206.40	1.32	1.41	1.93
251		3.20	1.60	1.20	0.22	1.5427	190.16	1.38	1.31	1.98
252		3.20	1.60	0.84	0.24	1.5427	163.92	1.33	1.46	1.88
253		3.60	2.16	0.96	0.22	1.5507	188.04	1.32	1.51	1.87
254		3.60	1.44	0.96	0.08	1.5615	165.36	1.32	1.63	1.78
255		3.60	1.98	0.96	0.20	1.5841	184.80	1.30	1.61	1.88
256		3.60	2.16	0.84	0.24	1.5856	180.48	1.34	1.61	1.86
257		3.60	1.80	1.20	0.16	1.5927	199.92	1.30	1.57	1.96
258		3.60	1.62	1.08	0.14	1.5942	185.88	1.30	1.62	1.91
259		3.60	1.26	0.72	0.08	1.5943	143.76	1.32	1.79	1.72
260		3.60	1.80	0.96	0.18	1.6072	181.56	1.30	1.67	1.89
261		2.80	0.42	0.72	0.24	1.6406	139.92	1.67	1.36	1.94
262		4.00	2.40	1.08	0.18	1.6459	210.00	1.33	1.74	1.91
263		4.00	2.00	1.20	0.08	1.6602	202.00	1.32	1.84	1.87
264		4.40	2.64	1.20	0.08	1.6767	217.36	1.30	1.93	1.85
265		4.00	2.40	0.84	0.20	1.6797	190.00	1.32	1.92	1.85
266	38	2.80	0.98	0.48	0.18	1.48	117.24	1.37	1.30	1.82
267		2.80	1.12	0.48	0.20	1.48	119.20	1.35	1.32	1.83
268		2.80	0.42	0.48	0.08	1.48	107.44	1.42	1.30	1.77
269		3.20	1.44	0.96	0.08	1.4912	153.04	1.32	1.35	1.85
270		2.80	0.42	0.48	0.10	1.4967	109.40	1.41	1.32	1.81
271		2.80	1.26	0.60	0.22	1.4967	129.56	1.36	1.31	1.87
272		2.80	1.12	0.60	0.20	1.5013	127.60	1.38	1.31	1.86
273		2.80	1.40	0.48	0.26	1.5026	125.08	1.34	1.34	1.88
274		3.20	1.44	1.08	0.08	1.5042	162.64	1.36	1.30	1.89
275		3.20	1.44	0.96	0.10	1.5054	155.60	1.31	1.36	1.89
276		3.60	2.16	1.20	0.08	1.5056	186.96	1.31	1.37	1.89
277		3.20	1.92	0.72	0.22	1.5120	151.76	1.33	1.38	1.87
278		2.80	0.56	0.48	0.14	1.5151	113.32	1.45	1.31	1.84
279		2.80	0.70	0.48	0.16	1.5165	115.28	1.46	1.31	1.83
280		2.80	0.42	0.60	0.10	1.5165	117.80	1.44	1.31	1.85
281		3.20	1.28	0.72	0.08	1.5195	133.84	1.33	1.49	1.78
282		3.20	1.60	1.08	0.14	1.5196	170.32	1.31	1.31	1.98
283		2.80	0.42	0.48	0.12	1.5197	111.36	1.42	1.34	1.84

No	Ø(°)	X1 (m)	X2 (m)	X3 (m)	m(%)	fmin	Wduvar	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
284	38	3.20	1.76	0.96	0.18	1.5206	165.84	1.33	1.33	1.95
285		3.20	1.92	0.48	0.24	1.5217	135.12	1.31	1.47	1.82
286		2.80	1.40	0.60	0.26	1.5223	133.48	1.37	1.32	1.92
287		2.80	0.98	0.48	0.20	1.5242	119.20	1.44	1.34	1.84
288		2.80	1.12	0.48	0.22	1.5244	121.16	1.42	1.35	1.85
289		3.20	1.44	0.96	0.12	1.5288	158.16	1.32	1.38	1.93
290		3.20	1.12	0.48	0.08	1.5322	114.64	1.34	1.58	1.73
291		3.20	1.92	0.60	0.24	1.5404	144.72	1.35	1.46	1.86
292		3.20	1.60	0.96	0.16	1.5423	163.28	1.33	1.38	1.96
293		3.20	1.76	0.72	0.20	1.5425	149.20	1.31	1.48	1.89
294		3.60	2.16	1.20	0.12	1.5439	193.44	1.31	1.40	1.97
295		2.80	1.12	0.60	0.22	1.5445	129.56	1.45	1.34	1.89
296		2.80	0.42	0.48	0.14	1.5510	113.32	1.46	1.36	1.87
297		3.20	1.76	0.48	0.22	1.5555	132.56	1.30	1.58	1.84
298		2.80	1.26	0.48	0.26	1.5569	125.08	1.43	1.39	1.90
299		3.60	2.16	1.08	0.14	1.5571	185.88	1.32	1.45	1.95
300		3.60	1.98	1.08	0.08	1.5617	176.16	1.33	1.51	1.89
301		3.20	1.60	0.72	0.18	1.5639	146.64	1.31	1.53	1.89
302		3.60	1.98	1.20	0.08	1.5791	186.96	1.36	1.50	1.93
303		3.60	1.80	0.84	0.08	1.6118	154.56	1.32	1.73	1.83
304		4.00	2.40	0.84	0.08	1.6438	166.00	1.31	1.86	1.81
305	40	2.80	1.12	0.48	0.10	1.48	109.40	1.33	1.31	1.84
306		3.20	1.92	0.84	0.12	1.4993	148.56	1.31	1.31	1.93
307		2.80	1.12	0.48	0.12	1.4996	111.36	1.34	1.33	1.87
308		2.80	1.26	0.60	0.14	1.5032	121.72	1.33	1.31	1.92
309		2.80	0.98	0.48	0.08	1.5054	107.44	1.44	1.31	1.81
310		2.80	1.40	0.48	0.18	1.5061	117.24	1.33	1.33	1.90
311		2.80	0.98	0.48	0.10	1.5188	109.40	1.42	1.33	1.85
312		2.80	1.12	0.60	0.12	1.5193	119.76	1.38	1.32	1.91
313		2.80	1.26	0.48	0.16	1.5195	115.28	1.35	1.35	1.90
314		3.20	1.76	0.72	0.08	1.5227	133.84	1.31	1.45	1.85
315		2.80	1.54	0.48	0.22	1.5296	121.16	1.40	1.31	1.92
316		3.20	1.76	0.84	0.08	1.5325	143.44	1.36	1.39	1.89
317		2.80	1.26	0.60	0.16	1.5394	123.68	1.38	1.34	1.94
318		2.80	1.26	0.60	0.16	1.5394	123.68	1.38	1.34	1.94
319		3.20	1.92	0.60	0.16	1.5418	134.48	1.31	1.46	1.90
320		3.20	1.76	0.96	0.08	1.5436	153.04	1.40	1.34	1.94
321		2.80	0.84	0.48	0.08	1.5459	107.44	1.53	1.33	1.83
322		3.20	1.76	0.84	0.10	1.5472	146.00	1.34	1.41	1.94
323		3.20	1.60	0.48	0.08	1.5572	114.64	1.31	1.61	1.81
324		3.20	1.92	0.48	0.18	1.5635	127.44	1.35	1.50	1.89
325		2.80	1.54	0.48	0.24	1.5719	123.12	1.46	1.35	1.95
326		3.60	2.16	0.48	0.08	1.6051	122.16	1.31	1.77	1.79
327	42	2.80	1.54	0.48	0.12	1.52	111.36	1.34	1.32	1.95
328		2.80	1.54	0.60	0.12	1.5429	119.76	1.38	1.30	1.99
329		2.80	1.40	0.48	0.08	1.5468	107.44	1.42	1.36	1.91
330		2.80	1.26	0.48	0.08	1.6033	107.44	1.51	1.42	1.93
331		2.80	1.68	0.48	0.20	1.6054	119.20	1.54	1.31	2.01
332		3.20	1.92	0.48	0.08	1.6059	114.64	1.44	1.54	1.89
333		2.40	0.48	0.48	0.22	1.8956	110.64	2.25	1.30	2.19

Ek-5 Eğik taban yüzölü konsol dayanma duvarı yapay arı kolonisi algoritması ile optimizasyon analiz sonuçları

Çizelge 5.1. H=4m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	3.60	0.72	0.60	0.24	2.5226	121.88	1.31	4.95	1.38
2		3.60	0.90	0.60	0.26	2.5272	125.12	1.31	4.97	1.38
3	22	3.00	0.45	0.60	0.26	2.18	103.25	1.31	3.82	1.48
4		3.20	0.64	0.54	0.24	2.2692	102.92	1.30	4.15	1.42
5		3.20	0.64	0.60	0.24	2.2733	107.72	1.33	4.11	1.45
6		3.20	0.80	0.60	0.26	2.28	110.28	1.32	4.12	1.46
7		3.20	0.64	0.54	0.26	2.33	105.48	1.34	4.26	1.45
8		3.20	0.48	0.54	0.24	2.34	102.92	1.32	4.32	1.45
9		3.20	0.64	0.48	0.26	2.3493	100.68	1.31	4.40	1.42
10		3.40	0.85	0.60	0.22	2.3804	111.79	1.31	4.46	1.44
11		3.40	1.02	0.60	0.24	2.3975	114.68	1.30	4.52	1.45
12		2.60	0.52	0.60	0.26	1.8991	89.97	1.31	2.92	1.52
13	24	2.60	0.39	0.60	0.26	1.9541	89.97	1.32	3.04	1.55
14		2.80	0.70	0.60	0.24	1.9996	94.52	1.30	3.25	1.51
15		2.80	0.56	0.54	0.24	2.0401	90.32	1.32	3.37	1.49
16		2.80	0.70	0.54	0.26	2.0437	92.28	1.32	3.37	1.50
17		2.80	0.56	0.60	0.24	2.0478	94.52	1.35	3.33	1.53
18		2.80	0.42	0.60	0.22	2.0518	92.56	1.31	3.38	1.53
19		2.80	0.42	0.54	0.24	2.1009	90.32	1.34	3.50	1.52
20		2.80	0.42	0.48	0.24	2.1137	86.12	1.30	3.61	1.49
21		3.00	0.60	0.60	0.20	2.1377	96.50	1.30	3.66	1.52
22		3.00	0.75	0.60	0.22	2.1462	98.75	1.33	3.66	1.52
23		3.00	0.90	0.60	0.24	2.1601	101.00	1.32	3.71	1.53
24		3.00	0.60	0.54	0.22	2.1915	94.25	1.35	3.79	1.51
25		3.00	0.75	0.54	0.24	2.1990	96.50	1.36	3.80	1.51
26		3.00	0.60	0.48	0.22	2.2074	89.75	1.31	3.91	1.47
27		3.00	0.90	0.54	0.26	2.2099	98.75	1.33	3.84	1.52
28	26	2.20	0.44	0.60	0.26	1.68	77.73	1.31	2.20	1.59
29		2.20	0.33	0.60	0.26	1.7291	77.73	1.32	2.29	1.63
30		2.40	0.48	0.60	0.22	1.7782	80.84	1.30	2.51	1.57
31		2.40	0.60	0.60	0.24	1.7847	82.28	1.31	2.52	1.58
32		2.40	0.48	0.54	0.24	1.8165	78.68	1.33	2.61	1.56
33		2.40	0.60	0.54	0.26	1.8197	80.12	1.33	2.61	1.57
34		2.40	0.36	0.60	0.22	1.8280	80.84	1.32	2.62	1.61
35		2.40	0.48	0.54	0.26	1.8634	80.12	1.38	2.67	1.60
36		2.40	0.48	0.48	0.26	1.8667	76.52	1.34	2.76	1.56
37		2.40	0.36	0.54	0.24	1.8676	78.68	1.35	2.71	1.60
38		2.40	0.36	0.48	0.24	1.8715	75.08	1.31	2.80	1.56
39		2.60	0.65	0.54	0.22	1.9160	82.69	1.32	2.94	1.55
40		2.60	0.52	0.60	0.20	1.9175	84.90	1.32	2.90	1.59
41		2.60	0.78	0.54	0.24	1.9272	84.38	1.31	2.97	1.56
42		2.60	0.39	0.54	0.20	1.9632	81.00	1.31	3.05	1.58
43	28	2.60	0.65	0.48	0.24	1.9760	80.48	1.34	3.11	1.54
44		2.00	0.50	0.60	0.24	1.57	71.00	1.30	1.82	1.64
45		2.00	0.40	0.54	0.24	1.5961	68.00	1.32	1.89	1.63
46		2.00	0.50	0.54	0.26	1.5990	69.00	1.32	1.89	1.64
47		2.00	0.30	0.60	0.22	1.6074	70.00	1.31	1.90	1.67
48		2.00	0.40	0.60	0.24	1.6102	71.00	1.35	1.87	1.66
49		2.00	0.50	0.60	0.26	1.6130	72.00	1.34	1.87	1.67
50		2.00	0.40	0.48	0.26	1.6324	66.00	1.33	2.00	1.62

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
51	28	2.00	0.30	0.48	0.24	1.6337	65.00	1.30	2.03	1.62
52		2.20	0.55	0.54	0.22	1.6959	72.01	1.32	2.20	1.62
53		2.20	0.44	0.60	0.20	1.7009	74.10	1.32	2.18	1.65
54		2.20	0.66	0.54	0.24	1.7043	73.22	1.31	2.23	1.62
55		2.20	0.55	0.60	0.22	1.7087	75.31	1.35	2.18	1.65
56		2.20	0.66	0.60	0.24	1.7170	76.52	1.34	2.21	1.66
57		2.20	0.33	0.54	0.20	1.7341	70.80	1.32	2.29	1.65
58		2.20	0.44	0.48	0.22	1.7352	68.71	1.33	2.33	1.60
59		2.20	0.55	0.48	0.24	1.7417	69.92	1.34	2.33	1.61
60		2.20	0.66	0.48	0.26	1.7472	71.13	1.31	2.36	1.62
61	30	1.60	0.24	0.54	0.26	1.46	58.92	1.33	1.34	1.74
62		1.60	0.24	0.60	0.26	1.4738	61.32	1.36	1.32	1.78
63		1.80	0.45	0.60	0.22	1.4985	64.91	1.32	1.51	1.71
64		1.80	0.54	0.60	0.24	1.5043	65.72	1.31	1.53	1.71
65		1.80	0.36	0.48	0.22	1.5097	59.51	1.30	1.62	1.65
66		1.80	0.45	0.48	0.24	1.5156	60.32	1.32	1.62	1.66
67		1.80	0.36	0.54	0.22	1.5183	62.21	1.34	1.57	1.69
68		1.80	0.45	0.54	0.24	1.5244	63.02	1.35	1.57	1.70
69		1.80	0.54	0.54	0.26	1.5270	63.83	1.33	1.59	1.71
70		1.80	0.27	0.60	0.20	1.5284	64.10	1.32	1.57	1.74
71		1.80	0.36	0.42	0.24	1.5475	57.62	1.32	1.73	1.64
72		1.80	0.45	0.42	0.26	1.5503	58.43	1.31	1.73	1.65
73		1.80	0.36	0.36	0.26	1.5842	55.73	1.31	1.85	1.64
74		2.00	0.40	0.54	0.18	1.6090	65.00	1.31	1.87	1.69
75		2.00	0.50	0.48	0.20	1.6107	63.00	1.30	1.93	1.65
76		2.00	0.60	0.48	0.22	1.6194	64.00	1.30	1.95	1.65
77	32	1.60	0.32	0.48	0.20	1.43	54.60	1.31	1.31	1.72
78		1.60	0.40	0.48	0.22	1.4374	55.24	1.33	1.31	1.71
79		1.60	0.48	0.48	0.24	1.4424	55.88	1.32	1.33	1.72
80		1.60	0.56	0.54	0.26	1.4540	58.92	1.31	1.31	1.78
81		1.60	0.32	0.42	0.22	1.4624	52.84	1.33	1.40	1.70
82		1.60	0.24	0.48	0.20	1.4647	54.60	1.32	1.36	1.75
83		1.60	0.40	0.42	0.24	1.4683	53.48	1.34	1.40	1.70
84		1.60	0.48	0.42	0.26	1.4703	54.12	1.32	1.42	1.72
85		1.60	0.32	0.30	0.24	1.4844	48.68	1.30	1.54	1.65
86		1.60	0.24	0.36	0.22	1.4905	50.44	1.30	1.52	1.70
87		1.60	0.40	0.36	0.26	1.4976	51.72	1.34	1.50	1.70
88		1.60	0.32	0.24	0.26	1.5053	46.92	1.31	1.60	1.65
89		1.80	0.36	0.60	0.14	1.5135	61.67	1.30	1.51	1.78
90		1.80	0.45	0.48	0.18	1.5295	57.89	1.31	1.61	1.72
91	34	1.40	0.21	0.24	0.24	1.45	43.28	1.35	1.31	1.73
92		1.60	0.32	0.48	0.14	1.4542	52.68	1.31	1.31	1.78
93		1.60	0.40	0.48	0.16	1.4553	53.32	1.32	1.31	1.78
94		1.60	0.48	0.48	0.18	1.4594	53.96	1.32	1.32	1.78
95		1.60	0.56	0.48	0.20	1.4634	54.60	1.31	1.34	1.79
96		1.40	0.21	0.30	0.24	1.4690	45.38	1.39	1.30	1.77
97	34	1.60	0.40	0.36	0.18	1.4763	49.16	1.30	1.45	1.72
98		1.60	0.64	0.54	0.22	1.4765	57.64	1.32	1.31	1.84
99		1.60	0.32	0.42	0.16	1.4800	50.92	1.33	1.40	1.76
100		1.60	0.48	0.36	0.20	1.4828	49.80	1.30	1.47	1.72
101		1.60	0.40	0.42	0.18	1.4849	51.56	1.35	1.39	1.76
102		1.60	0.72	0.60	0.24	1.4886	60.68	1.32	1.30	1.89
103		1.60	0.24	0.48	0.14	1.4892	52.68	1.33	1.37	1.82
104		1.60	0.64	0.42	0.24	1.4958	53.48	1.30	1.45	1.78
105		1.60	0.32	0.30	0.18	1.5002	46.76	1.31	1.53	1.71
106	36	1.60	0.48	0.42	0.08	1.45	48.36	1.33	1.35	1.73
107		1.60	0.48	0.42	0.10	1.4671	49.00	1.31	1.37	1.76

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
108	36	1.60	0.40	0.30	0.08	1.4685	43.56	1.31	1.47	1.67
109		1.40	0.21	0.24	0.18	1.4713	41.81	1.36	1.31	1.78
110		1.60	0.48	0.48	0.10	1.4770	51.40	1.35	1.32	1.81
111		1.60	0.32	0.24	0.08	1.4859	41.16	1.32	1.52	1.66
112		1.40	0.49	0.24	0.26	1.4900	43.77	1.39	1.33	1.80
113		1.60	0.88	0.48	0.24	1.4907	55.88	1.31	1.32	1.89
114		1.40	0.42	0.24	0.24	1.4911	43.28	1.43	1.31	1.78
115		1.60	0.56	0.48	0.14	1.4923	52.68	1.33	1.35	1.85
116		1.60	0.72	0.54	0.18	1.4932	56.36	1.30	1.31	1.91
117		1.60	0.64	0.54	0.16	1.4998	55.72	1.37	1.32	1.90
118		1.60	0.40	0.24	0.14	1.5177	43.08	1.37	1.56	1.73
119	38	1.40	0.63	0.24	0.22	1.48	42.79	1.32	1.32	1.83
120		1.40	0.49	0.24	0.18	1.4816	41.81	1.37	1.30	1.82
121		1.40	0.56	0.24	0.20	1.4818	42.30	1.35	1.32	1.83
122		1.40	0.21	0.24	0.08	1.4834	39.36	1.42	1.30	1.77
123		1.60	0.72	0.48	0.08	1.4912	50.76	1.32	1.35	1.85
124		1.40	0.70	0.24	0.26	1.5003	43.77	1.34	1.34	1.88
125		1.60	0.72	0.54	0.08	1.5042	53.16	1.36	1.30	1.89
126		1.80	1.08	0.60	0.08	1.5056	59.24	1.31	1.37	1.89
127		1.60	0.96	0.36	0.22	1.5120	50.44	1.33	1.38	1.87
128		1.40	0.28	0.24	0.14	1.5151	40.83	1.45	1.31	1.84
129		1.40	0.35	0.24	0.16	1.5165	41.32	1.46	1.31	1.83
130		1.60	0.64	0.36	0.08	1.5195	45.96	1.33	1.49	1.78
131		1.60	0.80	0.54	0.14	1.5196	55.08	1.31	1.31	1.98
132		1.60	0.88	0.48	0.18	1.5206	53.96	1.33	1.33	1.95
133		1.60	0.96	0.24	0.24	1.5217	46.28	1.31	1.47	1.82
134	40	1.40	0.56	0.24	0.10	1.48	39.85	1.33	1.31	1.84
135		1.60	0.96	0.42	0.12	1.4993	49.64	1.31	1.31	1.93
136		1.40	0.56	0.24	0.12	1.4996	40.34	1.34	1.33	1.87
137		1.40	0.63	0.30	0.14	1.5032	42.93	1.33	1.31	1.92
138		1.40	0.49	0.24	0.08	1.5054	39.36	1.44	1.31	1.81
139		1.40	0.70	0.24	0.18	1.5061	41.81	1.33	1.33	1.90
140		1.40	0.63	0.24	0.16	1.5195	41.32	1.35	1.35	1.90
141		1.60	0.88	0.36	0.08	1.5227	45.96	1.31	1.45	1.85
142		1.40	0.77	0.24	0.22	1.5296	42.79	1.40	1.31	1.92
143		1.60	0.96	0.30	0.16	1.5418	46.12	1.31	1.46	1.90
144	42	1.40	0.77	0.24	0.12	1.52	40.34	1.34	1.32	1.95
145		1.40	0.70	0.24	0.08	1.5468	39.36	1.42	1.36	1.91
146		1.40	0.63	0.24	0.08	1.6033	39.36	1.51	1.42	1.93
147		1.40	0.84	0.24	0.20	1.6054	42.30	1.54	1.31	2.01
148		1.60	0.96	0.24	0.08	1.6059	41.16	1.44	1.54	1.89

Çizelge 5.2. H=5m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	4.50	0.90	0.75	0.24	2.5226	182.63	1.31	4.95	1.38
2		4.50	1.13	0.75	0.26	2.5272	187.69	1.31	4.97	1.38
3	22	3.75	0.56	0.75	0.26	2.18	153.52	1.31	3.82	1.48
4		4.00	0.80	0.68	0.24	2.2692	153.00	1.30	4.15	1.42
5		4.00	0.80	0.75	0.24	2.2733	160.50	1.33	4.11	1.45
6		4.00	1.00	0.75	0.26	2.28	164.50	1.32	4.12	1.46
7		4.00	0.80	0.68	0.26	2.33	157.00	1.34	4.26	1.45
8		4.00	0.60	0.68	0.24	2.34	153.00	1.32	4.32	1.45
9		4.25	1.06	0.75	0.22	2.3804	166.86	1.31	4.46	1.44
10	24	3.25	0.65	0.75	0.26	1.8991	132.77	1.31	2.92	1.52
11		3.25	0.49	0.75	0.26	1.9541	132.77	1.32	3.04	1.55

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
12	24	3.50	0.88	0.75	0.24	1.9996	139.88	1.30	3.25	1.51
13		3.50	0.70	0.68	0.24	2.0401	133.31	1.32	3.37	1.49
14		3.50	0.88	0.68	0.26	2.0437	136.38	1.32	3.37	1.50
15		3.50	0.70	0.75	0.24	2.0478	139.88	1.35	3.33	1.53
16		3.50	0.88	0.75	0.26	2.0514	142.94	1.34	3.34	1.54
17		3.50	0.53	0.75	0.22	2.0518	136.81	1.31	3.38	1.53
18		3.50	0.70	0.68	0.26	2.0930	136.38	1.36	3.45	1.52
19		3.50	0.53	0.68	0.24	2.1009	133.31	1.34	3.50	1.52
20		3.50	0.53	0.75	0.24	2.1084	139.88	1.37	3.46	1.56
21		3.75	0.75	0.75	0.20	2.1377	142.97	1.30	3.66	1.52
22		3.75	0.94	0.75	0.22	2.1462	146.48	1.33	3.66	1.52
23		3.75	1.13	0.75	0.24	2.1601	150.00	1.32	3.71	1.53
24		3.75	0.75	0.68	0.22	2.1915	139.45	1.35	3.79	1.51
25		3.50	0.53	0.53	0.26	2.1938	123.25	1.30	3.86	1.49
26		3.75	0.94	0.68	0.24	2.1990	142.97	1.36	3.80	1.51
27		4.00	1.00	0.75	0.20	2.2986	152.50	1.34	4.09	1.53
28	26	2.75	0.55	0.75	0.26	1.68	113.64	1.31	2.20	1.59
29		2.75	0.41	0.75	0.26	1.7291	113.64	1.32	2.29	1.63
30		3.00	0.60	0.75	0.22	1.7782	118.50	1.30	2.51	1.57
31		3.00	0.75	0.75	0.24	1.7847	120.75	1.31	2.52	1.58
32		3.00	0.60	0.68	0.24	1.8165	115.13	1.33	2.61	1.56
33		3.00	0.75	0.68	0.26	1.8197	117.38	1.33	2.61	1.57
34		3.00	0.60	0.75	0.22	1.8280	118.50	1.30	2.51	1.57
35		3.00	0.60	0.68	0.26	1.8634	117.38	1.38	2.67	1.60
36		3.00	0.60	0.60	0.26	1.8667	111.75	1.34	2.76	1.56
37		3.00	0.45	0.68	0.24	1.8676	115.13	1.35	2.71	1.60
38		3.00	0.45	0.60	0.24	1.8715	109.50	1.31	2.80	1.56
39		3.25	0.81	0.68	0.22	1.9160	121.39	1.32	2.94	1.55
40		3.25	0.65	0.75	0.20	1.9175	124.84	1.32	2.90	1.59
41		3.25	0.98	0.68	0.24	1.9272	124.03	1.31	2.97	1.56
42		3.25	0.65	0.68	0.22	1.9620	121.39	1.36	3.01	1.58
43		3.25	0.49	0.68	0.20	1.9632	118.75	1.31	3.05	1.58
44		3.25	0.81	0.60	0.24	1.9760	117.94	1.34	3.11	1.54
45	28	2.50	0.63	0.75	0.24	1.57	103.13	1.30	1.82	1.64
46		2.50	0.50	0.68	0.24	1.5961	98.44	1.32	1.89	1.63
47		2.50	0.63	0.68	0.26	1.5990	100.00	1.32	1.89	1.64
48		2.50	0.38	0.75	0.22	1.6074	101.56	1.31	1.90	1.67
49		2.50	0.50	0.75	0.24	1.6102	103.13	1.35	1.87	1.66
50		2.50	0.50	0.60	0.26	1.6324	95.31	1.33	2.00	1.62
51		2.50	0.38	0.60	0.24	1.6337	93.75	1.30	2.03	1.62
52		2.50	0.50	0.68	0.26	1.6372	100.00	1.36	1.94	1.66
53		2.50	0.38	0.60	0.26	1.6757	95.31	1.34	2.08	1.65
54		2.75	0.69	0.68	0.22	1.6959	104.70	1.32	2.20	1.62
55		2.75	0.55	0.75	0.20	1.7009	107.97	1.32	2.18	1.65
56		2.75	0.83	0.68	0.24	1.7043	106.59	1.31	2.23	1.62
57		2.75	0.41	0.68	0.20	1.7341	102.81	1.32	2.29	1.65
58		2.75	0.55	0.60	0.22	1.7352	99.55	1.33	2.33	1.60
59		2.75	0.55	0.68	0.22	1.7365	104.70	1.37	2.26	1.64
60		2.75	0.69	0.60	0.24	1.7417	101.44	1.34	2.33	1.61
61		2.75	0.83	0.60	0.26	1.7472	103.33	1.31	2.36	1.62
62		2.75	0.41	0.60	0.22	1.7828	99.55	1.35	2.42	1.63
63		3.00	0.75	0.68	0.20	1.8357	110.63	1.35	2.58	1.63
64	30	2.00	0.30	0.68	0.26	1.46	84.25	1.33	1.34	1.74
65		2.00	0.30	0.75	0.26	1.4738	88.00	1.36	1.32	1.78
66		2.25	0.56	0.75	0.22	1.4985	93.61	1.32	1.51	1.71
67		2.25	0.68	0.75	0.24	1.5043	94.88	1.31	1.53	1.71

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
68	30	2.25	0.45	0.60	0.22	1.5097	85.17	1.30	1.62	1.65
69		2.25	0.56	0.60	0.24	1.5156	86.44	1.32	1.62	1.66
70		2.25	0.45	0.68	0.22	1.5183	89.39	1.34	1.57	1.69
71		2.25	0.68	0.68	0.26	1.5270	91.92	1.33	1.59	1.71
72		2.25	0.34	0.75	0.20	1.5284	92.34	1.32	1.57	1.74
73		2.25	0.56	0.75	0.24	1.5403	94.88	1.38	1.55	1.73
74		2.25	0.45	0.53	0.24	1.5475	82.22	1.32	1.73	1.64
75		2.25	0.34	0.60	0.22	1.5479	85.17	1.32	1.68	1.69
76		2.25	0.56	0.53	0.26	1.5503	83.48	1.31	1.73	1.65
77		2.25	0.45	0.45	0.26	1.5842	79.27	1.31	1.85	1.64
78		2.25	0.34	0.53	0.24	1.5872	82.22	1.33	1.80	1.68
79		2.50	0.50	0.68	0.18	1.6090	93.75	1.31	1.87	1.69
80		2.50	0.63	0.60	0.20	1.6107	90.63	1.30	1.93	1.65
81	32	2.00	0.40	0.60	0.20	1.43	77.50	1.31	1.31	1.72
82		2.00	0.50	0.60	0.22	1.4374	78.50	1.33	1.31	1.71
83		2.00	0.60	0.60	0.24	1.4437	79.50	1.32	1.33	1.72
84		2.00	0.70	0.68	0.26	1.4540	84.25	1.31	1.31	1.78
85		2.00	0.40	0.53	0.22	1.4624	74.75	1.33	1.40	1.70
86		2.00	0.30	0.60	0.20	1.4647	77.50	1.32	1.36	1.75
87		2.00	0.50	0.53	0.24	1.4683	75.75	1.34	1.40	1.70
88		2.00	0.60	0.53	0.26	1.4703	76.75	1.32	1.42	1.72
89		2.00	0.40	0.68	0.22	1.4843	82.25	1.41	1.30	1.78
90		2.00	0.40	0.38	0.24	1.4844	68.25	1.30	1.54	1.65
91		2.00	0.30	0.45	0.22	1.4905	71.00	1.30	1.52	1.70
92		2.00	0.40	0.30	0.26	1.5053	65.50	1.31	1.60	1.65
93	34	1.75	0.26	0.30	0.24	1.45	59.81	1.35	1.31	1.73
94		2.00	0.40	0.60	0.14	1.4542	74.50	1.31	1.31	1.78
95		2.00	0.50	0.60	0.16	1.4553	75.50	1.32	1.31	1.78
96		2.00	0.60	0.60	0.18	1.4594	76.50	1.32	1.32	1.78
97		2.00	0.70	0.60	0.20	1.4634	77.50	1.31	1.34	1.79
98		2.00	0.50	0.45	0.18	1.4763	69.00	1.30	1.45	1.72
99		2.00	0.80	0.68	0.22	1.4765	82.25	1.32	1.31	1.84
100		2.00	0.40	0.53	0.16	1.4800	71.75	1.33	1.40	1.76
101		2.00	0.60	0.45	0.20	1.4828	70.00	1.30	1.47	1.72
102		2.00	0.90	0.75	0.24	1.4886	87.00	1.32	1.30	1.89
103		2.00	0.80	0.53	0.24	1.4958	75.75	1.30	1.45	1.78
104		2.00	0.70	0.53	0.22	1.4960	74.75	1.33	1.43	1.77
105	36	2.00	0.40	0.38	0.18	1.5002	65.25	1.31	1.53	1.71
106		2.00	0.60	0.53	0.08	1.45	67.75	1.33	1.35	1.73
107		2.00	0.60	0.53	0.10	1.4671	68.75	1.31	1.37	1.76
108		2.00	0.50	0.38	0.08	1.4685	60.25	1.31	1.47	1.67
109		1.75	0.26	0.30	0.18	1.4713	57.52	1.36	1.31	1.78
110		2.00	0.60	0.60	0.10	1.4770	72.50	1.35	1.32	1.81
111		2.00	0.50	0.45	0.08	1.4799	64.00	1.35	1.43	1.71
112		2.00	0.40	0.30	0.08	1.4859	56.50	1.32	1.52	1.66
113		1.75	0.61	0.30	0.26	1.4900	60.58	1.39	1.33	1.80
114		2.00	1.10	0.60	0.24	1.4907	79.50	1.31	1.32	1.89
115		1.75	0.53	0.30	0.24	1.4911	59.81	1.43	1.31	1.78
116		2.00	0.70	0.60	0.14	1.4923	74.50	1.33	1.35	1.85
117	38	2.00	0.90	0.68	0.18	1.4932	80.25	1.30	1.31	1.91
118		2.00	0.80	0.68	0.16	1.4998	79.25	1.37	1.32	1.90
119		2.00	1.00	0.60	0.22	1.5110	78.50	1.37	1.37	1.89
120		1.75	0.79	0.30	0.22	1.48	59.05	1.32	1.32	1.83
121		1.75	0.61	0.30	0.18	1.4816	57.52	1.37	1.30	1.82
122		1.75	0.70	0.30	0.20	1.4818	58.28	1.35	1.32	1.83
123		1.75	0.26	0.30	0.08	1.4836	53.69	1.42	1.30	1.77
124		2.00	0.90	0.60	0.08	1.4912	71.50	1.32	1.35	1.85

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
125	40	1.75	0.70	0.38	0.20	1.5013	61.56	1.38	1.31	1.86
126		1.75	0.88	0.30	0.26	1.5026	60.58	1.34	1.34	1.88
127		2.25	1.35	0.75	0.08	1.5056	84.75	1.31	1.37	1.89
128		2.00	1.20	0.45	0.22	1.5120	71.00	1.33	1.38	1.87
129		1.75	0.35	0.30	0.14	1.5151	55.98	1.45	1.31	1.84
130		1.75	0.44	0.30	0.16	1.5165	56.75	1.46	1.31	1.83
131		2.00	0.80	0.45	0.08	1.5195	64.00	1.33	1.49	1.78
132		2.00	1.00	0.68	0.14	1.5196	78.25	1.31	1.31	1.98
133		2.00	1.10	0.60	0.18	1.5206	76.50	1.33	1.33	1.95
134		2.00	0.70	0.30	0.08	1.5322	56.50	1.34	1.58	1.73
135	40	1.75	0.70	0.30	0.10	1.48	54.45	1.33	1.31	1.84
136		2.00	1.20	0.53	0.12	1.4993	69.75	1.31	1.31	1.93
137		1.75	0.70	0.30	0.12	1.4996	55.22	1.34	1.33	1.87
138		1.75	0.79	0.38	0.14	1.5032	59.27	1.33	1.31	1.92
139		1.75	0.61	0.30	0.08	1.5054	53.69	1.44	1.31	1.81
140		1.75	0.88	0.30	0.18	1.5061	57.52	1.33	1.33	1.90
141		1.75	0.79	0.30	0.16	1.5195	56.75	1.35	1.35	1.90
142		2.00	1.10	0.45	0.08	1.5227	64.00	1.31	1.45	1.85
143		1.75	0.96	0.30	0.22	1.5296	59.05	1.40	1.31	1.92
144		2.00	1.20	0.38	0.16	1.5418	64.25	1.31	1.46	1.90
145	42	1.75	0.96	0.30	0.12	1.52	55.22	1.34	1.32	1.95
146		1.75	0.96	0.38	0.12	1.5429	58.50	1.38	1.30	1.99
147		1.75	0.88	0.30	0.08	1.5468	53.69	1.42	1.36	1.91
148		1.75	0.96	0.30	0.14	1.5536	55.98	1.38	1.34	1.98
149		1.75	0.96	0.38	0.14	1.5743	59.27	1.42	1.33	2.02
150		1.75	0.88	0.30	0.12	1.5853	55.22	1.42	1.40	1.99
151		1.75	0.79	0.30	0.08	1.6033	53.69	1.51	1.42	1.93
152		1.75	1.05	0.30	0.20	1.6054	58.28	1.54	1.31	2.01
153		2.00	1.20	0.30	0.08	1.6059	56.50	1.44	1.54	1.89

Çizelge 5.3. H=6m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	5.40	1.08	0.90	0.24	2.5226	255.48	1.31	4.95	1.38
2		5.40	1.35	0.90	0.26	2.5272	262.77	1.31	4.97	1.38
3	22	4.50	0.68	0.90	0.26	2.18	213.56	1.31	3.82	1.48
4		4.80	0.96	0.81	0.24	2.2692	212.82	1.30	4.15	1.42
5		4.80	0.96	0.90	0.24	2.2733	223.62	1.33	4.11	1.45
6		4.80	1.20	0.90	0.26	2.28	229.38	1.32	4.12	1.46
7		4.80	0.96	0.81	0.26	2.33	218.58	1.34	4.26	1.45
8		4.80	0.72	0.81	0.24	2.34	212.82	1.32	4.32	1.45
9		4.80	0.96	0.72	0.26	2.35	207.78	1.31	4.40	1.42
10		5.10	1.28	0.90	0.22	2.3804	232.78	1.31	4.46	1.44
11		5.10	1.53	0.90	0.24	2.3975	239.28	1.30	4.52	1.45
12		3.90	0.78	0.90	0.26	1.8991	183.68	1.31	2.92	1.52
13	24	3.90	0.59	0.90	0.26	1.9541	183.68	1.32	3.04	1.55
14		4.20	1.05	0.90	0.24	1.9996	193.92	1.30	3.25	1.51
15		4.20	0.84	0.81	0.24	2.0401	184.47	1.32	3.37	1.49
16		4.20	1.05	0.81	0.26	2.0437	188.88	1.32	3.37	1.50
17		4.20	0.63	0.90	0.22	2.0518	189.51	1.31	3.38	1.53
18		4.20	0.84	0.81	0.26	2.0930	188.88	1.36	3.45	1.52
19		4.20	0.63	0.81	0.24	2.1009	184.47	1.34	3.50	1.52
20		4.20	0.63	0.72	0.24	2.1137	175.02	1.30	3.61	1.49
21		4.50	0.90	0.90	0.20	2.1377	198.38	1.30	3.66	1.52
22		4.50	1.13	0.90	0.22	2.1462	203.44	1.33	3.66	1.52
23		4.50	1.35	0.90	0.24	2.1601	208.50	1.32	3.71	1.53
24		4.50	0.90	0.81	0.22	2.1915	193.31	1.35	3.79	1.51

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
25	24	4.50	1.13	0.81	0.24	2.1990	198.38	1.36	3.80	1.51
26		4.50	1.35	0.81	0.26	2.2099	203.44	1.33	3.84	1.52
27		3.30	0.66	0.90	0.26	1.68	156.14	1.31	2.20	1.59
28	26	3.30	0.50	0.90	0.26	1.7291	156.14	1.32	2.29	1.63
29		3.60	0.72	0.90	0.22	1.7782	163.14	1.30	2.51	1.57
30		3.60	0.90	0.90	0.24	1.7847	166.38	1.31	2.52	1.58
31		3.60	0.72	0.81	0.24	1.8165	158.28	1.33	2.61	1.56
32		3.60	0.90	0.81	0.26	1.8197	161.52	1.33	2.61	1.57
33		3.60	0.54	0.90	0.22	1.8280	163.14	1.32	2.62	1.61
34		3.60	0.72	0.81	0.26	1.8634	161.52	1.38	2.67	1.60
35		3.60	0.72	0.72	0.26	1.8667	153.42	1.34	2.76	1.56
36		3.60	0.54	0.81	0.24	1.8676	158.28	1.35	2.71	1.60
37		3.60	0.54	0.72	0.24	1.8715	150.18	1.31	2.80	1.56
38		3.90	0.98	0.81	0.22	1.9160	167.30	1.32	2.94	1.55
39		3.90	0.78	0.90	0.20	1.9175	172.28	1.32	2.90	1.59
40		3.90	1.17	0.81	0.24	1.9272	171.11	1.31	2.97	1.56
41		3.90	0.78	0.81	0.22	1.9620	167.30	1.36	3.01	1.58
42		3.90	0.59	0.81	0.20	1.9632	163.50	1.31	3.05	1.58
43		4.20	0.84	0.81	0.18	2.0531	171.24	1.31	3.34	1.57
44	28	3.00	0.75	0.90	0.24	1.57	141.00	1.30	1.82	1.64
45		3.00	0.60	0.81	0.24	1.5961	134.25	1.32	1.89	1.63
46		3.00	0.75	0.81	0.26	1.5990	136.50	1.32	1.89	1.64
47		3.00	0.45	0.90	0.22	1.6074	138.75	1.31	1.90	1.67
48		3.00	0.60	0.90	0.24	1.6102	141.00	1.35	1.87	1.66
49		3.00	0.60	0.72	0.26	1.6324	129.75	1.33	2.00	1.62
50		3.00	0.45	0.72	0.24	1.6337	127.50	1.30	2.03	1.62
51		3.30	0.83	0.81	0.22	1.6959	143.27	1.32	2.20	1.62
52		3.30	0.66	0.90	0.20	1.7009	147.98	1.32	2.18	1.65
53		3.30	0.99	0.81	0.24	1.7043	146.00	1.31	2.23	1.62
54		3.30	0.99	0.90	0.24	1.7170	153.42	1.34	2.21	1.66
55		3.30	0.50	0.81	0.20	1.7341	140.55	1.32	2.29	1.65
56		3.30	0.66	0.72	0.22	1.7352	135.85	1.33	2.33	1.60
57		3.30	0.83	0.72	0.24	1.7417	138.57	1.34	2.33	1.61
58		3.30	0.99	0.72	0.26	1.7472	141.29	1.31	2.36	1.62
59	30	2.40	0.36	0.81	0.26	1.46	113.82	1.33	1.34	1.74
60		2.70	0.68	0.90	0.22	1.4985	127.30	1.32	1.51	1.71
61		2.70	0.81	0.90	0.24	1.5043	129.12	1.31	1.53	1.71
62		2.70	0.54	0.72	0.22	1.5097	115.15	1.30	1.62	1.65
63		2.70	0.68	0.72	0.24	1.5156	116.97	1.32	1.62	1.66
64		2.70	0.68	0.81	0.24	1.5244	123.05	1.35	1.57	1.70
65		2.70	0.81	0.81	0.26	1.5270	124.87	1.33	1.59	1.71
66		2.70	0.41	0.90	0.20	1.5284	125.48	1.32	1.57	1.74
67		2.70	0.81	0.90	0.26	1.5428	130.94	1.35	1.57	1.75
68		2.70	0.54	0.63	0.24	1.5475	110.90	1.32	1.73	1.64
69		2.70	0.68	0.63	0.26	1.5503	112.72	1.31	1.73	1.65
70		2.70	0.54	0.54	0.26	1.5842	106.64	1.31	1.85	1.64
71		3.00	0.60	0.81	0.18	1.6090	127.50	1.31	1.87	1.69
72		3.00	0.75	0.72	0.20	1.6107	123.00	1.30	1.93	1.65
73		3.00	0.90	0.72	0.22	1.6194	125.25	1.30	1.95	1.65
74	32	2.40	0.48	0.72	0.20	1.43	104.10	1.31	1.31	1.72
75		2.40	0.60	0.72	0.22	1.4374	105.54	1.33	1.31	1.71
76		2.40	0.72	0.72	0.24	1.4424	106.98	1.32	1.33	1.72
77		2.40	0.84	0.81	0.26	1.4540	113.82	1.31	1.31	1.78
78		2.40	0.48	0.63	0.22	1.4624	100.14	1.33	1.40	1.70
79		2.40	0.36	0.72	0.20	1.4647	104.10	1.32	1.36	1.75
80		2.40	0.60	0.63	0.24	1.4683	101.58	1.34	1.40	1.70
81		2.40	0.72	0.63	0.26	1.4703	103.02	1.32	1.42	1.72

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
82	32	2.40	0.48	0.45	0.24	1.4844	90.78	1.30	1.54	1.65
83		2.40	0.36	0.54	0.22	1.4905	94.74	1.30	1.52	1.70
84		2.70	1.08	0.81	0.24	1.5516	123.05	1.30	1.62	1.78
85	34	2.10	0.32	0.36	0.24	1.45	78.63	1.35	1.31	1.73
86		2.40	0.48	0.72	0.14	1.4542	99.78	1.31	1.31	1.78
87		2.40	0.60	0.72	0.16	1.4553	101.22	1.32	1.31	1.78
88		2.40	0.72	0.72	0.18	1.4594	102.66	1.32	1.32	1.78
89		2.40	0.84	0.72	0.20	1.4634	104.10	1.31	1.34	1.79
90		2.40	0.60	0.54	0.18	1.4763	91.86	1.30	1.45	1.72
91		2.40	0.96	0.81	0.22	1.4765	110.94	1.32	1.31	1.84
92		2.40	0.48	0.63	0.16	1.4800	95.82	1.33	1.40	1.76
93		2.40	0.72	0.54	0.20	1.4828	93.30	1.30	1.47	1.72
94		2.40	0.36	0.72	0.14	1.4892	99.78	1.33	1.37	1.82
95		2.40	0.84	0.63	0.22	1.4960	100.14	1.33	1.43	1.77
96		2.70	0.81	0.81	0.08	1.5018	108.47	1.32	1.50	1.73
97		2.40	0.60	0.45	0.20	1.5072	87.90	1.33	1.53	1.70
98		2.40	0.72	0.63	0.08	1.45	90.06	1.33	1.35	1.73
99		2.40	0.72	0.63	0.10	1.4671	91.50	1.31	1.37	1.76
100	36	2.40	0.60	0.45	0.08	1.4685	79.26	1.31	1.47	1.67
101		2.10	0.32	0.36	0.18	1.4713	75.32	1.36	1.31	1.78
102		2.40	0.72	0.72	0.10	1.4770	96.90	1.35	1.32	1.81
103		2.40	0.60	0.54	0.08	1.4799	84.66	1.35	1.43	1.71
104		2.40	0.48	0.36	0.08	1.4859	73.86	1.32	1.52	1.66
105		2.10	0.74	0.36	0.26	1.4900	79.73	1.39	1.33	1.80
106		2.40	1.32	0.72	0.24	1.4907	106.98	1.31	1.32	1.89
107		2.10	0.63	0.36	0.24	1.4911	78.63	1.43	1.31	1.78
108		2.40	0.84	0.72	0.14	1.4923	99.78	1.33	1.35	1.85
109		2.40	1.08	0.81	0.18	1.4932	108.06	1.30	1.31	1.91
110		2.40	0.96	0.81	0.16	1.4998	106.62	1.33	1.32	1.90
111		2.40	1.20	0.72	0.22	1.5110	105.54	1.37	1.37	1.89
112		2.10	0.95	0.36	0.22	1.48	77.53	1.32	1.32	1.83
113		2.10	0.74	0.36	0.18	1.4816	75.32	1.37	1.30	1.82
114		2.10	0.84	0.36	0.20	1.4818	76.43	1.35	1.32	1.83
115	38	2.10	0.32	0.36	0.08	1.4836	69.81	1.42	1.30	1.77
116		2.40	1.08	0.72	0.08	1.4912	95.46	1.32	1.35	1.85
117		2.10	0.84	0.45	0.20	1.5013	81.15	1.38	1.31	1.86
118		2.10	1.05	0.36	0.26	1.5026	79.73	1.34	1.34	1.88
119		2.40	1.08	0.81	0.08	1.5042	100.86	1.36	1.30	1.89
120		2.70	1.62	0.90	0.08	1.5056	114.54	1.31	1.37	1.89
121		2.40	1.44	0.54	0.22	1.5120	94.74	1.33	1.38	1.87
122		2.10	0.42	0.36	0.14	1.5151	73.12	1.45	1.31	1.84
123		2.10	0.53	0.36	0.16	1.5165	74.22	1.46	1.31	1.83
124		2.10	0.95	0.36	0.24	1.5182	78.63	1.38	1.36	1.86
125		2.40	1.08	0.81	0.10	1.5185	102.30	1.35	1.32	1.94
126		2.40	0.96	0.54	0.08	1.5195	84.66	1.33	1.49	1.78
127		2.40	1.20	0.81	0.14	1.5196	105.18	1.31	1.31	1.98
128		2.40	1.32	0.72	0.18	1.5206	102.66	1.33	1.33	1.95
129		2.40	1.44	0.36	0.24	1.5217	85.38	1.31	1.47	1.82
130	40	2.40	0.84	0.36	0.08	1.5322	73.86	1.34	1.58	1.73
131		2.10	0.84	0.36	0.10	1.48	70.91	1.33	1.31	1.84
132		2.40	1.44	0.63	0.12	1.50	92.94	1.31	1.31	1.93
133		2.10	0.84	0.36	0.12	1.4996	72.02	1.34	1.33	1.87
134		2.10	0.95	0.45	0.14	1.5032	77.84	1.33	1.31	1.92
135		2.10	0.74	0.36	0.08	1.5054	69.81	1.44	1.31	1.81
136		2.10	1.05	0.36	0.18	1.5061	75.32	1.33	1.33	1.90
137		2.10	0.95	0.36	0.16	1.5195	74.22	1.35	1.35	1.90
138		2.40	1.32	0.54	0.08	1.5227	84.66	1.31	1.45	1.85

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
139	40	2.10	1.16	0.36	0.22	1.5296	77.53	1.40	1.31	1.92
140		2.10	0.74	0.45	0.10	1.5391	75.64	1.46	1.32	1.89
141		2.40	1.44	0.45	0.16	1.5418	85.02	1.31	1.46	1.90
142		2.10	0.63	0.36	0.08	1.5459	69.81	1.53	1.33	1.83
143		2.40	1.32	0.45	0.14	1.5807	83.58	1.31	1.56	1.92
144	42	2.10	1.16	0.36	0.12	1.52	72.02	1.34	1.32	1.95
145		2.10	1.16	0.45	0.12	1.5429	76.74	1.38	1.30	1.99
146		2.10	1.05	0.36	0.08	1.5468	69.81	1.42	1.36	1.91
147		2.10	1.26	0.36	0.20	1.6054	76.43	1.54	1.31	2.01
148		2.40	1.44	0.36	0.08	1.6059	73.86	1.44	1.54	1.89

Çizelge 5.4. H=7m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	6.30	1.26	1.05	0.24	2.5226	340.45	1.31	4.95	1.38
2		6.30	1.58	1.05	0.26	2.5272	350.37	1.31	4.97	1.38
3		6.30	1.26	1.05	0.26	2.5883	350.37	1.36	5.08	1.40
4		6.30	0.95	1.05	0.24	2.6040	340.45	1.33	5.16	1.40
5	22	5.25	0.79	1.05	0.26	2.1806	283.39	1.31	3.82	1.48
6		5.60	1.12	0.95	0.24	2.2692	282.38	1.30	4.15	1.42
7		5.60	1.12	1.05	0.24	2.2733	297.08	1.33	4.11	1.45
8		5.60	1.40	1.05	0.26	2.28	304.92	1.32	4.12	1.46
9		5.60	1.12	0.95	0.26	2.33	290.22	1.34	4.26	1.45
10		5.60	1.12	1.05	0.26	2.33	304.92	1.37	4.21	1.48
11		5.60	0.84	0.95	0.24	2.34	282.38	1.32	4.32	1.45
12		5.60	1.12	0.84	0.26	2.35	275.52	1.31	4.40	1.42
13		5.95	1.49	1.05	0.22	2.3804	309.54	1.31	4.46	1.44
14		5.95	1.79	1.05	0.24	2.3975	318.40	1.30	4.52	1.45
15	24	4.55	0.91	1.05	0.26	1.8991	242.72	1.31	2.92	1.52
16		4.55	0.68	1.05	0.26	1.9541	242.72	1.32	3.04	1.55
17		4.90	1.23	1.05	0.24	1.9996	256.66	1.30	3.25	1.51
18		4.90	0.98	0.95	0.24	2.0401	243.79	1.32	3.37	1.49
19		4.90	1.23	0.95	0.26	2.0437	249.80	1.32	3.37	1.50
20		4.90	1.23	1.05	0.26	2.0514	262.66	1.34	3.34	1.54
21		4.90	0.74	1.05	0.22	2.0518	250.65	1.31	3.38	1.53
22		4.90	0.98	0.95	0.26	2.0925	249.80	1.36	3.45	1.52
23		4.90	0.74	0.95	0.24	2.1009	243.79	1.34	3.50	1.52
24		4.90	0.98	0.84	0.26	2.1050	236.93	1.33	3.56	1.49
25		4.90	0.74	0.84	0.24	2.1137	230.93	1.30	3.61	1.49
26		5.25	1.05	1.05	0.20	2.1377	262.72	1.30	3.66	1.52
27		5.25	1.31	1.05	0.22	2.1462	269.61	1.33	3.66	1.52
28		4.90	0.74	0.95	0.26	2.1553	249.80	1.38	3.59	1.56
29		5.25	1.58	1.05	0.24	2.1601	276.50	1.32	3.71	1.53
30		5.25	1.05	0.95	0.22	2.1915	255.83	1.35	3.79	1.51
31		5.25	1.31	0.95	0.24	2.1990	262.72	1.36	3.80	1.51
32		5.25	0.79	1.05	0.20	2.2025	262.72	1.32	3.80	1.55
33		5.25	1.05	0.84	0.22	2.2074	242.05	1.31	3.91	1.47
34		5.25	1.58	0.95	0.26	2.2099	269.61	1.33	3.84	1.52
35	26	3.85	0.77	1.05	0.26	1.68	205.24	1.31	2.20	1.59
36		4.20	0.84	1.05	0.22	1.7782	214.76	1.30	2.51	1.57
37		4.20	1.05	1.05	0.24	1.7847	219.17	1.31	2.52	1.58
38		4.20	0.84	0.95	0.24	1.8165	208.15	1.33	2.61	1.56
39		4.20	1.05	0.95	0.26	1.8197	212.56	1.33	2.61	1.57
40		4.20	0.63	1.05	0.22	1.8280	214.76	1.32	2.62	1.61
41		4.20	0.84	0.95	0.26	1.8634	212.56	1.38	2.67	1.60
42		4.20	0.84	0.84	0.26	1.8667	201.53	1.34	2.76	1.56
43		4.20	0.63	0.95	0.24	1.8676	208.15	1.35	2.71	1.60

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
44	26	4.20	0.63	0.84	0.24	1.8715	197.12	1.31	2.80	1.56
45		4.55	1.14	0.95	0.22	1.9160	220.43	1.32	2.94	1.55
46		4.55	0.91	1.05	0.20	1.9175	227.19	1.32	2.90	1.59
47		4.55	1.37	0.95	0.24	1.9272	225.60	1.31	2.97	1.56
48		4.55	0.91	0.95	0.22	1.9620	220.43	1.36	3.01	1.58
49		4.90	0.98	0.95	0.18	2.0531	225.79	1.31	3.34	1.57
50	28	3.50	0.88	1.05	0.24	1.57	184.63	1.30	1.82	1.64
51		3.50	0.70	0.95	0.24	1.5961	175.44	1.32	1.89	1.63
52		3.50	0.88	0.95	0.26	1.5990	178.50	1.32	1.89	1.64
53		3.50	0.53	1.05	0.22	1.6074	181.56	1.31	1.90	1.67
54		3.50	0.70	1.05	0.24	1.6102	184.63	1.35	1.87	1.66
55		3.50	0.70	0.84	0.26	1.6324	169.31	1.33	2.00	1.62
56		3.50	0.53	0.84	0.24	1.6337	166.25	1.30	2.03	1.62
57		3.50	0.53	0.84	0.26	1.6757	169.31	1.34	2.08	1.65
58		3.85	0.96	0.95	0.22	1.6959	187.72	1.32	2.20	1.62
59		3.85	0.77	1.05	0.20	1.7009	194.12	1.32	2.18	1.65
60		3.85	1.16	0.95	0.24	1.7043	191.42	1.31	2.23	1.62
61		3.85	0.58	0.95	0.20	1.7341	184.01	1.32	2.29	1.65
62		3.85	0.77	0.84	0.22	1.7352	177.61	1.33	2.33	1.60
63		3.85	0.96	0.84	0.24	1.7417	181.32	1.34	2.33	1.61
64		3.85	1.16	0.84	0.26	1.7472	185.02	1.31	2.36	1.62
65		3.85	0.77	0.84	0.24	1.7835	181.32	1.39	2.39	1.63
66	30	2.80	0.42	0.95	0.26	1.46	147.63	1.33	1.34	1.74
67		3.15	0.79	1.05	0.22	1.4985	165.97	1.32	1.51	1.71
68		3.15	0.95	1.05	0.24	1.5043	168.46	1.31	1.53	1.71
69		3.15	0.63	0.84	0.22	1.5097	149.44	1.30	1.62	1.65
70		3.15	0.79	0.84	0.24	1.5156	151.92	1.32	1.62	1.66
71		3.15	0.63	0.95	0.22	1.5183	157.71	1.34	1.57	1.69
72		3.15	0.79	0.95	0.24	1.5244	160.19	1.35	1.57	1.70
73		3.15	0.95	0.95	0.26	1.5270	162.67	1.33	1.59	1.71
74		3.15	0.47	1.05	0.20	1.5284	163.49	1.32	1.57	1.74
75		3.15	0.63	0.74	0.24	1.5475	143.65	1.32	1.73	1.64
76		3.15	0.79	0.74	0.26	1.5503	146.13	1.31	1.73	1.65
77		3.15	0.63	0.63	0.26	1.5842	137.86	1.31	1.85	1.64
78		3.15	0.47	0.74	0.24	1.5872	143.65	1.33	1.80	1.68
79		3.50	0.70	0.95	0.18	1.6090	166.25	1.31	1.87	1.69
80		3.50	0.88	0.84	0.20	1.6107	160.13	1.30	1.93	1.65
81	32	2.80	0.56	0.84	0.20	1.43	134.40	1.31	1.31	1.72
82		2.80	0.70	0.84	0.22	1.4374	136.36	1.33	1.31	1.71
83		2.80	0.84	0.84	0.24	1.4424	138.32	1.32	1.33	1.72
84		2.80	0.98	0.95	0.26	1.4540	147.63	1.31	1.31	1.78
85		2.80	0.56	0.74	0.22	1.4624	129.01	1.33	1.40	1.70
86		2.80	0.42	0.84	0.20	1.4647	134.40	1.32	1.36	1.75
87		2.80	0.70	0.74	0.24	1.4683	130.97	1.34	1.40	1.70
88		2.80	0.84	0.74	0.26	1.4703	132.93	1.32	1.42	1.72
89		2.80	0.56	0.84	0.22	1.4716	136.36	1.38	1.34	1.74
90		2.80	0.70	0.84	0.24	1.4776	138.32	1.39	1.35	1.74
91		2.80	0.84	0.84	0.26	1.4792	140.28	1.36	1.36	1.76
92		2.80	0.56	0.53	0.24	1.4844	116.27	1.30	1.54	1.65
93		2.80	0.42	0.63	0.22	1.4905	121.66	1.30	1.52	1.70
94		2.80	0.70	0.63	0.26	1.4976	125.58	1.34	1.50	1.70
95		2.80	0.56	0.42	0.26	1.5053	110.88	1.31	1.60	1.65
96		3.15	0.79	0.84	0.18	1.5295	144.48	1.31	1.61	1.72
97		3.15	0.63	0.95	0.16	1.5339	150.26	1.33	1.56	1.76
98	34	2.45	0.37	0.42	0.24	1.45	99.73	1.35	1.31	1.73
99		2.80	0.56	0.84	0.14	1.45	128.52	1.31	1.31	1.78
100		2.80	0.70	0.84	0.16	1.4553	130.48	1.32	1.31	1.78

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
101	34	2.80	0.84	0.84	0.18	1.4594	132.44	1.32	1.32	1.78
102		2.80	0.98	0.84	0.20	1.4634	134.40	1.31	1.34	1.79
103		2.80	0.70	0.63	0.18	1.4763	117.74	1.30	1.45	1.72
104		2.80	1.12	0.95	0.22	1.4765	143.71	1.32	1.31	1.84
105		2.80	0.56	0.74	0.16	1.4800	123.13	1.33	1.40	1.76
106		2.80	0.84	0.63	0.20	1.4828	119.70	1.30	1.47	1.72
107		2.80	1.26	1.05	0.24	1.4886	153.02	1.32	1.30	1.89
108		2.80	1.12	0.74	0.24	1.4958	130.97	1.30	1.45	1.78
109		2.80	0.98	0.74	0.22	1.4960	129.01	1.33	1.43	1.77
110		3.15	0.95	0.95	0.08	1.5018	140.34	1.32	1.50	1.73
111	36	2.80	0.84	0.74	0.08	1.45	115.29	1.33	1.35	1.73
112		2.80	0.84	0.74	0.10	1.4671	117.25	1.31	1.37	1.76
113		2.80	0.70	0.53	0.08	1.4685	100.59	1.31	1.47	1.67
114		2.45	0.37	0.42	0.18	1.4713	95.23	1.36	1.31	1.78
115		2.80	0.84	0.84	0.10	1.4770	124.60	1.35	1.32	1.81
116		2.80	0.56	0.42	0.08	1.4859	93.24	1.32	1.52	1.66
117		2.80	0.84	0.74	0.12	1.4898	119.21	1.33	1.39	1.80
118		2.45	0.86	0.42	0.26	1.4900	101.23	1.39	1.33	1.80
119		2.80	1.54	0.84	0.24	1.4907	138.32	1.31	1.32	1.89
120		2.45	0.74	0.42	0.24	1.4911	99.73	1.43	1.31	1.78
121		2.80	0.98	0.84	0.14	1.4923	128.52	1.33	1.35	1.85
122		2.80	1.26	0.95	0.18	1.4932	139.79	1.30	1.31	1.91
123		2.80	1.12	0.95	0.16	1.4998	137.83	1.37	1.32	1.90
124		2.80	0.84	0.63	0.14	1.5112	113.82	1.37	1.48	1.78
125		2.80	0.98	0.74	0.16	1.5186	123.13	1.34	1.43	1.83
126	38	2.45	1.10	0.42	0.22	1.48	98.23	1.32	1.32	1.83
127		2.45	0.86	0.42	0.18	1.48	95.23	1.37	1.30	1.82
128		2.45	0.98	0.42	0.20	1.48	96.73	1.35	1.32	1.83
129		2.45	0.37	0.42	0.08	1.48	87.73	1.42	1.30	1.77
130		2.80	1.26	0.84	0.08	1.4912	122.64	1.32	1.35	1.85
131		2.45	1.23	0.42	0.26	1.5026	101.23	1.34	1.34	1.88
132		2.80	1.26	0.95	0.08	1.5042	129.99	1.36	1.30	1.89
133		3.15	1.89	1.05	0.08	1.5056	148.61	1.31	1.37	1.89
134		2.80	1.68	0.63	0.22	1.5120	121.66	1.33	1.38	1.87
135		2.45	0.49	0.42	0.14	1.5151	92.23	1.45	1.31	1.84
136		2.45	0.61	0.42	0.16	1.5165	93.73	1.46	1.31	1.83
137		2.80	1.12	0.63	0.08	1.5195	107.94	1.33	1.49	1.78
138	40	2.80	1.40	0.95	0.14	1.5196	135.87	1.31	1.31	1.98
139		2.45	0.98	0.42	0.10	1.48	89.23	1.33	1.31	1.84
140		2.80	1.68	0.74	0.12	1.4993	119.21	1.31	1.31	1.93
141		2.45	0.98	0.42	0.12	1.4996	90.73	1.34	1.33	1.87
142		2.45	1.10	0.53	0.14	1.5032	98.66	1.33	1.31	1.92
143		2.45	0.86	0.42	0.08	1.5054	87.73	1.44	1.31	1.81
144		2.45	1.23	0.42	0.18	1.5061	95.23	1.33	1.33	1.90
145		2.45	0.86	0.42	0.10	1.5188	89.23	1.42	1.33	1.85
146		2.45	1.10	0.42	0.16	1.5195	93.73	1.35	1.35	1.90
147		2.80	1.54	0.63	0.08	1.5227	107.94	1.31	1.45	1.85
148		2.45	1.35	0.42	0.22	1.5296	98.23	1.40	1.31	1.92
149		2.80	1.40	0.42	0.08	1.5572	93.24	1.31	1.61	1.81
150	42	2.45	1.35	0.42	0.12	1.52	90.73	1.34	1.32	1.95
151		2.45	1.23	0.42	0.08	1.5468	87.73	1.42	1.36	1.91
152		2.45	1.35	0.42	0.14	1.5533	92.23	1.38	1.34	1.98
153		2.45	1.10	0.42	0.08	1.6033	87.73	1.51	1.42	1.93
154		2.45	1.47	0.42	0.20	1.6054	96.73	1.54	1.31	2.01
155		2.80	1.68	0.42	0.08	1.6059	93.24	1.44	1.54	1.89

Çizelge 5.5. H=8m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	7.20	1.44	1.20	0.24	2.5226	437.52	1.31	4.95	1.38
2		7.20	1.80	1.20	0.26	2.5272	450.48	1.31	4.97	1.38
3	22	6.00	0.90	1.20	0.26	2.1806	363.00	1.31	3.82	1.48
4		6.40	1.28	1.08	0.24	2.2692	361.68	1.30	4.15	1.42
5		6.40	1.28	1.20	0.24	2.2733	380.88	1.33	4.11	1.45
6		6.40	1.60	1.20	0.26	2.28	391.12	1.32	4.12	1.46
7		6.40	1.28	1.08	0.26	2.33	371.92	1.34	4.26	1.45
8		6.40	0.96	1.08	0.24	2.34	361.68	1.32	4.32	1.45
9		6.80	1.70	1.20	0.22	2.3804	397.16	1.31	4.46	1.44
10		6.80	2.04	1.20	0.24	2.3975	408.72	1.30	4.52	1.45
11	24	5.20	1.04	1.20	0.26	1.8991	309.88	1.31	2.92	1.52
12		5.60	1.40	1.20	0.24	1.9996	328.08	1.30	3.25	1.51
13		5.60	1.12	1.08	0.24	2.0401	311.28	1.32	3.37	1.49
14		5.60	1.40	1.08	0.26	2.0437	319.12	1.32	3.37	1.50
15		5.60	1.12	1.20	0.24	2.0478	328.08	1.35	3.33	1.53
16		5.60	0.84	1.20	0.22	2.0518	320.24	1.31	3.38	1.53
17		5.60	0.84	1.08	0.24	2.1009	311.28	1.34	3.50	1.52
18		5.60	1.12	0.96	0.26	2.1050	302.32	1.33	3.56	1.49
19		5.60	0.84	1.20	0.24	2.1084	328.08	1.37	3.46	1.56
20		5.60	0.84	0.96	0.24	2.1137	294.48	1.30	3.61	1.49
21		6.00	1.20	1.20	0.20	2.1377	336.00	1.30	3.66	1.52
22		6.00	1.50	1.20	0.22	2.1462	345.00	1.33	3.66	1.52
23		6.00	1.80	1.20	0.24	2.1601	354.00	1.32	3.71	1.53
24		6.00	1.20	1.08	0.22	2.1915	327.00	1.35	3.79	1.51
25		6.00	1.50	1.08	0.24	2.1990	336.00	1.36	3.80	1.51
26	26	4.40	0.88	1.20	0.26	1.68	260.92	1.31	2.20	1.59
27		4.40	0.66	1.20	0.26	1.7291	260.92	1.32	2.29	1.63
28		4.80	0.96	1.20	0.22	1.7782	273.36	1.30	2.51	1.57
29		4.80	1.20	1.20	0.24	1.7847	279.12	1.31	2.52	1.58
30		4.80	0.96	1.08	0.24	1.8165	264.72	1.33	2.61	1.56
31		4.80	1.20	1.08	0.26	1.8197	270.48	1.33	2.61	1.57
32		4.80	0.72	1.20	0.22	1.8280	273.36	1.32	2.62	1.61
33		4.80	0.96	1.08	0.26	1.8634	270.48	1.38	2.67	1.60
34		4.80	0.96	0.96	0.26	1.8667	256.08	1.34	2.76	1.56
35		4.80	0.72	1.08	0.24	1.8676	264.72	1.35	2.71	1.60
36		4.80	0.72	0.96	0.24	1.8715	250.32	1.31	2.80	1.56
37		5.20	1.30	1.08	0.22	1.9160	280.76	1.32	2.94	1.55
38		5.20	1.04	1.20	0.20	1.9175	289.60	1.32	2.90	1.59
39		5.20	1.56	1.08	0.24	1.9272	287.52	1.31	2.97	1.56
40		5.20	1.04	1.08	0.22	1.9620	280.76	1.36	3.01	1.58
41		5.20	0.78	1.08	0.20	1.9632	274.00	1.31	3.05	1.58
42		5.20	1.56	1.08	0.26	1.9770	294.28	1.35	3.05	1.59
43	28	4.00	1.00	1.20	0.24	1.57	234.00	1.30	1.82	1.64
44		4.00	0.80	1.08	0.24	1.5961	222.00	1.32	1.89	1.63
45		4.00	1.00	1.08	0.26	1.5990	226.00	1.32	1.89	1.64
46		4.00	0.60	1.20	0.22	1.6074	230.00	1.31	1.90	1.67
47		4.00	0.80	0.96	0.26	1.6324	214.00	1.33	2.00	1.62
48		4.00	0.60	0.96	0.24	1.6337	210.00	1.30	2.03	1.62
49		4.40	1.10	1.08	0.22	1.6959	238.04	1.32	2.20	1.62
50		4.40	0.88	1.20	0.20	1.7009	246.40	1.32	2.18	1.65
51		4.40	1.32	1.08	0.24	1.7043	242.88	1.31	2.23	1.62
52		4.40	0.66	1.08	0.20	1.7341	233.20	1.32	2.29	1.65
53		4.40	0.88	0.96	0.22	1.7352	224.84	1.33	2.33	1.60
54		4.40	1.10	0.96	0.24	1.7417	229.68	1.34	2.33	1.61

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
55	28	4.40	1.32	0.96	0.26	1.7472	234.52	1.31	2.36	1.62
56	30	3.20	0.48	1.08	0.26	1.46	185.68	1.33	1.34	1.74
57		3.20	0.48	1.20	0.26	1.4738	195.28	1.36	1.32	1.78
58		3.60	0.90	1.20	0.22	1.4985	209.64	1.32	1.51	1.71
59		3.60	1.08	1.20	0.24	1.5043	212.88	1.31	1.53	1.71
60		3.60	0.72	0.96	0.22	1.5097	188.04	1.30	1.62	1.65
61		3.60	0.90	0.96	0.24	1.5156	191.28	1.32	1.62	1.66
62		3.60	0.72	1.08	0.22	1.5183	198.84	1.34	1.57	1.69
63		3.60	0.90	1.08	0.24	1.5244	202.08	1.35	1.57	1.70
64		3.60	1.08	1.08	0.26	1.5270	205.32	1.33	1.59	1.71
65		3.60	0.54	1.20	0.20	1.5284	206.40	1.32	1.57	1.74
66		3.60	0.72	0.84	0.24	1.5475	180.48	1.32	1.73	1.64
67		3.60	0.54	0.96	0.22	1.5479	188.04	1.32	1.68	1.69
68		3.60	0.90	0.84	0.26	1.5503	183.72	1.31	1.73	1.65
69		3.60	0.72	0.72	0.26	1.5842	172.92	1.31	1.85	1.64
70		4.00	1.00	0.96	0.20	1.6107	202.00	1.30	1.93	1.65
71	32	3.20	0.64	0.96	0.20	1.43	168.40	1.31	1.31	1.72
72		3.20	0.80	0.96	0.22	1.4374	170.96	1.33	1.31	1.71
73		3.20	0.96	0.96	0.24	1.4424	173.52	1.32	1.33	1.72
74		3.20	1.12	1.08	0.26	1.4540	185.68	1.31	1.31	1.78
75		3.20	0.64	0.84	0.22	1.4624	161.36	1.33	1.40	1.70
76		3.20	0.48	0.96	0.20	1.4647	168.40	1.32	1.36	1.75
77		3.20	0.80	0.84	0.24	1.4683	163.92	1.34	1.40	1.70
78		3.20	0.96	0.84	0.26	1.4703	166.48	1.32	1.42	1.72
79		3.20	0.64	0.60	0.24	1.4844	144.72	1.30	1.54	1.65
80		3.20	0.64	0.72	0.24	1.4949	154.32	1.34	1.50	1.69
81		3.20	0.64	0.48	0.26	1.5053	137.68	1.31	1.60	1.65
82	34	2.80	0.42	0.48	0.24	1.45	123.12	1.35	1.31	1.73
83		3.20	0.64	0.96	0.14	1.45	160.72	1.31	1.31	1.78
84		3.20	0.80	0.96	0.16	1.4553	163.28	1.32	1.31	1.78
85		3.20	0.96	0.96	0.18	1.4594	165.84	1.32	1.32	1.78
86		3.20	1.12	0.96	0.20	1.4634	168.40	1.31	1.34	1.79
87		2.80	0.42	0.60	0.24	1.4690	131.52	1.39	1.30	1.77
88		3.20	0.80	0.72	0.18	1.4763	146.64	1.30	1.45	1.72
89		3.20	1.28	1.08	0.22	1.4765	180.56	1.32	1.31	1.84
90		3.20	0.64	0.84	0.16	1.4800	153.68	1.33	1.40	1.76
91		3.20	0.96	0.72	0.20	1.4828	149.20	1.30	1.47	1.72
92		2.80	0.42	0.48	0.26	1.4873	125.08	1.39	1.35	1.77
93		3.20	1.44	1.20	0.24	1.4886	192.72	1.32	1.30	1.89
94		3.20	0.96	0.84	0.20	1.4914	158.80	1.35	1.41	1.76
95		3.20	1.28	0.84	0.24	1.4958	163.92	1.30	1.45	1.78
96		3.20	0.64	0.60	0.18	1.5002	137.04	1.31	1.53	1.71
97		3.60	1.08	1.08	0.08	1.5018	176.16	1.32	1.50	1.73
98		3.20	0.80	0.60	0.20	1.5072	139.60	1.33	1.53	1.70
99	36	3.20	0.96	0.84	0.08	1.45	143.44	1.33	1.35	1.73
100		3.20	0.96	0.84	0.10	1.47	146.00	1.31	1.37	1.76
101		3.20	0.80	0.60	0.08	1.4685	124.24	1.31	1.47	1.67
102		2.80	0.42	0.48	0.18	1.4713	117.24	1.36	1.31	1.78
103		3.20	0.64	0.48	0.08	1.4859	114.64	1.32	1.52	1.66
104		2.80	0.98	0.48	0.26	1.4900	125.08	1.39	1.33	1.80
105		3.20	1.76	0.96	0.24	1.4907	173.52	1.31	1.32	1.89
106		2.80	0.84	0.48	0.24	1.4911	123.12	1.43	1.31	1.78
107		3.20	1.12	0.96	0.14	1.4923	160.72	1.33	1.35	1.85
108		3.20	1.44	1.08	0.18	1.4932	175.44	1.30	1.31	1.91
109	38	2.80	1.26	0.48	0.22	1.48	121.16	1.32	1.32	1.83
110		2.80	0.98	0.48	0.18	1.48	117.24	1.37	1.30	1.82
111		2.80	1.12	0.48	0.20	1.48	119.20	1.35	1.32	1.83

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
112	38	2.80	0.42	0.48	0.08	1.48	107.44	1.42	1.30	1.77
113		3.20	1.44	0.96	0.08	1.4912	153.04	1.32	1.35	1.85
114		2.80	1.40	0.48	0.26	1.5026	125.08	1.34	1.34	1.88
115		3.20	1.44	1.08	0.08	1.5042	162.64	1.36	1.30	1.89
116		3.60	2.16	1.20	0.08	1.5056	186.96	1.31	1.37	1.89
117		3.20	1.92	0.72	0.22	1.5120	151.76	1.33	1.38	1.87
118		2.80	0.56	0.48	0.14	1.5151	113.32	1.45	1.31	1.84
119		2.80	0.70	0.48	0.16	1.5165	115.28	1.46	1.31	1.83
120		3.20	1.28	0.72	0.08	1.5195	133.84	1.33	1.49	1.78
121		3.20	1.60	1.08	0.14	1.5196	170.32	1.31	1.31	1.98
122		2.80	0.84	0.48	0.18	1.5205	117.24	1.45	1.32	1.83
123		3.20	1.76	0.96	0.18	1.5206	165.84	1.33	1.33	1.95
124		3.20	1.92	0.48	0.24	1.5217	135.12	1.31	1.47	1.82
125		3.20	1.12	0.48	0.08	1.5322	114.64	1.34	1.58	1.73
126	40	2.80	1.12	0.48	0.10	1.48	109.40	1.33	1.31	1.84
127		3.20	1.92	0.84	0.12	1.4993	148.56	1.31	1.31	1.93
128		2.80	1.12	0.48	0.12	1.4996	111.36	1.34	1.33	1.87
129		2.80	1.26	0.60	0.14	1.5032	121.72	1.33	1.31	1.92
130		2.80	0.98	0.48	0.08	1.5054	107.44	1.44	1.31	1.81
131		2.80	1.40	0.48	0.18	1.5061	117.24	1.33	1.33	1.90
132		2.80	1.26	0.48	0.16	1.5195	115.28	1.35	1.35	1.90
133		3.20	1.76	0.72	0.08	1.5227	133.84	1.31	1.45	1.85
134		2.80	1.54	0.48	0.22	1.5296	121.16	1.40	1.31	1.92
135	42	2.80	1.54	0.48	0.12	1.52	111.36	1.34	1.32	1.95
136		2.80	1.54	0.60	0.12	1.5429	119.76	1.38	1.30	1.99
137		2.80	1.40	0.48	0.08	1.5468	107.44	1.42	1.36	1.91
138		2.80	1.40	0.48	0.10	1.5611	109.40	1.40	1.38	1.95
139		2.80	1.26	0.48	0.08	1.6033	107.44	1.51	1.42	1.93
140		2.80	1.68	0.48	0.20	1.6054	119.20	1.54	1.31	2.01
141		3.20	1.92	0.48	0.08	1.6059	114.64	1.44	1.54	1.89

Ek-6 Dişli konsol dayanma duvarı harmoni arama algoritması ile optimizasyon analiz sonuçları

Çizelge 6.1. H=4m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	3.20	0.80	0.60	0.72	1.9104	88.52	1.00	3.47	1.31
2		3.20	0.64	0.60	0.69	1.9175	88.04	1.01	3.49	1.31
3		3.20	0.48	0.60	0.66	1.9214	87.56	1.00	3.50	1.31
4		3.20	0.64	0.60	0.72	1.9499	88.52	1.04	3.54	1.33
5		3.40	0.85	0.60	0.66	2.0132	91.22	1.01	3.80	1.30
6		3.40	1.02	0.60	0.72	2.0212	92.24	1.00	3.80	1.32
7		3.40	0.51	0.60	0.51	2.0252	88.67	1.00	3.84	1.30
8		3.40	0.68	0.60	0.66	2.0548	91.22	1.04	3.87	1.32
9	22	3.60	0.54	0.60	0.69	2.4985	95.42	1.30	4.75	1.52
10		3.60	0.72	0.60	0.72	2.5030	95.96	1.32	4.75	1.52
11		3.60	0.54	0.54	0.65	2.5258	89.26	1.31	4.85	1.50
12		3.80	0.76	0.60	0.63	2.6018	97.97	1.30	5.10	1.48
13		3.80	0.95	0.60	0.69	2.6062	99.11	1.30	5.10	1.49
14	24	3.00	0.45	0.60	0.69	2.1464	84.35	1.31	3.61	1.59
15		3.00	0.60	0.60	0.72	2.1513	84.80	1.32	3.60	1.59
16		3.00	0.45	0.54	0.65	2.1661	79.22	1.31	3.68	1.57
17		3.20	0.64	0.60	0.63	2.2464	87.08	1.31	3.94	1.56
18		3.20	0.80	0.60	0.69	2.2510	88.04	1.31	3.94	1.57
19		3.20	0.64	0.54	0.59	2.2521	81.70	1.30	3.99	1.53
20		3.20	0.48	0.60	0.60	2.2636	86.60	1.31	3.98	1.57
21	26	2.40	0.48	0.60	0.72	1.8085	73.64	1.31	2.50	1.66
22		2.40	0.36	0.54	0.65	1.8157	69.18	1.31	2.56	1.64
23		2.40	0.36	0.60	0.72	1.8352	73.64	1.33	2.54	1.69
24		2.60	0.52	0.60	0.63	1.9042	76.19	1.30	2.84	1.63
25		2.60	0.52	0.54	0.59	1.9048	71.82	1.30	2.88	1.59
26		2.60	0.65	0.60	0.72	1.9092	77.36	1.34	2.88	1.67
27		2.60	0.39	0.60	0.60	1.9181	75.80	1.31	2.87	1.64
28		2.60	0.65	0.54	0.65	1.9237	72.52	1.32	2.89	1.62
29	28	1.80	0.36	0.60	0.72	1.4979	62.48	1.31	1.50	1.73
30		1.80	0.27	0.60	0.72	1.5199	62.48	1.32	1.53	1.75
31		2.00	0.50	0.54	0.65	1.5935	62.48	1.31	1.84	1.68
32		2.00	0.40	0.60	0.66	1.5972	65.60	1.32	1.82	1.71
33		2.00	0.40	0.54	0.62	1.5984	62.21	1.32	1.85	1.68
34		2.00	0.30	0.54	0.59	1.5997	61.94	1.31	1.86	1.68
35		2.00	0.30	0.60	0.63	1.6039	65.30	1.31	1.83	1.72
36		2.00	0.50	0.60	0.72	1.6146	66.20	1.33	1.83	1.73
37		2.00	0.40	0.54	0.65	1.6273	62.48	1.35	1.88	1.71
38		2.00	0.40	0.60	0.72	1.6488	66.20	1.37	1.87	1.76
39		2.20	0.44	0.54	0.49	1.6890	64.05	1.30	2.17	1.64
40		2.20	0.55	0.60	0.60	1.6912	68.60	1.31	2.14	1.68
41		2.20	0.44	0.60	0.48	1.6945	67.28	1.31	2.15	1.68
42		2.20	0.44	0.54	0.51	1.6968	64.34	1.31	2.18	1.65
43		2.20	0.66	0.60	0.69	1.7004	69.59	1.30	2.14	1.71
44		2.20	0.55	0.54	0.59	1.7015	65.23	1.32	2.18	1.66
45		2.20	0.33	0.54	0.46	1.7068	63.75	1.31	2.20	1.66
46		2.20	0.33	0.60	0.45	1.7101	66.95	1.31	2.18	1.69
47		2.20	0.66	0.54	0.65	1.7102	65.83	1.31	2.18	1.69
48		2.20	0.44	0.54	0.65	1.7929	65.83	1.42	2.28	1.73
49		2.40	0.48	0.60	0.36	1.7999	69.32	1.31	2.51	1.64
50		2.40	0.60	0.60	0.42	1.8022	70.04	1.31	2.50	1.66
51		2.40	0.48	0.54	0.35	1.8035	65.61	1.31	2.54	1.62
52		2.40	0.72	0.54	0.57	1.8050	68.20	1.30	2.51	1.65
53		2.40	0.60	0.54	0.43	1.8051	66.58	1.31	2.53	1.63

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
54	28	2.40	0.72	0.60	0.60	1.8110	72.20	1.31	2.49	1.69
55		2.40	0.60	0.54	0.46	1.8130	66.91	1.32	2.54	1.64
56		2.40	0.48	0.48	0.46	1.8216	63.27	1.30	2.61	1.61
57		2.60	0.78	0.54	0.41	1.9202	69.37	1.30	2.89	1.63
58		2.60	0.91	0.60	0.60	1.9256	75.80	1.30	2.83	1.70
59		2.60	0.78	0.60	0.42	1.9258	73.46	1.31	2.86	1.67
60		2.60	0.65	0.48	0.41	1.9446	65.50	1.31	2.99	1.60
61	30	1.60	0.24	0.48	0.58	1.4586	52.81	1.35	1.32	1.76
62		1.80	0.36	0.54	0.35	1.4878	56.46	1.30	1.53	1.68
63		1.80	0.45	0.54	0.43	1.4916	57.19	1.30	1.52	1.69
64		1.80	0.45	0.54	0.46	1.4986	57.43	1.31	1.53	1.70
65		1.80	0.36	0.54	0.38	1.5030	56.70	1.32	1.54	1.69
66		1.80	0.54	0.60	0.60	1.5035	61.40	1.30	1.50	1.75
67		1.80	0.45	0.60	0.45	1.5044	60.05	1.31	1.51	1.73
68		1.80	0.45	0.54	0.49	1.5052	57.67	1.32	1.53	1.71
69		1.80	0.36	0.48	0.48	1.5058	54.92	1.31	1.58	1.68
70		1.80	0.54	0.54	0.59	1.5095	58.65	1.32	1.53	1.73
71		1.80	0.27	0.60	0.36	1.5108	59.24	1.32	1.54	1.73
72		1.80	0.27	0.48	0.43	1.5116	54.49	1.30	1.59	1.69
73		1.80	0.36	0.54	0.43	1.5233	57.19	1.34	1.55	1.72
74		1.80	0.27	0.54	0.43	1.5456	57.19	1.36	1.58	1.74
75		1.80	0.27	0.60	0.42	1.5470	59.78	1.36	1.56	1.77
76		1.80	0.27	0.60	0.45	1.5589	60.05	1.37	1.57	1.78
77		2.00	0.50	0.54	0.32	1.5853	59.24	1.30	1.85	1.66
78		2.00	0.60	0.54	0.43	1.6009	60.32	1.31	1.85	1.70
79		2.00	0.60	0.60	0.42	1.6011	63.20	1.30	1.82	1.73
80		2.00	0.40	0.48	0.34	1.6096	56.36	1.31	1.92	1.65
81		2.00	0.50	0.48	0.43	1.6108	57.32	1.31	1.91	1.66
82		2.00	0.70	0.54	0.59	1.6122	61.94	1.31	1.84	1.74
83		2.00	0.60	0.48	0.53	1.6145	58.28	1.30	1.90	1.69
84		2.00	0.70	0.60	0.63	1.6168	65.30	1.31	1.82	1.77
85		2.00	0.50	0.60	0.39	1.6274	62.90	1.35	1.86	1.73
86		2.20	0.66	0.54	0.32	1.7024	62.26	1.31	2.19	1.66
87		2.20	0.77	0.54	0.46	1.7181	63.75	1.31	2.18	1.72
88		2.20	0.77	0.60	0.45	1.7218	66.95	1.31	2.16	1.75
89		2.20	0.55	0.48	0.31	1.7238	58.83	1.31	2.27	1.64
90		2.20	0.66	0.48	0.41	1.7245	59.89	1.30	2.26	1.66
91		2.20	0.55	0.42	0.44	1.7486	56.95	1.30	2.36	1.64
92		2.20	0.44	0.42	0.38	1.7540	56.26	1.31	2.38	1.63
93		2.40	0.96	0.54	0.51	1.8416	67.56	1.31	2.53	1.74
94	32	1.60	0.32	0.48	0.29	1.4295	50.50	1.33	1.31	1.70
95		1.60	0.40	0.42	0.44	1.4316	49.33	1.30	1.34	1.70
96		1.60	0.32	0.42	0.38	1.4347	48.82	1.31	1.35	1.69
97		1.60	0.32	0.42	0.40	1.4417	48.99	1.32	1.35	1.70
98		1.60	0.24	0.42	0.34	1.4423	48.49	1.31	1.36	1.70
99		1.60	0.40	0.48	0.36	1.4450	51.08	1.34	1.30	1.73
100		1.60	0.32	0.48	0.31	1.4493	50.70	1.35	1.32	1.72
101		1.60	0.40	0.48	0.38	1.4536	51.27	1.36	1.31	1.74
102		1.60	0.48	0.48	0.50	1.4562	52.23	1.35	1.30	1.76
103		1.60	0.24	0.48	0.31	1.4704	50.70	1.37	1.34	1.75
104		1.60	0.48	0.48	0.53	1.4719	52.42	1.37	1.31	1.78
105		1.60	0.56	0.48	0.58	1.4745	52.81	1.35	1.31	1.81
106		1.60	0.48	0.48	0.55	1.4929	52.62	1.40	1.33	1.80
107		1.60	0.32	0.54	0.35	1.4994	53.41	1.44	1.31	1.79
108		1.60	0.40	0.54	0.46	1.5115	54.27	1.45	1.31	1.82
109		1.60	0.40	0.48	0.53	1.5117	52.42	1.44	1.34	1.80
110		1.60	0.48	0.48	0.58	1.5206	52.81	1.43	1.35	1.83
111		1.60	0.48	0.54	0.59	1.5232	55.35	1.46	1.31	1.85
112		1.80	0.54	0.48	0.31	1.5233	53.41	1.32	1.60	1.70
113		1.60	0.24	0.60	0.36	1.5240	55.88	1.46	1.31	1.85

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
114	32	1.80	0.63	0.54	0.35	1.5244	56.46	1.32	1.55	1.75
115		1.80	0.63	0.60	0.36	1.5259	59.24	1.32	1.53	1.78
116		1.80	0.63	0.48	0.43	1.5262	54.49	1.30	1.58	1.74
117		1.80	0.45	0.42	0.32	1.5293	50.74	1.30	1.66	1.67
118		1.80	0.72	0.54	0.51	1.5304	57.92	1.31	1.53	1.80
119		1.80	0.72	0.60	0.48	1.5316	60.32	1.30	1.51	1.83
120		1.80	0.27	0.42	0.25	1.5365	50.17	1.30	1.69	1.66
121		1.80	0.45	0.42	0.34	1.5381	50.92	1.31	1.67	1.68
122		1.80	0.45	0.48	0.29	1.5434	53.19	1.35	1.62	1.70
123		2.00	0.80	0.54	0.35	1.6232	59.51	1.30	1.86	1.76
124		2.00	0.80	0.60	0.36	1.6233	62.60	1.30	1.83	1.79
125		2.00	0.70	0.48	0.31	1.6309	56.12	1.31	1.93	1.71
126		2.00	0.90	0.54	0.54	1.6339	61.40	1.30	1.83	1.82
127		2.00	0.90	0.60	0.54	1.6389	64.40	1.30	1.81	1.85
128		2.00	0.50	0.42	0.25	1.6422	52.52	1.31	2.02	1.64
129		2.00	1.00	0.60	0.69	1.6487	65.90	1.30	1.79	1.91
130		2.20	1.10	0.54	0.57	1.7435	64.94	1.30	2.14	1.84
131		2.40	1.20	0.54	0.41	1.8529	66.26	1.30	2.50	1.82
132	34	1.60	0.48	0.42	0.25	1.4495	47.82	1.32	1.37	1.70
133		1.60	0.56	0.42	0.32	1.4510	48.32	1.30	1.35	1.74
134		1.60	0.32	0.36	0.22	1.4541	45.13	1.31	1.44	1.66
135		1.60	0.40	0.36	0.25	1.4582	45.42	1.31	1.43	1.68
136		1.60	0.48	0.36	0.34	1.4597	46.14	1.30	1.42	1.70
137		1.60	0.64	0.48	0.36	1.4655	51.08	1.33	1.30	1.81
138		1.60	0.64	0.42	0.46	1.4672	49.50	1.31	1.35	1.79
139		1.60	0.56	0.48	0.29	1.4679	50.50	1.36	1.32	1.77
140		1.60	0.48	0.36	0.36	1.4685	46.28	1.31	1.42	1.71
141		1.60	0.32	0.30	0.29	1.4739	43.28	1.31	1.49	1.67
142		1.60	0.40	0.30	0.33	1.4789	43.64	1.31	1.49	1.68
143		1.60	0.24	0.30	0.26	1.4817	43.04	1.30	1.51	1.68
144		1.60	0.48	0.30	0.36	1.4874	43.88	1.31	1.49	1.71
145		1.60	0.64	0.42	0.48	1.4879	49.66	1.33	1.36	1.81
146		1.60	0.40	0.42	0.25	1.4887	47.82	1.39	1.40	1.73
147		1.60	0.40	0.36	0.32	1.4917	45.99	1.35	1.45	1.72
148		1.60	0.48	0.48	0.29	1.5141	50.50	1.44	1.36	1.79
149		1.60	0.56	0.42	0.46	1.5174	49.50	1.39	1.40	1.81
150		1.60	0.40	0.36	0.38	1.5201	46.42	1.39	1.47	1.75
151		1.60	0.24	0.36	0.27	1.5227	45.56	1.38	1.49	1.74
152	36	1.60	0.64	0.54	0.43	1.5255	54.06	1.42	1.30	1.90
153		1.60	0.64	0.54	0.49	1.5399	54.49	1.44	1.31	1.92
154		1.60	0.56	0.54	0.35	1.5400	53.41	1.46	1.33	1.87
155		1.80	0.99	0.54	0.57	1.5459	58.40	1.30	1.47	1.91
156		1.80	0.90	0.54	0.41	1.5493	56.95	1.30	1.51	1.88
157		1.80	0.63	0.42	0.25	1.5532	50.17	1.31	1.69	1.71
158		1.80	1.08	0.60	0.69	1.5550	62.21	1.31	1.41	1.99
159		1.80	0.81	0.48	0.36	1.5562	53.84	1.31	1.59	1.82
160		1.80	0.81	0.54	0.32	1.5568	56.22	1.33	1.55	1.84
161		1.80	0.99	0.60	0.60	1.5574	61.40	1.31	1.45	1.96
162		1.80	1.08	0.54	0.65	1.5590	59.13	1.32	1.43	1.97
163		1.80	0.72	0.48	0.29	1.5632	53.19	1.34	1.62	1.78
164		1.80	0.72	0.42	0.36	1.5650	51.11	1.30	1.67	1.77
165		1.60	0.64	0.54	0.57	1.5696	55.14	1.48	1.33	1.95
166		2.00	1.20	0.60	0.57	1.6364	64.70	1.31	1.70	1.95
167		2.00	1.10	0.54	0.41	1.6400	60.05	1.30	1.78	1.89
168		2.00	1.00	0.54	0.32	1.6502	59.24	1.31	1.84	1.84
169		1.60	0.72	0.42	0.27	1.4797	47.98	1.31	1.36	1.81
170		1.60	0.80	0.42	0.40	1.48	48.99	1.30	1.33	1.86
171	36	1.60	0.48	0.30	0.18	1.49	42.44	1.32	1.51	1.67
172		1.60	0.88	0.42	0.48	1.49	49.66	1.31	1.30	1.90
173		1.60	0.40	0.24	0.14	1.49	39.75	1.32	1.56	1.63

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
174	36	1.60	0.80	0.42	0.42	1.49	49.16	1.32	1.34	1.87
175		1.60	0.64	0.36	0.27	1.49	45.56	1.31	1.44	1.77
176		1.60	0.56	0.30	0.24	1.50	42.92	1.31	1.50	1.72
177		1.60	0.56	0.36	0.22	1.50	45.13	1.34	1.46	1.73
178		1.60	0.48	0.24	0.18	1.50	40.04	1.31	1.56	1.67
179		1.60	0.56	0.24	0.25	1.50	40.62	1.31	1.54	1.70
180		1.60	0.64	0.30	0.33	1.50	43.64	1.30	1.49	1.76
181		1.60	0.56	0.30	0.26	1.50	43.04	1.32	1.51	1.73
182		1.40	0.28	0.24	0.28	1.50	39.33	1.48	1.30	1.78
183		1.60	0.80	0.42	0.44	1.50	49.33	1.33	1.34	1.88
184		1.60	0.72	0.36	0.40	1.51	46.57	1.32	1.42	1.82
185		1.60	0.80	0.48	0.34	1.51	50.89	1.36	1.30	1.90
186		1.60	0.40	0.24	0.16	1.51	39.85	1.34	1.58	1.66
187		1.60	0.64	0.42	0.25	1.51	47.82	1.38	1.40	1.80
188		1.60	0.80	0.48	0.36	1.52	51.08	1.37	1.31	1.92
189		1.60	0.32	0.24	0.14	1.52	39.75	1.36	1.59	1.66
190		1.60	0.72	0.48	0.29	1.52	50.50	1.40	1.34	1.88
191		1.40	0.21	0.24	0.28	1.52	39.33	1.49	1.32	1.81
192		1.40	0.28	0.24	0.29	1.53	39.42	1.51	1.32	1.81
193		1.60	0.48	0.24	0.24	1.54	40.52	1.37	1.58	1.71
194		1.60	0.72	0.42	0.40	1.54	48.99	1.39	1.39	1.88
195		1.60	0.56	0.30	0.32	1.54	43.52	1.37	1.53	1.76
196		1.80	1.08	0.48	0.36	1.55	53.84	1.31	1.49	1.90
197		1.60	0.40	0.24	0.20	1.55	40.23	1.40	1.60	1.70
198		1.80	1.08	0.54	0.32	1.56	56.22	1.34	1.46	1.92
199		1.80	0.99	0.48	0.29	1.56	53.19	1.31	1.55	1.86
200		1.80	0.90	0.42	0.29	1.59	50.55	1.31	1.66	1.84
201		1.80	0.63	0.30	0.18	1.60	44.12	1.31	1.87	1.68
202		1.80	0.81	0.36	0.29	1.60	47.79	1.31	1.76	1.79
203		2.00	1.20	0.48	0.29	1.65	55.88	1.32	1.81	1.87
204		2.00	1.20	0.42	0.38	1.66	53.78	1.30	1.87	1.87
205		2.00	1.00	0.36	0.31	1.72	50.06	1.30	2.09	1.81
206	38	1.60	0.96	0.36	0.38	1.4960	46.42	1.31	1.33	1.89
207		1.40	0.42	0.24	0.17	1.4974	38.58	1.47	1.31	1.76
208		1.40	0.35	0.24	0.14	1.5015	38.41	1.49	1.32	1.74
209		1.60	0.80	0.36	0.22	1.5021	45.13	1.31	1.42	1.82
210		1.60	0.88	0.36	0.29	1.5049	45.70	1.31	1.38	1.87
211		1.40	0.42	0.24	0.18	1.5093	38.66	1.48	1.31	1.78
212		1.60	0.96	0.36	0.40	1.5120	46.57	1.33	1.34	1.91
213		1.60	0.88	0.36	0.31	1.5121	45.85	1.32	1.39	1.88
214		1.40	0.49	0.24	0.25	1.5143	39.16	1.47	1.30	1.81
215		1.60	0.80	0.30	0.27	1.5147	43.16	1.30	1.47	1.82
216		1.60	0.88	0.42	0.25	1.5165	47.82	1.36	1.34	1.89
217		1.60	0.64	0.24	0.14	1.5180	39.75	1.32	1.57	1.71
218		1.40	0.42	0.24	0.19	1.5184	38.74	1.50	1.32	1.79
219		1.60	0.88	0.36	0.32	1.5188	45.99	1.33	1.39	1.88
220		1.60	0.72	0.24	0.19	1.5197	40.14	1.30	1.55	1.76
221		1.60	0.72	0.30	0.20	1.5201	42.56	1.32	1.51	1.78
222		1.60	0.88	0.30	0.35	1.5257	43.76	1.31	1.45	1.87
223		1.60	0.88	0.36	0.34	1.5262	46.14	1.34	1.39	1.89
224		1.60	0.72	0.24	0.20	1.5269	40.23	1.31	1.55	1.76
225		1.40	0.56	0.24	0.29	1.5283	39.42	1.47	1.30	1.86
226		1.60	0.96	0.42	0.36	1.5305	48.66	1.38	1.30	1.95
227		1.60	0.96	0.36	0.41	1.5334	46.71	1.36	1.36	1.93
228		1.40	0.42	0.30	0.23	1.5498	41.08	1.55	1.30	1.84
229		1.80	1.08	0.36	0.27	1.5919	47.63	1.31	1.65	1.86
230		1.80	0.99	0.36	0.22	1.5995	47.14	1.31	1.72	1.82
231		1.80	1.08	0.42	0.25	1.6103	50.17	1.37	1.61	1.90
232		1.80	1.08	0.36	0.32	1.6155	48.12	1.34	1.67	1.89
233		1.80	0.99	0.30	0.29	1.6230	45.07	1.31	1.78	1.83

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
234	38	1.80	0.81	0.24	0.14	1.6282	41.10	1.30	1.92	1.71
235		1.80	0.90	0.24	0.22	1.6403	41.74	1.31	1.89	1.78
236	40	1.60	0.96	0.24	0.17	1.5086	39.94	1.31	1.45	1.81
237		1.60	0.96	0.30	0.18	1.5098	42.44	1.33	1.41	1.83
238		1.60	0.96	0.24	0.18	1.5202	40.04	1.32	1.45	1.83
239		1.60	0.88	0.24	0.14	1.5254	39.75	1.32	1.51	1.79
240		1.40	0.63	0.24	0.18	1.5320	38.66	1.48	1.30	1.86
241		1.40	0.56	0.24	0.14	1.5380	38.41	1.51	1.33	1.82
242		1.80	1.08	0.24	0.14	1.6300	41.10	1.33	1.81	1.79
243		1.40	0.77	0.24	0.17	1.5997	38.58	1.58	1.30	1.96
244	42	1.40	0.77	0.24	0.18	1.6124	38.66	1.60	1.31	1.98
245		1.40	0.70	0.24	0.14	1.6180	38.41	1.62	1.35	1.94
246		1.40	0.77	0.24	0.20	1.6304	38.83	1.63	1.32	2.00
247		1.60	0.96	0.24	0.14	1.6629	39.75	1.54	1.58	1.92

Çizelge 6.2. H=5m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	4.00	1.00	0.75	0.90	1.9104	130.50	1.00	3.47	1.31
2		4.00	0.80	0.75	0.86	1.9175	129.75	1.01	3.49	1.31
3		4.00	0.60	0.75	0.83	1.9214	129.00	1.00	3.50	1.31
4		4.00	0.60	0.75	0.86	1.9463	129.75	1.02	3.54	1.33
5		4.00	0.80	0.75	0.90	1.9499	130.50	1.04	3.54	1.33
6		4.00	0.60	0.68	0.81	1.9659	121.20	1.03	3.61	1.31
7		4.00	0.60	0.75	0.90	1.9791	130.50	1.05	3.60	1.35
8		4.25	1.28	0.75	0.90	2.0212	136.31	1.00	3.80	1.32
9		4.25	0.64	0.75	0.68	2.0324	131.53	1.01	3.85	1.30
10		4.25	0.85	0.75	0.79	2.0352	133.92	1.02	3.84	1.30
11	22	4.50	0.68	0.75	0.86	2.4985	141.28	1.30	4.75	1.52
12		4.50	0.90	0.75	0.90	2.5030	142.13	1.32	4.75	1.52
13		4.50	0.68	0.68	0.81	2.5258	131.66	1.31	4.85	1.50
14		4.75	0.95	0.75	0.79	2.6018	145.27	1.30	5.10	1.48
15		4.75	1.19	0.75	0.86	2.6062	147.05	1.30	5.10	1.49
16	24	3.75	0.56	0.75	0.86	2.1464	123.98	1.31	3.61	1.59
17		3.75	0.75	0.75	0.90	2.1513	124.69	1.32	3.60	1.59
18		3.75	0.56	0.68	0.81	2.1661	115.97	1.31	3.68	1.57
19		4.00	0.80	0.75	0.79	2.2464	128.25	1.31	3.94	1.56
20		4.00	1.00	0.75	0.86	2.2510	129.75	1.31	3.94	1.57
21		4.00	0.80	0.68	0.74	2.2521	119.85	1.30	3.99	1.53
22		4.00	0.60	0.75	0.75	2.2636	127.50	1.31	3.98	1.57
23	26	3.00	0.60	0.75	0.90	1.8085	107.25	1.31	2.50	1.66
24		3.00	0.45	0.68	0.81	1.8157	100.28	1.31	2.56	1.64
25		3.00	0.45	0.75	0.90	1.8352	107.25	1.33	2.54	1.69
26		3.25	0.65	0.75	0.79	1.9042	111.23	1.30	2.84	1.63
27		3.25	0.65	0.68	0.74	1.9048	104.41	1.30	2.88	1.59
28		3.25	0.81	0.75	0.86	1.9092	112.45	1.31	2.84	1.64
29		3.25	0.49	0.75	0.75	1.9181	110.63	1.31	2.87	1.64
30		3.25	0.81	0.68	0.81	1.9237	105.51	1.32	2.89	1.62
31	28	2.25	0.45	0.75	0.90	1.4979	89.81	1.31	1.50	1.73
32		2.25	0.34	0.75	0.90	1.5199	89.81	1.32	1.53	1.75
33		2.50	0.63	0.68	0.81	1.5935	89.81	1.31	1.84	1.68
34		2.50	0.50	0.75	0.83	1.5972	94.69	1.32	1.82	1.71
35		2.50	0.50	0.68	0.78	1.5984	89.39	1.32	1.85	1.68
36		2.50	0.38	0.68	0.74	1.5997	88.97	1.31	1.86	1.68
37		2.50	0.38	0.75	0.79	1.6039	94.22	1.31	1.83	1.72
38		2.50	0.63	0.75	0.90	1.6146	95.63	1.33	1.83	1.73
39		2.50	0.50	0.75	0.86	1.6195	95.16	1.34	1.84	1.73
40		2.50	0.38	0.68	0.78	1.6219	89.39	1.33	1.88	1.70
41		2.50	0.50	0.68	0.81	1.6273	89.81	1.35	1.88	1.71
42		2.75	0.55	0.68	0.61	1.6890	92.26	1.30	2.17	1.64

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
43	28	2.75	0.69	0.75	0.75	1.6912	99.38	1.31	2.14	1.68
44		2.75	0.55	0.75	0.60	1.6945	97.31	1.31	2.15	1.68
45		2.75	0.55	0.68	0.64	1.6968	92.72	1.31	2.18	1.65
46		2.75	0.83	0.75	0.86	1.7004	100.92	1.30	2.14	1.71
47		2.75	0.69	0.68	0.74	1.7015	94.12	1.32	2.18	1.66
48		2.75	0.69	0.75	0.79	1.7042	99.89	1.32	2.15	1.69
49		2.75	0.41	0.68	0.57	1.7068	91.80	1.31	2.20	1.66
50		2.75	0.83	0.68	0.81	1.7102	95.04	1.31	2.18	1.69
51		2.75	0.55	0.68	0.71	1.7197	93.65	1.34	2.20	1.67
52		2.75	0.69	0.75	0.83	1.7218	100.41	1.34	2.17	1.71
53		2.75	0.55	0.60	0.72	1.7454	88.65	1.34	2.29	1.66
54		3.00	0.60	0.75	0.45	1.7999	100.50	1.31	2.51	1.64
55		3.00	0.75	0.75	0.53	1.8022	101.63	1.31	2.50	1.66
56		3.00	0.60	0.68	0.44	1.8035	94.71	1.31	2.54	1.62
57		3.00	0.90	0.68	0.71	1.8050	98.76	1.30	2.51	1.65
58		3.00	0.75	0.68	0.54	1.8051	96.23	1.31	2.53	1.63
59		3.00	0.90	0.75	0.75	1.8110	105.00	1.31	2.49	1.69
60		3.00	0.60	0.60	0.57	1.8216	91.05	1.30	2.61	1.61
61		3.00	0.90	0.68	0.74	1.8234	99.26	1.32	2.53	1.67
62		3.00	1.05	0.68	0.81	1.8243	100.28	1.30	2.53	1.70
63		3.25	0.81	0.68	0.41	1.9156	98.93	1.31	2.90	1.60
64		3.25	0.98	0.68	0.51	1.9202	100.57	1.30	2.89	1.63
65		3.25	1.14	0.75	0.75	1.9256	110.63	1.30	2.83	1.70
66	30	2.00	0.30	0.60	0.72	1.4586	74.70	1.35	1.32	1.76
67		2.25	0.45	0.68	0.44	1.4878	80.40	1.30	1.53	1.68
68		2.25	0.56	0.68	0.54	1.4916	81.54	1.30	1.52	1.69
69		2.25	0.56	0.68	0.57	1.4986	81.92	1.31	1.53	1.70
70		2.25	0.68	0.75	0.75	1.5035	88.13	1.30	1.50	1.75
71		2.25	0.56	0.75	0.56	1.5044	86.02	1.31	1.51	1.73
72		2.25	0.56	0.68	0.61	1.5052	82.30	1.32	1.53	1.71
73		2.25	0.45	0.60	0.60	1.5058	78.00	1.31	1.58	1.68
74		2.25	0.68	0.68	0.74	1.5095	83.82	1.32	1.53	1.73
75		2.25	0.34	0.75	0.45	1.5108	84.75	1.32	1.54	1.73
76		2.25	0.34	0.60	0.54	1.5116	77.33	1.30	1.59	1.69
77		2.25	0.56	0.75	0.60	1.5132	86.44	1.33	1.52	1.74
78		2.25	0.68	0.75	0.79	1.5154	88.55	1.32	1.51	1.77
79		2.25	0.56	0.68	0.68	1.5216	83.06	1.34	1.54	1.72
80		2.25	0.56	0.60	0.69	1.5230	79.01	1.32	1.59	1.70
81		2.50	0.63	0.68	0.41	1.5853	84.75	1.30	1.85	1.66
82		2.50	0.75	0.68	0.54	1.6009	86.44	1.31	1.85	1.70
83		2.50	0.75	0.75	0.53	1.6011	90.94	1.30	1.82	1.73
84		2.50	0.63	0.68	0.44	1.6063	85.17	1.32	1.86	1.68
85		2.50	0.75	0.68	0.57	1.6082	86.86	1.32	1.85	1.71
86		2.50	0.50	0.60	0.42	1.6096	80.25	1.31	1.92	1.65
87		2.50	0.63	0.60	0.54	1.6108	81.75	1.31	1.91	1.66
88		2.50	0.88	0.68	0.74	1.6122	88.97	1.31	1.84	1.74
89		2.50	0.75	0.68	0.61	1.6151	87.28	1.33	1.85	1.71
90		2.50	0.88	0.75	0.79	1.6168	94.22	1.31	1.82	1.77
91		2.50	0.38	0.60	0.39	1.6172	79.88	1.30	1.94	1.66
92		2.75	0.83	0.68	0.41	1.7024	89.48	1.31	2.19	1.66
93		2.75	0.96	0.68	0.57	1.7181	91.80	1.31	2.18	1.72
94		2.75	0.96	0.75	0.56	1.7218	96.80	1.31	2.16	1.75
95		2.75	0.83	0.60	0.51	1.7245	85.76	1.30	2.26	1.66
96		2.75	1.10	0.75	0.83	1.7368	100.41	1.31	2.15	1.80
97		2.75	0.55	0.53	0.50	1.7620	80.45	1.32	2.38	1.64
98		3.00	1.05	0.68	0.44	1.8401	94.71	1.32	2.56	1.70
99		3.00	1.20	0.68	0.64	1.8416	97.74	1.31	2.53	1.74
100	32	2.00	0.40	0.60	0.36	1.4295	71.10	1.33	1.31	1.70
101		2.00	0.50	0.53	0.55	1.4316	69.26	1.30	1.34	1.70
102		2.00	0.40	0.53	0.47	1.4347	68.48	1.31	1.35	1.69

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
103	32	2.00	0.30	0.53	0.42	1.4423	67.95	1.31	1.36	1.70
104		2.00	0.50	0.60	0.45	1.4450	72.00	1.34	1.30	1.73
105		2.00	0.40	0.60	0.39	1.4493	71.40	1.35	1.32	1.72
106		2.00	0.30	0.60	0.36	1.4503	71.10	1.35	1.33	1.72
107		2.00	0.50	0.60	0.48	1.4536	72.30	1.36	1.31	1.74
108		2.00	0.60	0.53	0.63	1.4554	70.05	1.32	1.35	1.74
109		2.00	0.60	0.60	0.63	1.4562	73.80	1.35	1.30	1.76
110		2.00	0.30	0.53	0.50	1.4628	68.74	1.33	1.37	1.72
111		2.00	0.30	0.60	0.39	1.4704	71.40	1.37	1.34	1.75
112		2.00	0.60	0.60	0.69	1.4929	74.40	1.40	1.33	1.80
113		2.00	0.40	0.60	0.39	1.4994	71.40	1.35	1.32	1.72
114		2.00	0.30	0.68	0.44	1.5212	75.64	1.46	1.33	1.82
115		2.25	0.68	0.60	0.39	1.5233	75.64	1.32	1.60	1.70
116		2.25	0.79	0.68	0.44	1.5244	80.40	1.32	1.55	1.75
117		2.25	0.79	0.75	0.45	1.5259	84.75	1.32	1.53	1.78
118		2.25	0.79	0.60	0.54	1.5262	77.33	1.30	1.58	1.74
119		2.25	0.56	0.53	0.39	1.5293	71.46	1.30	1.66	1.67
120		2.25	0.90	0.68	0.64	1.5304	82.68	1.31	1.53	1.80
121		2.25	0.90	0.75	0.60	1.5316	86.44	1.30	1.51	1.83
122		2.25	0.45	0.53	0.34	1.5347	70.87	1.31	1.68	1.66
123		2.25	0.79	0.68	0.47	1.5400	80.78	1.34	1.56	1.77
124		2.25	0.90	0.60	0.69	1.5406	79.01	1.30	1.58	1.79
125		2.00	0.60	0.68	0.78	1.5450	79.01	1.48	1.32	1.88
126		2.00	0.30	0.75	0.68	1.5986	81.75	1.56	1.35	1.94
127		2.25	0.56	0.75	0.45	1.6157	84.75	1.46	1.61	1.82
128		2.50	1.00	0.68	0.44	1.6232	85.17	1.30	1.86	1.76
129		2.50	1.00	0.75	0.45	1.6233	90.00	1.30	1.83	1.79
130		2.50	0.88	0.60	0.39	1.6309	79.88	1.31	1.93	1.71
131		2.50	1.13	0.68	0.68	1.6339	88.13	1.30	1.83	1.82
132		2.50	0.63	0.53	0.32	1.6422	74.25	1.31	2.02	1.64
133		2.50	0.75	0.53	0.39	1.6484	75.23	1.31	2.02	1.67
134		2.75	0.96	0.53	0.42	1.7777	79.37	1.31	2.39	1.69
135		2.75	1.24	0.68	0.47	1.7402	90.40	1.30	2.18	1.79
136	34	2.00	0.60	0.53	0.32	1.4495	66.90	1.32	1.37	1.70
137		2.00	0.70	0.53	0.39	1.4510	67.69	1.30	1.35	1.74
138		2.00	0.40	0.45	0.27	1.4541	62.70	1.31	1.44	1.66
139		2.00	0.50	0.45	0.32	1.4582	63.15	1.31	1.43	1.68
140		2.00	0.70	0.53	0.42	1.4596	67.95	1.31	1.36	1.75
141		2.00	0.60	0.45	0.43	1.4597	64.28	1.30	1.42	1.70
142		2.00	0.80	0.60	0.45	1.4655	72.00	1.33	1.30	1.81
143		2.00	0.70	0.53	0.45	1.4666	68.21	1.32	1.36	1.76
144		2.00	0.80	0.53	0.58	1.4672	69.53	1.31	1.35	1.79
145		2.00	0.70	0.60	0.36	1.4679	71.10	1.36	1.32	1.77
146		2.00	0.40	0.38	0.36	1.4739	59.81	1.31	1.49	1.67
147		2.00	0.60	0.45	0.47	1.4802	64.73	1.33	1.43	1.72
148		2.00	0.30	0.38	0.32	1.4817	59.44	1.30	1.51	1.68
149		2.00	0.50	0.30	0.36	1.4914	56.10	1.31	1.54	1.67
150		2.00	0.70	0.53	0.55	1.5013	69.26	1.37	1.38	1.79
151		2.00	0.70	0.60	0.42	1.5039	71.70	1.40	1.34	1.82
152		2.00	0.80	0.53	0.63	1.5153	70.05	1.36	1.38	1.85
153		2.00	0.40	0.45	0.38	1.5169	63.83	1.39	1.47	1.73
154		2.00	0.70	0.68	0.41	1.5188	75.30	1.44	1.32	1.85
155		2.00	0.30	0.45	0.34	1.5227	63.38	1.38	1.49	1.74
156		2.00	0.70	0.60	0.48	1.5248	72.30	1.43	1.35	1.84
157		2.25	1.24	0.68	0.71	1.5459	83.44	1.30	1.47	1.91
158		2.25	1.13	0.68	0.51	1.5493	81.16	1.30	1.51	1.88
159		2.25	0.79	0.53	0.32	1.5532	70.58	1.31	1.69	1.71
160		2.25	1.35	0.75	0.86	1.5550	89.39	1.31	1.41	1.99
161		2.25	1.01	0.60	0.45	1.5562	76.31	1.31	1.59	1.82
162		2.25	1.01	0.68	0.41	1.5568	80.03	1.33	1.55	1.84

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
163	34	2.25	1.24	0.75	0.75	1.5574	88.13	1.31	1.45	1.96
164		2.25	1.13	0.75	0.53	1.5607	85.59	1.31	1.50	1.92
165		2.25	0.90	0.60	0.36	1.5632	75.30	1.34	1.62	1.78
166		2.25	0.90	0.53	0.45	1.5650	72.05	1.30	1.67	1.77
167		2.25	0.68	0.45	0.32	1.5735	66.36	1.31	1.77	1.68
168		2.00	0.30	0.53	0.39	1.5928	67.69	1.51	1.48	1.84
169		2.25	0.45	0.38	0.26	1.5939	61.55	1.32	1.86	1.65
170		2.00	0.60	0.60	0.57	1.5957	73.20	1.55	1.40	1.89
171		2.50	1.50	0.68	0.71	1.6354	88.55	1.31	1.72	1.92
172		2.50	1.38	0.68	0.51	1.6400	86.02	1.30	1.78	1.89
173		2.50	1.25	0.68	0.41	1.6502	84.75	1.31	1.84	1.84
174		2.75	1.65	0.68	0.51	1.7336	90.87	1.31	2.05	1.89
175	36	2.00	0.90	0.53	0.34	1.4797	67.16	1.31	1.36	1.81
176		2.00	1.00	0.53	0.50	1.48	68.74	1.30	1.33	1.86
177		2.00	0.60	0.38	0.23	1.49	58.50	1.32	1.51	1.67
178		2.00	1.10	0.53	0.60	1.49	69.79	1.31	1.30	1.90
179		2.00	0.50	0.30	0.18	1.49	54.30	1.32	1.56	1.63
180		2.00	1.00	0.53	0.53	1.49	69.00	1.32	1.34	1.87
181		2.00	0.80	0.45	0.34	1.49	63.38	1.31	1.44	1.77
182		2.00	0.90	0.53	0.37	1.50	67.43	1.33	1.37	1.83
183		2.00	0.70	0.38	0.30	1.50	59.25	1.31	1.50	1.72
184		2.00	0.70	0.45	0.27	1.50	62.70	1.34	1.46	1.73
185		2.00	0.60	0.30	0.23	1.50	54.75	1.31	1.56	1.67
186		2.00	0.70	0.30	0.32	1.50	55.65	1.31	1.54	1.70
187		2.00	0.80	0.45	0.36	1.50	63.60	1.33	1.44	1.78
188		2.00	0.70	0.38	0.32	1.50	59.44	1.32	1.51	1.73
189		1.75	0.35	0.30	0.35	1.50	53.64	1.48	1.30	1.78
190		1.75	0.26	0.30	0.33	1.50	53.51	1.47	1.31	1.78
191		2.00	0.90	0.45	0.50	1.51	64.95	1.32	1.42	1.82
192		2.00	1.00	0.60	0.42	1.51	71.70	1.36	1.30	1.90
193		2.00	0.90	0.53	0.42	1.52	67.95	1.36	1.38	1.86
194		2.00	0.90	0.60	0.36	1.52	71.10	1.40	1.34	1.88
195		1.75	0.35	0.30	0.36	1.53	53.78	1.51	1.32	1.81
196		2.25	1.35	0.60	0.45	1.55	76.31	1.31	1.49	1.90
197		2.25	1.35	0.68	0.41	1.56	80.03	1.34	1.46	1.92
198		2.25	1.24	0.60	0.36	1.56	75.30	1.31	1.55	1.86
199		2.25	1.13	0.53	0.37	1.59	71.17	1.31	1.66	1.84
200		2.25	1.24	0.53	0.53	1.58	72.94	1.31	1.61	1.88
201		2.25	0.79	0.38	0.23	1.60	61.13	1.31	1.87	1.68
202		2.25	1.01	0.45	0.36	1.60	66.86	1.31	1.76	1.79
203		2.25	1.13	0.45	0.50	1.60	68.38	1.30	1.73	1.83
204		2.25	0.90	0.38	0.32	1.61	62.18	1.30	1.85	1.73
205		2.25	1.35	0.60	0.66	1.62	78.68	1.40	1.54	1.98
206		2.50	1.50	0.60	0.36	1.65	79.50	1.32	1.81	1.87
207		2.50	1.50	0.53	0.47	1.66	76.22	1.30	1.87	1.87
208	38	2.00	1.20	0.45	0.47	1.4960	64.73	1.31	1.33	1.89
209		1.75	0.53	0.30	0.21	1.4974	52.46	1.47	1.31	1.76
210		1.75	0.44	0.30	0.18	1.5015	52.20	1.49	1.32	1.74
211		2.00	1.00	0.45	0.27	1.5021	62.70	1.31	1.42	1.82
212		2.00	1.10	0.45	0.36	1.5049	63.60	1.31	1.38	1.87
213		1.75	0.53	0.30	0.23	1.5093	52.59	1.48	1.31	1.78
214		2.00	1.10	0.45	0.38	1.5121	63.83	1.32	1.39	1.88
215		1.75	0.61	0.30	0.32	1.5143	53.38	1.47	1.30	1.81
216		2.00	1.00	0.38	0.34	1.5147	59.63	1.30	1.47	1.82
217		2.00	1.10	0.53	0.32	1.5165	66.90	1.36	1.34	1.89
218		2.00	0.80	0.30	0.18	1.5180	54.30	1.32	1.57	1.71
219		1.75	0.53	0.30	0.24	1.5184	52.73	1.50	1.32	1.79
220		2.00	1.10	0.45	0.41	1.5188	64.05	1.33	1.39	1.88
221		2.00	0.90	0.30	0.24	1.5197	54.90	1.30	1.55	1.76
222		2.00	0.90	0.38	0.24	1.5201	58.69	1.32	1.51	1.78

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
223	38	2.00	1.10	0.38	0.43	1.5257	60.56	1.31	1.45	1.87
224		2.00	1.10	0.45	0.43	1.5262	64.28	1.34	1.39	1.89
225		2.00	0.90	0.30	0.26	1.5269	55.05	1.31	1.55	1.76
226		1.75	0.70	0.30	0.36	1.5283	53.78	1.47	1.30	1.86
227		2.00	1.20	0.53	0.45	1.5305	68.21	1.38	1.30	1.95
228		2.00	1.20	0.45	0.52	1.5334	65.18	1.36	1.36	1.93
229		2.00	1.20	0.53	0.47	1.5374	68.48	1.39	1.30	1.96
230		2.00	1.00	0.45	0.34	1.5505	63.38	1.37	1.45	1.88
231		1.75	0.44	0.38	0.26	1.5800	56.20	1.61	1.33	1.85
232		2.25	1.35	0.45	0.34	1.5919	66.61	1.31	1.65	1.86
233		2.25	1.24	0.45	0.27	1.5995	65.85	1.31	1.72	1.82
234		2.25	1.35	0.53	0.32	1.6103	70.58	1.37	1.61	1.90
235		2.25	1.24	0.38	0.36	1.6230	62.60	1.31	1.78	1.83
236		2.25	1.13	0.38	0.24	1.6239	61.34	1.30	1.83	1.78
237		2.25	1.01	0.30	0.18	1.6282	56.40	1.30	1.92	1.71
238	40	2.00	1.20	0.30	0.21	1.5086	54.60	1.31	1.45	1.81
239		2.00	1.20	0.38	0.23	1.5098	58.50	1.33	1.41	1.83
240		2.00	1.20	0.30	0.23	1.5202	54.75	1.32	1.45	1.83
241		2.00	1.10	0.30	0.18	1.5254	54.30	1.32	1.51	1.79
242		2.00	1.20	0.30	0.24	1.5291	54.90	1.34	1.46	1.84
243		1.75	0.79	0.30	0.23	1.5320	52.59	1.48	1.30	1.86
244		1.75	0.70	0.30	0.18	1.5380	52.20	1.51	1.33	1.82
245		2.25	1.35	0.30	0.18	1.6300	56.40	1.33	1.81	1.79
246	42	1.75	0.96	0.30	0.21	1.5997	52.46	1.58	1.30	1.96
247		1.75	0.96	0.30	0.23	1.6124	52.59	1.60	1.31	1.98
248		1.75	0.88	0.30	0.18	1.6180	52.20	1.62	1.35	1.94
249		1.75	0.96	0.30	0.24	1.6304	52.73	1.61	1.31	1.99
250		1.75	0.96	0.30	0.27	1.6379	52.99	1.64	1.32	2.01
251		2.00	1.20	0.30	0.18	1.6629	54.30	1.54	1.58	1.92
252		2.00	1.20	0.30	0.18	1.6629	54.30	1.54	1.58	1.92

Çizelge 6.3. H=6m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	4.80	1.20	0.90	1.08	1.9104	180.42	1.00	3.47	1.31
2		4.80	0.96	0.90	1.04	1.9175	179.34	1.01	3.49	1.31
3		4.80	0.72	0.90	0.99	1.9214	178.26	1.00	3.50	1.31
4		4.80	0.96	0.90	1.08	1.9499	180.42	1.04	3.54	1.33
5		4.80	0.72	0.81	0.97	1.9659	167.03	1.03	3.61	1.31
6		4.80	0.72	0.90	1.08	1.9791	180.42	1.05	3.60	1.35
7		5.10	1.53	0.90	1.08	2.0212	188.79	1.00	3.80	1.32
8		5.10	0.77	0.90	0.81	2.0324	181.91	1.01	3.85	1.30
9		5.10	1.02	0.90	0.95	2.0352	185.35	1.02	3.84	1.30
10		5.40	0.81	0.90	1.04	2.4985	195.95	1.30	4.75	1.52
11	22	5.40	1.08	0.90	1.08	2.5030	197.16	1.32	4.75	1.52
12		5.40	0.81	0.81	0.97	2.5258	182.09	1.31	4.85	1.50
13		5.70	1.14	0.90	0.95	2.6018	201.68	1.30	5.10	1.48
14		5.70	1.43	0.90	1.04	2.6062	204.25	1.30	5.10	1.49
15		4.50	0.68	0.90	1.04	2.1464	171.04	1.31	3.61	1.59
16	24	4.50	0.90	0.90	1.08	2.1513	172.05	1.32	3.60	1.59
17		4.50	0.68	0.81	0.97	2.1661	159.50	1.31	3.68	1.57
18		4.80	0.96	0.90	0.95	2.2464	177.18	1.31	3.94	1.56
19		4.80	1.20	0.90	1.04	2.2510	179.34	1.31	3.94	1.57
20		4.80	0.96	0.81	0.89	2.2521	165.08	1.30	3.99	1.53
21		4.80	0.72	0.90	0.90	2.2636	176.10	1.31	3.98	1.57
22		3.60	0.72	0.90	1.08	1.8085	146.94	1.31	2.50	1.66
23	26	3.60	0.54	0.81	0.97	1.8157	136.90	1.31	2.56	1.64
24		3.60	0.54	0.90	1.08	1.8352	146.94	1.33	2.54	1.69
25		3.90	0.78	0.90	0.95	1.9042	152.68	1.30	2.84	1.63
26		3.90	0.78	0.81	0.89	1.9048	142.85	1.30	2.88	1.59

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
27	26	3.90	0.98	0.90	1.04	1.9092	154.43	1.31	2.84	1.64
28		3.90	0.59	0.90	0.90	1.9181	151.80	1.31	2.87	1.64
29		3.90	0.98	0.81	0.97	1.9237	144.43	1.32	2.89	1.62
30	28	2.70	0.54	0.90	1.08	1.4979	121.83	1.31	1.50	1.73
31		2.70	0.41	0.90	1.08	1.5199	121.83	1.32	1.53	1.75
32		3.00	0.75	0.81	0.97	1.5935	121.83	1.31	1.84	1.68
33		3.00	0.60	0.90	0.99	1.5972	128.85	1.32	1.82	1.71
34		3.00	0.60	0.81	0.93	1.5984	121.22	1.32	1.85	1.68
35		3.00	0.45	0.81	0.89	1.5997	120.62	1.31	1.86	1.68
36		3.00	0.45	0.90	0.95	1.6039	128.18	1.31	1.83	1.72
37		3.00	0.75	0.90	1.08	1.6146	130.20	1.33	1.83	1.73
38		3.00	0.60	0.90	1.04	1.6195	129.53	1.34	1.84	1.73
39		3.00	0.60	0.81	0.97	1.6273	121.83	1.35	1.88	1.71
40		3.30	0.66	0.81	0.73	1.6890	125.35	1.30	2.17	1.64
41		3.30	0.83	0.90	0.90	1.6912	135.60	1.31	2.14	1.68
42		3.30	0.66	0.90	0.72	1.6945	132.63	1.31	2.15	1.68
43		3.30	0.66	0.81	0.77	1.6968	126.02	1.31	2.18	1.65
44		3.30	0.99	0.90	1.04	1.7004	137.83	1.30	2.14	1.71
45		3.30	0.83	0.81	0.89	1.7015	128.03	1.32	2.18	1.66
46		3.30	0.83	0.90	0.95	1.7042	136.34	1.32	2.15	1.69
47		3.30	0.50	0.81	0.69	1.7068	124.69	1.31	2.20	1.66
48		3.30	0.99	0.81	0.97	1.7102	129.36	1.31	2.18	1.69
49		3.30	0.83	0.90	0.99	1.7218	137.09	1.34	2.17	1.71
50		3.30	0.83	0.81	0.97	1.7557	129.36	1.38	2.23	1.71
51		3.60	0.72	0.90	0.54	1.7999	137.22	1.31	2.51	1.64
52		3.60	0.90	0.90	0.63	1.8022	138.84	1.31	2.50	1.66
53		3.60	0.72	0.81	0.53	1.8035	128.88	1.31	2.54	1.62
54		3.60	1.08	0.81	0.85	1.8050	134.71	1.30	2.51	1.65
55		3.60	0.90	0.81	0.65	1.8051	131.06	1.31	2.53	1.63
56		3.60	1.08	0.90	0.90	1.8110	143.70	1.31	2.49	1.69
57		3.60	0.90	0.81	0.69	1.8130	131.79	1.32	2.54	1.64
58		3.60	0.72	0.72	0.68	1.8216	123.61	1.30	2.61	1.61
59		3.60	0.90	0.81	0.77	1.8285	133.25	1.34	2.55	1.65
60		3.60	1.08	0.72	0.86	1.8347	126.85	1.30	2.61	1.65
61		3.60	1.08	0.81	0.93	1.8481	136.17	1.35	2.56	1.69
62		3.90	0.98	0.81	0.49	1.9156	134.95	1.31	2.90	1.60
63		3.90	1.17	0.81	0.61	1.9202	137.32	1.30	2.89	1.63
64		3.90	1.37	0.90	0.90	1.9256	151.80	1.30	2.83	1.70
65	30	2.40	0.36	0.72	0.86	1.4586	100.07	1.35	1.32	1.76
66		2.70	0.54	0.81	0.53	1.4878	108.28	1.30	1.53	1.68
67		2.70	0.68	0.81	0.65	1.4916	109.92	1.30	1.52	1.69
68		2.70	0.68	0.81	0.69	1.4986	110.47	1.31	1.53	1.70
69		2.70	0.54	0.81	0.57	1.5030	108.83	1.32	1.54	1.69
70		2.70	0.81	0.90	0.90	1.5035	119.40	1.30	1.50	1.75
71		2.70	0.68	0.90	0.68	1.5044	116.36	1.31	1.51	1.73
72		2.70	0.68	0.81	0.73	1.5052	111.02	1.32	1.53	1.71
73		2.70	0.54	0.72	0.72	1.5058	104.82	1.31	1.58	1.68
74		2.40	0.36	0.81	0.97	1.5092	106.76	1.43	1.31	1.83
75		2.70	0.54	0.90	0.59	1.5092	115.15	1.32	1.53	1.72
76		2.70	0.81	0.81	0.89	1.5095	113.20	1.32	1.53	1.73
77		2.70	0.41	0.90	0.54	1.5108	114.54	1.32	1.54	1.73
78		2.70	0.41	0.72	0.65	1.5116	103.85	1.30	1.59	1.69
79		2.70	0.81	0.90	0.95	1.5154	120.01	1.32	1.51	1.77
80		2.70	0.41	0.72	0.68	1.5188	104.33	1.31	1.60	1.69
81		2.70	0.68	0.81	0.81	1.5216	112.11	1.34	1.54	1.72
82		2.70	0.68	0.72	0.83	1.5230	106.28	1.32	1.59	1.70
83		2.70	0.81	0.81	0.93	1.5307	113.75	1.34	1.54	1.75
84		2.70	0.54	0.90	0.68	1.5364	116.36	1.36	1.54	1.76
85		2.70	0.68	0.90	0.99	1.5725	120.62	1.40	1.56	1.80
86		2.70	0.81	0.90	1.08	1.5816	121.83	1.40	1.56	1.83

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
87	30	3.00	0.75	0.81	0.49	1.5853	114.54	1.30	1.85	1.66
88		3.00	0.90	0.81	0.65	1.6009	116.97	1.31	1.85	1.70
89		3.00	0.90	0.90	0.63	1.6011	123.45	1.30	1.82	1.73
90		3.00	0.75	0.81	0.53	1.6063	115.15	1.32	1.86	1.68
91		3.00	0.60	0.72	0.50	1.6096	108.06	1.31	1.92	1.65
92		3.00	0.75	0.72	0.65	1.6108	110.22	1.31	1.91	1.66
93		3.00	1.05	0.81	0.89	1.6122	120.62	1.31	1.84	1.74
94		3.00	1.05	0.90	0.95	1.6168	128.18	1.31	1.82	1.77
95		3.00	0.45	0.72	0.47	1.6172	107.52	1.30	1.94	1.66
96		3.00	0.75	0.72	0.72	1.6278	111.30	1.33	1.92	1.68
97		3.00	1.20	0.90	1.08	1.6308	130.20	1.30	1.82	1.82
98		3.00	1.05	0.81	0.93	1.6345	121.22	1.33	1.86	1.76
99		3.30	0.99	0.81	0.49	1.7024	121.34	1.31	2.19	1.66
100		3.30	1.16	0.81	0.69	1.7181	124.69	1.31	2.18	1.72
101		3.30	1.16	0.90	0.68	1.7218	131.89	1.31	2.16	1.75
102		3.30	0.83	0.72	0.47	1.7238	113.62	1.31	2.27	1.64
103	32	2.40	0.48	0.72	0.43	1.4295	94.88	1.33	1.31	1.70
104		2.40	0.60	0.63	0.66	1.4316	92.24	1.30	1.34	1.70
105		2.40	0.48	0.63	0.57	1.4347	91.10	1.31	1.35	1.69
106		2.40	0.36	0.63	0.50	1.4423	90.35	1.31	1.36	1.70
107		2.40	0.60	0.72	0.54	1.4450	96.18	1.34	1.30	1.73
108		2.40	0.60	0.63	0.69	1.4469	92.62	1.32	1.35	1.71
109		2.40	0.48	0.72	0.47	1.4493	95.32	1.35	1.32	1.72
110		2.40	0.36	0.72	0.43	1.4503	94.88	1.35	1.33	1.72
111		2.40	0.60	0.72	0.58	1.4536	96.61	1.36	1.31	1.74
112		2.40	0.72	0.63	0.76	1.4554	93.37	1.32	1.35	1.74
113		2.40	0.72	0.72	0.76	1.4562	98.77	1.35	1.30	1.76
114		2.40	0.60	0.72	0.61	1.4607	97.04	1.37	1.31	1.75
115		2.40	0.72	0.72	0.79	1.4719	99.20	1.37	1.31	1.78
116		2.40	0.84	0.72	0.86	1.4745	100.07	1.35	1.31	1.81
117		2.40	0.72	0.72	0.83	1.4929	99.64	1.40	1.33	1.80
118		2.40	0.48	0.72	0.65	1.4988	97.48	1.42	1.34	1.78
119		2.40	0.48	0.81	0.53	1.4994	101.42	1.44	1.31	1.79
120		2.40	0.36	0.72	0.65	1.5206	97.48	1.44	1.36	1.81
121		2.40	0.36	0.81	0.53	1.5212	101.42	1.46	1.33	1.82
122		2.70	0.81	0.72	0.47	1.5233	101.42	1.32	1.60	1.70
123		2.70	0.95	0.81	0.53	1.5244	108.28	1.32	1.55	1.75
124		2.70	0.95	0.90	0.54	1.5259	114.54	1.32	1.53	1.78
125		2.70	0.95	0.72	0.65	1.5262	103.85	1.30	1.58	1.74
126		2.70	0.68	0.63	0.47	1.5293	95.40	1.30	1.66	1.67
127		2.70	1.08	0.81	0.77	1.5304	111.56	1.31	1.53	1.80
128		2.70	1.08	0.90	0.72	1.5316	116.97	1.30	1.51	1.83
129		2.70	0.54	0.63	0.41	1.5347	94.55	1.31	1.68	1.66
130		2.70	0.81	0.63	0.66	1.5398	97.96	1.31	1.66	1.70
131		2.70	1.08	0.72	0.83	1.5406	106.28	1.30	1.58	1.79
132		2.70	0.68	0.81	0.53	1.6145	108.28	1.46	1.63	1.80
133	34	3.00	1.20	0.81	0.53	1.6232	115.15	1.30	1.86	1.76
134		3.00	1.20	0.90	0.54	1.6233	122.10	1.30	1.83	1.79
135		3.00	1.05	0.72	0.47	1.6309	107.52	1.31	1.93	1.71
136		3.00	1.35	0.81	0.81	1.6339	119.40	1.30	1.83	1.82
137		3.00	0.75	0.63	0.38	1.6422	99.42	1.31	2.02	1.64
138		3.00	1.20	0.72	0.72	1.6445	111.30	1.31	1.91	1.76
139		3.00	0.90	0.63	0.47	1.6484	100.84	1.31	2.02	1.67
140		2.40	0.72	0.63	0.38	1.4495	88.84	1.32	1.37	1.70
141		2.40	0.84	0.63	0.47	1.4510	89.97	1.30	1.35	1.74
142		2.40	0.48	0.54	0.32	1.4541	82.79	1.31	1.44	1.66
143		2.40	0.60	0.54	0.38	1.4582	83.44	1.31	1.43	1.68
144		2.40	0.84	0.63	0.50	1.4596	90.35	1.31	1.36	1.75
145		2.40	0.72	0.54	0.51	1.4597	85.06	1.30	1.42	1.70
146		2.40	0.96	0.72	0.54	1.4655	96.18	1.33	1.30	1.81

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
147	34	2.40	0.96	0.63	0.69	1.4672	92.62	1.31	1.35	1.79
148		2.40	0.84	0.72	0.43	1.4679	94.88	1.36	1.32	1.77
149		2.40	0.48	0.45	0.43	1.4739	78.63	1.31	1.49	1.67
150		2.40	0.60	0.45	0.50	1.4789	79.44	1.31	1.49	1.68
151		2.40	0.84	0.63	0.60	1.4804	91.48	1.34	1.37	1.77
152		2.40	0.96	0.72	0.61	1.4813	97.04	1.35	1.31	1.83
153		2.40	0.96	0.72	0.65	1.4880	97.48	1.36	1.31	1.84
154		2.40	0.48	0.36	0.41	1.4958	73.07	1.32	1.55	1.67
155		2.40	1.08	0.72	0.83	1.5007	99.64	1.35	1.30	1.89
156		2.40	0.48	0.54	0.41	1.5008	83.76	1.37	1.46	1.72
157		2.40	0.48	0.63	0.38	1.5206	88.84	1.43	1.43	1.75
158		2.40	0.84	0.81	0.53	1.5400	101.42	1.46	1.33	1.87
159		2.40	0.36	0.54	0.49	1.5459	84.73	1.42	1.50	1.77
160		2.70	1.49	0.81	0.85	1.5459	112.66	1.30	1.47	1.91
161		2.70	1.35	0.81	0.61	1.5493	109.38	1.30	1.51	1.88
162		2.70	0.95	0.63	0.38	1.5532	94.13	1.31	1.69	1.71
163		2.70	1.62	0.90	1.04	1.5550	121.22	1.31	1.41	1.99
164		2.70	1.22	0.72	0.54	1.5562	102.39	1.31	1.59	1.82
165		2.70	1.22	0.81	0.49	1.5568	107.74	1.33	1.55	1.84
166		2.70	1.49	0.90	0.90	1.5574	119.40	1.31	1.45	1.96
167		2.70	1.35	0.90	0.63	1.5607	115.76	1.31	1.50	1.92
168		2.70	1.08	0.72	0.43	1.5632	100.93	1.34	1.62	1.78
169		2.70	1.08	0.63	0.54	1.5650	96.25	1.30	1.67	1.77
170		2.70	0.68	0.45	0.36	1.5812	81.74	1.30	1.84	1.65
171		2.70	1.62	0.90	1.08	1.5835	121.83	1.35	1.43	2.02
172		3.00	1.80	0.81	0.85	1.6354	120.01	1.31	1.72	1.92
173		3.00	1.65	0.81	0.61	1.6400	116.36	1.30	1.78	1.89
174		3.00	1.50	0.81	0.49	1.6502	114.54	1.31	1.84	1.84
175		3.00	1.35	0.63	0.60	1.6828	102.73	1.31	2.00	1.79
176	36	2.40	1.08	0.63	0.41	1.4797	89.21	1.31	1.36	1.81
177		2.40	1.20	0.63	0.60	1.48	91.48	1.30	1.33	1.86
178		2.40	0.72	0.45	0.27	1.49	76.74	1.32	1.51	1.67
179		2.40	1.32	0.63	0.72	1.49	92.99	1.31	1.30	1.90
180		2.40	0.60	0.36	0.22	1.49	70.69	1.32	1.56	1.63
181		2.40	1.20	0.63	0.63	1.49	91.86	1.32	1.34	1.87
182		2.40	0.96	0.54	0.41	1.49	83.76	1.31	1.44	1.77
183		2.40	0.84	0.45	0.36	1.50	77.82	1.31	1.50	1.72
184		2.40	0.84	0.54	0.32	1.50	82.79	1.34	1.46	1.73
185		2.40	0.72	0.36	0.27	1.50	71.34	1.31	1.56	1.67
186		2.40	0.84	0.36	0.38	1.50	72.64	1.31	1.54	1.70
187		2.40	0.96	0.54	0.43	1.50	84.08	1.33	1.44	1.78
188		2.40	0.96	0.45	0.50	1.50	79.44	1.30	1.49	1.76
189		2.40	0.84	0.45	0.38	1.50	78.09	1.32	1.51	1.73
190		2.10	0.42	0.36	0.41	1.50	69.75	1.48	1.30	1.78
191		2.40	1.20	0.72	0.50	1.51	95.75	1.36	1.30	1.90
192		2.40	0.96	0.63	0.38	1.51	88.84	1.38	1.40	1.80
193		2.40	1.32	0.63	0.76	1.52	93.37	1.34	1.32	1.93
194		2.40	1.08	0.63	0.50	1.52	90.35	1.36	1.38	1.86
195		2.40	0.84	0.45	0.43	1.52	78.63	1.34	1.52	1.74
196		2.40	1.20	0.72	0.54	1.52	96.18	1.37	1.31	1.92
197		2.40	0.96	0.45	0.52	1.52	79.71	1.33	1.51	1.78
198		2.40	0.96	0.54	0.54	1.53	85.38	1.37	1.46	1.81
199		2.40	0.84	0.45	0.47	1.54	79.17	1.37	1.53	1.76
200		2.70	1.62	0.72	0.54	1.55	102.39	1.31	1.49	1.90
201		2.70	1.62	0.81	0.49	1.56	107.74	1.34	1.46	1.92
202		2.70	1.49	0.72	0.43	1.56	100.93	1.31	1.55	1.86
203		2.70	1.62	0.63	0.72	1.58	98.81	1.32	1.56	1.91
204		2.70	1.62	0.90	0.54	1.58	114.54	1.36	1.45	1.98
205		2.70	1.35	0.63	0.44	1.59	94.98	1.31	1.66	1.84
206		2.70	0.95	0.45	0.27	1.60	80.52	1.31	1.87	1.68

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
207	36	3.00	1.80	0.72	0.43	1.65	106.98	1.32	1.81	1.87
208	38	2.40	1.44	0.54	0.57	1.4960	85.70	1.31	1.33	1.89
209		2.10	0.63	0.36	0.25	1.4974	68.05	1.47	1.31	1.76
210		2.10	0.53	0.36	0.22	1.5015	67.67	1.49	1.32	1.74
211		2.40	1.20	0.54	0.32	1.5021	82.79	1.31	1.42	1.82
212		2.40	1.32	0.54	0.43	1.5049	84.08	1.31	1.38	1.87
213		2.40	1.44	0.54	0.59	1.5120	86.03	1.33	1.34	1.91
214		2.40	1.32	0.54	0.46	1.5121	84.41	1.32	1.39	1.88
215		2.10	0.74	0.36	0.38	1.5143	69.37	1.47	1.30	1.81
216		2.40	1.20	0.45	0.41	1.5147	78.36	1.30	1.47	1.82
217		2.40	1.32	0.63	0.38	1.5165	88.84	1.36	1.34	1.89
218		2.40	0.96	0.36	0.22	1.5180	70.69	1.32	1.57	1.71
219		2.10	0.63	0.36	0.29	1.5184	68.42	1.50	1.32	1.79
220		2.40	1.08	0.36	0.29	1.5197	71.56	1.30	1.55	1.76
221		2.40	1.08	0.45	0.29	1.5201	77.01	1.32	1.51	1.78
222		2.40	1.32	0.45	0.52	1.5257	79.71	1.31	1.45	1.87
223		2.40	1.32	0.54	0.51	1.5262	85.06	1.34	1.39	1.89
224		2.40	1.08	0.36	0.31	1.5269	71.77	1.31	1.55	1.76
225		2.10	0.84	0.36	0.43	1.5283	69.94	1.47	1.30	1.86
226		2.40	1.44	0.63	0.54	1.5305	90.73	1.38	1.30	1.95
227		2.10	0.63	0.36	0.34	1.5405	68.99	1.53	1.33	1.81
228		2.10	0.63	0.45	0.34	1.5498	73.67	1.55	1.30	1.84
229		2.10	0.32	0.36	0.22	1.5564	67.67	1.56	1.36	1.79
230		2.10	0.53	0.45	0.32	1.5800	73.43	1.61	1.33	1.85
231		2.70	1.62	0.54	0.41	1.5919	88.42	1.31	1.65	1.86
232		2.70	1.49	0.54	0.32	1.5995	87.32	1.31	1.72	1.82
233		2.70	1.62	0.63	0.38	1.6103	94.13	1.37	1.61	1.90
234		2.70	1.22	0.36	0.22	1.6282	73.72	1.30	1.92	1.71
235		2.70	1.35	0.36	0.32	1.6403	75.17	1.31	1.89	1.78
236		3.00	1.80	0.45	0.41	1.7221	86.33	1.31	2.08	1.83
237	40	2.40	1.44	0.36	0.25	1.5086	71.12	1.31	1.45	1.81
238		2.40	1.44	0.45	0.27	1.5098	76.74	1.33	1.41	1.83
239		2.40	1.32	0.36	0.22	1.5254	70.69	1.32	1.51	1.79
240		2.40	1.44	0.36	0.29	1.5291	71.56	1.34	1.46	1.84
241		2.10	0.95	0.36	0.27	1.5320	68.24	1.48	1.30	1.86
242		2.10	0.84	0.36	0.22	1.5380	67.67	1.51	1.33	1.82
243		2.70	1.62	0.36	0.22	1.6300	73.72	1.33	1.81	1.79
244	42	2.10	1.16	0.36	0.25	1.5997	68.05	1.58	1.30	1.96
245		2.10	1.16	0.36	0.27	1.6124	68.24	1.60	1.31	1.98
246		2.10	1.05	0.36	0.22	1.6180	67.67	1.62	1.35	1.94
247		2.10	1.16	0.36	0.29	1.6223	68.42	1.61	1.31	1.99
248		2.40	1.44	0.36	0.22	1.6629	70.69	1.54	1.58	1.92

Çizelge 6.4. H=7m

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	5.60	1.40	1.05	1.26	1.9104	238.28	1.00	3.47	1.31
2		5.60	1.12	1.05	1.21	1.9175	236.81	1.01	3.49	1.31
3		5.60	0.84	1.05	1.16	1.9214	235.34	1.00	3.50	1.31
4		5.60	0.84	1.05	1.21	1.9463	236.81	1.02	3.54	1.33
5		5.60	1.12	1.05	1.26	1.9499	238.28	1.04	3.54	1.33
6		5.60	0.84	0.95	1.13	1.9659	220.05	1.03	3.61	1.31
7		5.60	0.84	1.05	1.26	1.9791	238.28	1.05	3.60	1.35
8		5.95	1.79	1.05	1.26	2.0212	249.67	1.00	3.80	1.32
9		5.95	0.89	1.05	0.95	2.0324	240.30	1.01	3.85	1.30
10		5.95	1.19	1.05	1.10	2.0352	244.99	1.02	3.84	1.30
11	22	6.30	0.95	1.05	1.21	2.4985	259.41	1.30	4.75	1.52
12		6.30	1.26	1.05	1.26	2.5030	261.07	1.32	4.75	1.52
13		6.30	0.95	0.95	1.13	2.5258	240.56	1.31	4.85	1.50
14		6.65	1.33	1.05	1.10	2.6018	267.22	1.30	5.10	1.48

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
15	22	6.65	1.66	1.05	1.21	2.6062	270.71	1.30	5.10	1.49
16	24	5.25	0.79	1.05	1.21	2.1464	225.51	1.31	3.61	1.59
17		5.25	1.05	1.05	1.26	2.1513	226.89	1.32	3.60	1.59
18		5.25	0.79	0.95	1.13	2.1661	209.80	1.31	3.68	1.57
19		5.60	1.12	1.05	1.10	2.2464	233.87	1.31	3.94	1.56
20		5.60	1.40	1.05	1.21	2.2510	236.81	1.31	3.94	1.57
21		5.60	1.12	0.95	1.04	2.2521	217.41	1.30	3.99	1.53
22		5.60	0.84	1.05	1.05	2.2636	232.40	1.31	3.98	1.57
23	26	4.20	0.84	1.05	1.26	1.8085	192.71	1.31	2.50	1.66
24		4.20	0.63	0.95	1.13	1.8157	179.04	1.31	2.56	1.64
25		4.20	0.63	1.05	1.26	1.8352	192.71	1.33	2.54	1.69
26		4.55	0.91	1.05	1.10	1.9042	200.52	1.30	2.84	1.63
27		4.55	0.91	0.95	1.04	1.9048	187.14	1.30	2.88	1.59
28		4.55	1.14	1.05	1.21	1.9092	202.91	1.31	2.84	1.64
29		4.55	0.68	1.05	1.05	1.9181	199.33	1.31	2.87	1.64
30	28	4.55	1.14	0.95	1.13	1.9237	189.29	1.32	2.89	1.62
31		3.15	0.63	1.05	1.26	1.4979	158.53	1.31	1.50	1.73
32		3.15	0.47	1.05	1.26	1.5199	158.53	1.32	1.53	1.75
33		3.50	0.88	0.95	1.13	1.5935	158.53	1.31	1.84	1.68
34		3.50	0.70	1.05	1.16	1.5972	168.09	1.32	1.82	1.71
35		3.50	0.70	0.95	1.09	1.5984	157.71	1.32	1.85	1.68
36		3.50	0.53	0.95	1.04	1.5997	156.88	1.31	1.86	1.68
37		3.50	0.53	1.05	1.10	1.6039	167.17	1.31	1.83	1.72
38		3.50	0.88	1.05	1.26	1.6146	169.93	1.33	1.83	1.73
39		3.50	0.70	0.95	1.13	1.6273	158.53	1.35	1.88	1.71
40		3.50	0.53	0.95	1.13	1.6512	158.53	1.37	1.90	1.73
41		3.85	0.77	0.95	0.85	1.6890	163.33	1.30	2.17	1.64
42		3.85	0.96	1.05	1.05	1.6912	177.28	1.31	2.14	1.68
43		3.85	0.77	1.05	0.84	1.6945	173.23	1.31	2.15	1.68
44		3.85	0.77	0.95	0.90	1.6968	164.24	1.31	2.18	1.65
45		3.85	1.16	1.05	1.21	1.7004	180.31	1.30	2.14	1.71
46		3.85	0.96	0.95	1.04	1.7015	166.97	1.32	2.18	1.66
47		3.85	0.96	1.05	1.10	1.7042	178.29	1.32	2.15	1.69
48		3.85	0.77	0.95	0.95	1.7066	165.15	1.32	2.19	1.66
49		3.85	0.58	0.95	0.80	1.7068	162.42	1.31	2.20	1.66
50		3.85	1.16	0.95	1.13	1.7102	168.79	1.31	2.18	1.69
51		3.85	0.77	0.84	0.97	1.7148	155.45	1.31	2.26	1.64
52		3.85	0.77	0.95	0.99	1.7197	166.06	1.34	2.20	1.67
53		3.85	0.58	1.05	1.05	1.7524	177.28	1.37	2.21	1.73
54		3.85	0.96	0.95	1.13	1.7557	168.79	1.38	2.23	1.71
55		4.20	0.84	1.05	0.63	1.7999	179.48	1.31	2.51	1.64
56		4.20	1.05	1.05	0.74	1.8022	181.69	1.31	2.50	1.66
57		4.20	0.84	0.95	0.61	1.8035	168.12	1.31	2.54	1.62
58		4.20	1.26	0.95	0.99	1.8050	176.06	1.30	2.51	1.65
59		4.20	1.05	0.95	0.76	1.8051	171.10	1.31	2.53	1.63
60		4.20	1.26	1.05	1.05	1.8110	188.30	1.31	2.49	1.69
61		4.20	0.84	0.84	0.80	1.8216	160.96	1.30	2.61	1.61
62		4.20	1.47	0.95	1.13	1.8243	179.04	1.30	2.53	1.70
63		4.20	1.05	0.84	0.92	1.8260	163.60	1.31	2.61	1.62
64		4.55	1.14	0.95	0.57	1.9156	176.39	1.31	2.90	1.60
65		4.55	1.37	0.95	0.71	1.9202	179.62	1.30	2.89	1.63
66		4.55	1.59	1.05	1.05	1.9256	199.33	1.30	2.83	1.70
67		4.55	1.37	1.05	0.74	1.9258	192.16	1.31	2.86	1.67
68	30	2.80	0.42	0.84	1.01	1.4586	128.91	1.35	1.32	1.76
69		3.15	0.63	0.95	0.61	1.4878	140.09	1.30	1.53	1.68
70		3.15	0.79	0.95	0.76	1.4916	142.33	1.30	1.52	1.69
71		3.15	0.79	0.95	0.80	1.4986	143.07	1.31	1.53	1.70
72		3.15	0.63	0.95	0.66	1.5030	140.84	1.32	1.54	1.69
73		3.15	0.95	1.05	1.05	1.5035	155.23	1.30	1.50	1.75
74		3.15	0.79	1.05	0.79	1.5044	151.09	1.31	1.51	1.73

No	$\theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
75	30	3.15	0.79	0.95	0.85	1.5052	143.81	1.32	1.53	1.71
76		3.15	0.63	0.84	0.84	1.5058	135.38	1.31	1.58	1.68
77		3.15	0.95	0.95	1.04	1.5095	146.79	1.32	1.53	1.73
78		3.15	0.47	0.95	0.61	1.5096	140.09	1.32	1.56	1.70
79		3.15	0.47	1.05	0.63	1.5108	148.61	1.32	1.54	1.73
80		3.15	0.47	0.84	0.76	1.5116	134.06	1.30	1.59	1.69
81		3.15	0.95	1.05	1.10	1.5154	156.05	1.32	1.51	1.77
82		3.15	0.95	1.05	1.16	1.5315	156.88	1.34	1.52	1.78
83		3.15	0.47	1.05	0.74	1.5470	150.26	1.36	1.56	1.77
84		3.15	0.79	0.95	1.09	1.5718	147.54	1.41	1.58	1.78
85		3.50	0.88	0.95	0.57	1.5853	148.61	1.30	1.85	1.66
86		3.50	1.05	0.95	0.76	1.6009	151.92	1.31	1.85	1.70
87		3.50	1.05	1.05	0.74	1.6011	160.74	1.30	1.82	1.73
88		3.50	0.70	0.84	0.59	1.6096	139.79	1.31	1.92	1.65
89		3.50	0.88	0.84	0.76	1.6108	142.73	1.31	1.91	1.66
90		3.50	1.23	0.95	1.04	1.6122	156.88	1.31	1.84	1.74
91		3.50	1.05	0.84	0.92	1.6145	145.67	1.30	1.90	1.69
92		3.50	1.23	0.95	1.09	1.6345	157.71	1.33	1.86	1.76
93		3.50	1.05	0.95	0.99	1.6450	156.05	1.36	1.88	1.74
94		3.85	1.16	0.95	0.57	1.7024	157.87	1.31	2.19	1.66
95		3.85	1.35	0.95	0.80	1.7181	162.42	1.31	2.18	1.72
96		3.85	1.35	1.05	0.79	1.7218	172.22	1.31	2.16	1.75
97		3.85	1.16	1.05	0.63	1.7227	169.19	1.33	2.18	1.71
98		3.85	0.96	0.84	0.55	1.7238	147.36	1.31	2.27	1.64
99		4.20	1.68	0.95	0.95	1.8520	175.07	1.32	2.54	1.75
100		4.20	1.89	1.05	1.21	1.8632	191.61	1.32	2.49	1.83
101	32	2.80	0.56	0.84	0.50	1.4295	121.86	1.33	1.31	1.70
102		2.80	0.70	0.74	0.77	1.4316	118.25	1.30	1.34	1.70
103		2.80	0.56	0.74	0.66	1.4347	116.71	1.31	1.35	1.69
104		2.80	0.42	0.74	0.59	1.4423	115.68	1.31	1.36	1.70
105		2.80	0.70	0.84	0.63	1.4450	123.62	1.34	1.30	1.73
106		2.80	0.56	0.84	0.55	1.4493	122.44	1.35	1.32	1.72
107		2.80	0.42	0.84	0.50	1.4503	121.86	1.35	1.33	1.72
108		2.80	0.84	0.74	0.88	1.4554	119.80	1.32	1.35	1.74
109		2.80	0.84	0.84	0.88	1.4562	127.15	1.35	1.30	1.76
110		2.80	0.84	0.84	0.92	1.4719	127.74	1.37	1.31	1.78
111		2.80	0.70	0.84	0.80	1.4745	125.97	1.39	1.32	1.76
112		2.80	0.56	0.95	0.61	1.4994	130.75	1.44	1.31	1.79
113		2.80	0.70	0.95	0.85	1.5184	134.06	1.46	1.31	1.83
114		2.80	0.56	1.05	0.68	1.5231	139.06	1.46	1.30	1.85
115		3.15	0.95	0.84	0.55	1.5233	130.75	1.32	1.60	1.70
116		3.15	1.10	0.95	0.61	1.5244	140.09	1.32	1.55	1.75
117		3.15	1.10	1.05	0.63	1.5259	148.61	1.32	1.53	1.78
118		3.15	1.10	0.84	0.76	1.5262	134.06	1.30	1.58	1.74
119		3.15	0.79	0.74	0.55	1.5293	122.56	1.30	1.66	1.67
120		3.15	1.26	0.95	0.90	1.5304	144.56	1.31	1.53	1.80
121		3.15	1.26	1.05	0.84	1.5316	151.92	1.30	1.51	1.83
122		3.15	0.63	0.74	0.48	1.5347	121.41	1.31	1.68	1.66
123		2.80	0.70	0.95	0.95	1.5353	135.38	1.49	1.32	1.85
124		3.15	0.47	0.74	0.44	1.5365	120.83	1.30	1.69	1.66
125		3.15	0.95	0.84	0.59	1.5389	131.41	1.33	1.61	1.72
126		3.15	0.95	0.74	0.77	1.5398	126.04	1.31	1.66	1.70
127		3.15	1.26	0.84	0.97	1.5406	137.36	1.30	1.58	1.79
128		3.15	0.79	0.74	0.62	1.5453	123.72	1.32	1.67	1.69
129		3.15	0.95	0.84	0.63	1.5506	132.07	1.35	1.62	1.73
130		3.15	1.42	0.95	1.13	1.5629	148.28	1.33	1.54	1.87
131		3.15	0.79	0.84	0.55	1.5643	130.75	1.38	1.64	1.72
132		3.15	0.47	0.74	0.70	1.6159	124.88	1.40	1.74	1.75
133		3.50	1.40	0.95	0.61	1.6232	149.44	1.30	1.86	1.76
134		3.50	1.40	1.05	0.63	1.6233	158.90	1.30	1.83	1.79

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
135	32	3.50	1.23	0.84	0.55	1.6309	139.06	1.31	1.93	1.71
136		3.50	1.58	0.95	0.95	1.6339	155.23	1.30	1.83	1.82
137		3.50	1.40	0.84	0.84	1.6445	144.20	1.31	1.91	1.76
138		3.50	1.05	0.74	0.55	1.6484	129.96	1.31	2.02	1.67
139		3.85	1.73	0.95	0.66	1.7402	159.69	1.30	2.18	1.79
140		3.85	1.54	0.84	0.59	1.7563	148.17	1.31	2.28	1.74
141	34	2.80	0.84	0.74	0.44	1.4495	113.62	1.32	1.37	1.70
142		2.80	0.98	0.74	0.55	1.4510	115.17	1.30	1.35	1.74
143		2.80	0.56	0.63	0.38	1.4541	105.39	1.31	1.44	1.66
144		2.80	0.70	0.63	0.44	1.4582	106.27	1.31	1.43	1.68
145		2.80	0.84	0.63	0.60	1.4597	108.48	1.30	1.42	1.70
146		2.80	1.12	0.84	0.63	1.4655	123.62	1.33	1.30	1.81
147		2.80	0.98	0.74	0.62	1.4666	116.20	1.32	1.36	1.76
148		2.80	1.12	0.74	0.81	1.4672	118.77	1.31	1.35	1.79
149		2.80	0.98	0.84	0.50	1.4679	121.86	1.36	1.32	1.77
150		2.80	0.84	0.74	0.48	1.4695	114.14	1.35	1.38	1.73
151		2.80	0.98	0.74	0.66	1.4732	116.71	1.33	1.37	1.77
152		2.80	0.56	0.53	0.50	1.4739	99.73	1.31	1.49	1.67
153		2.80	0.70	0.53	0.58	1.4789	100.84	1.31	1.49	1.68
154		2.80	0.98	0.74	0.74	1.4893	117.74	1.35	1.38	1.78
155		2.80	0.56	0.53	0.55	1.4945	100.47	1.33	1.51	1.69
156		2.80	1.26	0.84	0.97	1.5007	128.32	1.35	1.30	1.89
157		2.80	1.12	0.84	0.84	1.5044	126.56	1.38	1.32	1.85
158		2.80	0.98	0.95	0.57	1.5188	130.09	1.44	1.32	1.85
159		2.80	0.56	0.42	0.50	1.5232	92.46	1.35	1.57	1.69
160		2.80	0.98	0.74	0.85	1.5389	119.28	1.42	1.41	1.83
161		2.80	0.42	0.74	0.44	1.5428	113.62	1.45	1.45	1.78
162		3.15	1.73	0.95	0.99	1.5459	146.05	1.30	1.47	1.91
163		3.15	1.58	0.95	0.71	1.5493	141.58	1.30	1.51	1.88
164		3.15	1.10	0.74	0.44	1.5532	120.83	1.31	1.69	1.71
165		3.15	1.89	1.05	1.21	1.5550	157.71	1.31	1.41	1.99
166		3.15	1.42	0.84	0.63	1.5562	132.07	1.31	1.59	1.82
167		3.15	1.42	0.95	0.57	1.5568	139.35	1.33	1.55	1.84
168		3.15	1.73	1.05	1.05	1.5574	155.23	1.31	1.45	1.96
169		3.15	1.26	0.84	0.50	1.5632	130.09	1.34	1.62	1.78
170		3.15	1.26	0.74	0.62	1.5650	123.72	1.30	1.67	1.77
171		3.15	0.95	0.63	0.44	1.5735	112.56	1.31	1.77	1.68
172		3.15	1.10	0.63	0.63	1.5766	115.54	1.30	1.76	1.72
173		3.15	0.79	0.53	0.42	1.5812	103.96	1.30	1.84	1.65
174		3.15	0.63	0.42	0.38	1.5949	95.03	1.30	1.90	1.63
175		3.50	2.10	0.95	0.99	1.6354	156.05	1.31	1.72	1.92
176		3.50	1.93	0.95	0.71	1.6400	151.09	1.30	1.78	1.89
177		3.50	1.75	0.95	0.57	1.6502	148.61	1.31	1.84	1.84
178		3.50	2.10	0.84	1.01	1.6545	147.14	1.31	1.79	1.91
179		3.50	1.75	0.95	0.57	1.6502	148.61	1.31	1.84	1.84
180		3.50	1.93	0.84	0.92	1.6618	145.67	1.31	1.85	1.88
181		3.85	2.31	0.95	0.71	1.7336	160.60	1.31	2.05	1.89
182		3.85	2.12	0.84	0.67	1.7596	149.79	1.30	2.18	1.85
183	36	2.80	1.26	0.74	0.48	1.4797	114.14	1.31	1.36	1.81
184		2.80	1.40	0.74	0.70	1.48	117.23	1.30	1.33	1.86
185		2.80	0.84	0.53	0.32	1.49	97.16	1.32	1.51	1.67
186		2.80	1.54	0.74	0.85	1.49	119.28	1.31	1.30	1.90
187		2.80	0.70	0.42	0.25	1.49	88.93	1.32	1.56	1.63
188		2.80	1.40	0.74	0.74	1.49	117.74	1.32	1.34	1.87
189		2.80	1.12	0.63	0.47	1.49	106.72	1.31	1.44	1.77
190		2.80	1.26	0.74	0.51	1.50	114.65	1.33	1.37	1.83
191		2.80	0.98	0.53	0.42	1.50	98.63	1.31	1.50	1.72
192		2.80	0.98	0.63	0.38	1.50	105.39	1.34	1.46	1.73
193		2.80	0.84	0.42	0.32	1.50	89.81	1.31	1.56	1.67
194		2.80	0.98	0.42	0.44	1.50	91.57	1.31	1.54	1.70

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
195	36	2.80	1.12	0.53	0.58	1.50	100.84	1.30	1.49	1.76
196		2.45	0.49	0.42	0.48	1.50	87.64	1.48	1.30	1.78
197		2.80	0.84	0.42	0.34	1.51	90.10	1.33	1.56	1.68
198		2.80	1.26	0.63	0.69	1.51	109.80	1.32	1.42	1.82
199		2.80	1.40	0.84	0.59	1.51	123.03	1.36	1.30	1.90
200		2.80	1.12	0.74	0.44	1.51	113.62	1.38	1.40	1.80
201		2.80	1.12	0.63	0.57	1.52	108.04	1.34	1.45	1.80
202		2.80	1.40	0.84	0.63	1.52	123.62	1.37	1.31	1.92
203		2.80	1.26	0.74	0.62	1.52	116.20	1.37	1.38	1.86
204		2.80	1.26	0.84	0.50	1.52	121.86	1.40	1.34	1.88
205		2.80	0.98	0.53	0.55	1.54	100.47	1.37	1.53	1.76
206		3.15	1.89	0.84	0.63	1.55	132.07	1.31	1.49	1.90
207		3.15	1.89	0.95	0.57	1.56	139.35	1.34	1.46	1.92
208		3.15	1.73	0.84	0.50	1.56	130.09	1.31	1.55	1.86
209		3.15	1.89	0.74	0.85	1.58	127.19	1.32	1.56	1.91
210		3.15	1.73	0.74	0.74	1.58	125.46	1.31	1.61	1.88
211		3.15	1.58	0.74	0.51	1.59	121.98	1.31	1.66	1.84
212		3.15	1.10	0.53	0.32	1.60	102.31	1.31	1.87	1.68
213		3.15	1.26	0.63	0.38	1.60	111.57	1.32	1.79	1.74
214		3.15	1.42	0.63	0.50	1.60	113.55	1.31	1.76	1.79
215		3.50	2.10	0.84	0.50	1.65	138.32	1.32	1.81	1.87
216	38	2.80	1.68	0.63	0.66	1.4960	109.36	1.31	1.33	1.89
217		2.45	0.74	0.42	0.29	1.4974	85.33	1.47	1.31	1.76
218		2.45	0.61	0.42	0.25	1.5015	84.81	1.49	1.32	1.74
219		2.80	1.40	0.63	0.38	1.5021	105.39	1.31	1.42	1.82
220		2.80	1.54	0.63	0.50	1.5049	107.16	1.31	1.38	1.87
221		2.80	1.68	0.63	0.69	1.5120	109.80	1.33	1.34	1.91
222		2.80	1.54	0.63	0.54	1.5121	107.60	1.32	1.39	1.88
223		2.45	0.86	0.42	0.44	1.5143	87.13	1.47	1.30	1.81
224		2.80	1.40	0.53	0.47	1.5147	99.37	1.30	1.47	1.82
225		2.80	1.54	0.74	0.44	1.5165	113.62	1.36	1.34	1.89
226		2.80	1.12	0.42	0.25	1.5180	88.93	1.32	1.57	1.71
227		2.80	1.26	0.42	0.34	1.5197	90.10	1.30	1.55	1.76
228		2.80	1.26	0.53	0.34	1.5201	97.53	1.32	1.51	1.78
229		2.80	1.54	0.53	0.60	1.5257	101.20	1.31	1.45	1.87
230		2.80	1.68	0.74	0.62	1.5305	116.20	1.38	1.30	1.95
231		2.80	1.68	0.63	0.72	1.5334	110.24	1.36	1.36	1.93
232		2.45	0.49	0.42	0.25	1.5341	84.81	1.54	1.34	1.77
233		2.80	1.26	0.42	0.40	1.5410	90.99	1.33	1.56	1.78
234		2.45	0.61	0.53	0.34	1.5634	92.34	1.59	1.32	1.83
235		2.45	0.74	0.53	0.45	1.5669	93.62	1.58	1.31	1.86
236		2.45	0.86	0.42	0.50	1.5818	87.90	1.56	1.35	1.88
237	40	3.15	1.89	0.63	0.47	1.5919	113.05	1.31	1.65	1.86
238		3.15	1.73	0.63	0.38	1.5995	111.57	1.31	1.72	1.82
239		3.15	1.89	0.74	0.44	1.6103	120.83	1.37	1.61	1.90
240		3.15	1.73	0.53	0.50	1.6230	105.20	1.31	1.78	1.83
241		2.80	1.68	0.42	0.29	1.5086	89.52	1.31	1.45	1.81
242		2.80	1.68	0.53	0.32	1.5098	97.16	1.33	1.41	1.83
243		2.80	1.54	0.42	0.25	1.5254	88.93	1.32	1.51	1.79
244		2.45	1.10	0.42	0.32	1.5320	85.58	1.48	1.30	1.86
245	42	2.80	1.68	0.42	0.36	1.5364	90.40	1.35	1.46	1.85
246		2.45	0.98	0.42	0.25	1.5380	84.81	1.51	1.33	1.82
247		2.80	1.40	0.42	0.25	1.5823	88.93	1.40	1.59	1.81
248		3.15	1.89	0.42	0.25	1.6300	93.04	1.33	1.81	1.79
249		2.45	1.35	0.42	0.29	1.5997	85.33	1.58	1.30	1.96
250		2.45	1.35	0.42	0.32	1.6124	85.58	1.60	1.31	1.98
251		2.45	1.23	0.42	0.25	1.6180	84.81	1.62	1.35	1.94
252		2.45	1.35	0.42	0.36	1.6223	86.10	1.63	1.32	2.00
253		2.45	1.35	0.42	0.42	1.6564	86.87	1.67	1.33	2.03
254		2.80	1.68	0.42	0.25	1.6629	88.93	1.54	1.58	1.92

Çizelge 6.5. H=8m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	1.00	0.15	0.24	0.14	1.9104	35.70	0.36	0.36	0.80
2		6.40	1.28	1.20	1.38	1.9175	302.16	1.01	3.49	1.31
3		6.40	0.96	1.20	1.32	1.9214	300.24	1.00	3.50	1.31
4		6.40	0.96	1.20	1.38	1.9463	302.16	1.02	3.54	1.33
5		6.40	1.28	1.20	1.44	1.9499	304.08	1.04	3.54	1.33
6		6.40	0.96	1.08	1.30	1.9659	280.27	1.03	3.61	1.31
7		6.40	0.96	1.20	1.44	1.9791	304.08	1.05	3.60	1.35
8		6.80	2.04	1.20	1.44	2.0212	318.96	1.00	3.80	1.32
9		6.80	1.02	1.20	1.08	2.0324	306.72	1.01	3.85	1.30
10		6.80	1.36	1.20	1.26	2.0352	312.84	1.02	3.84	1.30
11	22	7.20	1.08	1.20	1.38	2.4985	331.68	1.30	4.75	1.52
12		7.20	1.44	1.20	1.44	2.5030	333.84	1.32	4.75	1.52
13		7.20	1.08	1.08	1.30	2.5258	307.06	1.31	4.85	1.50
14		7.60	1.52	1.20	1.26	2.6018	341.88	1.30	5.10	1.48
15		7.60	1.90	1.20	1.38	2.6062	346.44	1.30	5.10	1.49
16	24	6.00	0.90	1.20	1.38	2.1464	287.40	1.31	3.61	1.59
17		6.00	1.20	1.20	1.44	2.1513	289.20	1.32	3.60	1.59
18		6.00	0.90	1.08	1.30	2.1661	266.88	1.31	3.68	1.57
19		6.00	0.90	1.20	1.44	2.1833	289.20	1.34	3.66	1.62
20		6.40	1.28	1.20	1.26	2.2464	298.32	1.31	3.94	1.56
21		6.40	1.60	1.20	1.38	2.2510	302.16	1.31	3.94	1.57
22		6.40	1.28	1.08	1.19	2.2521	276.82	1.30	3.99	1.53
23		6.40	0.96	1.20	1.20	2.2636	296.40	1.31	3.98	1.57
24	26	4.80	0.96	1.20	1.44	1.8085	244.56	1.31	2.50	1.66
25		4.80	0.72	1.08	1.30	1.8157	226.70	1.31	2.56	1.64
26		4.80	0.72	1.20	1.44	1.8352	244.56	1.33	2.54	1.69
27		5.20	1.04	1.20	1.26	1.9042	254.76	1.30	2.84	1.63
28		5.20	1.04	1.08	1.19	1.9048	237.29	1.30	2.88	1.59
29		5.20	1.30	1.20	1.38	1.9092	257.88	1.31	2.84	1.64
30		5.20	0.78	1.20	1.20	1.9181	253.20	1.31	2.87	1.64
31		5.20	1.30	1.08	1.30	1.9237	240.10	1.32	2.89	1.62
32	28	3.60	0.72	1.20	1.44	1.4979	199.92	1.31	1.50	1.73
33		3.60	0.54	1.20	1.44	1.5199	199.92	1.32	1.53	1.75
34		4.00	1.00	1.08	1.30	1.5935	199.92	1.31	1.84	1.68
35		4.00	0.80	1.20	1.32	1.5972	212.40	1.32	1.82	1.71
36		4.00	0.80	1.08	1.24	1.5984	198.84	1.32	1.85	1.68
37		4.00	0.60	1.08	1.19	1.5997	197.76	1.31	1.86	1.68
38		4.00	0.60	1.20	1.26	1.6039	211.20	1.31	1.83	1.72
39		4.00	0.60	1.20	1.32	1.6207	212.40	1.33	1.85	1.73
40		4.00	0.80	1.08	1.30	1.6273	199.92	1.35	1.88	1.71
41		4.00	0.60	1.20	1.38	1.6432	213.60	1.36	1.87	1.75
42		4.40	0.88	1.08	0.97	1.6890	206.18	1.30	2.17	1.64
43		4.40	1.10	1.20	1.20	1.6912	224.40	1.31	2.14	1.68
44		4.40	0.88	1.20	0.96	1.6945	219.12	1.31	2.15	1.68
45		4.40	0.88	1.08	1.03	1.6968	207.37	1.31	2.18	1.65
46		4.40	1.32	1.20	1.38	1.7004	228.36	1.30	2.14	1.71
47		4.40	1.10	1.08	1.19	1.7015	210.94	1.32	2.18	1.66
48		4.40	1.10	1.20	1.26	1.7042	225.72	1.32	2.15	1.69
49		4.40	0.66	1.08	0.92	1.7068	205.00	1.31	2.20	1.66
50		4.40	0.66	1.20	0.90	1.7101	217.80	1.31	2.18	1.69
51		4.40	1.32	1.08	1.30	1.7102	213.31	1.31	2.18	1.69
52		4.40	0.88	0.96	1.10	1.7148	195.89	1.31	2.26	1.64
53		4.40	1.10	1.20	1.32	1.7218	227.04	1.34	2.17	1.71
54		4.40	0.88	1.20	1.20	1.7269	224.40	1.35	2.18	1.71
55		4.40	0.88	1.20	1.26	1.7402	225.72	1.36	2.19	1.72
56		4.40	1.10	1.08	1.30	1.7557	213.31	1.38	2.23	1.71
57		4.40	0.66	1.08	1.19	1.7631	210.94	1.38	2.26	1.71
58		4.80	0.96	1.20	0.72	1.7999	227.28	1.31	2.51	1.64

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
59	28	4.80	1.20	1.20	0.84	1.8022	230.16	1.31	2.50	1.66
60		4.80	0.96	1.08	0.70	1.8035	212.45	1.31	2.54	1.62
61		4.80	1.44	1.08	1.13	1.8050	222.82	1.30	2.51	1.65
62		4.80	1.20	1.08	0.86	1.8051	216.34	1.31	2.53	1.63
63		4.80	1.44	1.20	1.20	1.8110	238.80	1.31	2.49	1.69
64		4.80	1.68	1.08	1.30	1.8243	226.70	1.30	2.53	1.70
65		5.20	1.30	1.08	0.65	1.9156	223.25	1.31	2.90	1.60
66		5.20	1.56	1.08	0.81	1.9202	227.46	1.30	2.89	1.63
67		5.20	1.82	1.20	1.20	1.9256	253.20	1.30	2.83	1.70
68		3.20	0.48	0.96	1.15	1.4586	161.23	1.35	1.32	1.76
69	30	3.60	0.72	1.08	0.70	1.4878	175.84	1.30	1.53	1.68
70		3.60	0.90	1.08	0.86	1.4916	178.75	1.30	1.52	1.69
71		3.60	0.90	1.08	0.92	1.4986	179.72	1.31	1.53	1.70
72		3.60	0.72	1.08	0.76	1.5030	176.81	1.32	1.54	1.69
73		3.60	1.08	1.20	1.20	1.5035	195.60	1.30	1.50	1.75
74		3.60	0.90	1.20	0.90	1.5044	190.20	1.31	1.51	1.73
75		3.60	0.90	1.08	0.97	1.5052	180.70	1.32	1.53	1.71
76		3.60	0.72	0.96	0.96	1.5058	169.68	1.31	1.58	1.68
77		3.60	1.08	1.08	1.19	1.5095	184.58	1.32	1.53	1.73
78		3.60	0.54	1.20	0.72	1.5108	186.96	1.32	1.54	1.73
79		3.60	0.54	0.96	0.86	1.5116	167.95	1.30	1.59	1.69
80		3.60	0.72	1.08	0.86	1.5233	178.75	1.34	1.55	1.72
81		3.60	0.72	1.20	0.84	1.5247	189.12	1.34	1.53	1.74
82		3.60	1.26	1.20	1.44	1.5341	199.92	1.32	1.52	1.81
83		3.60	0.54	1.20	0.84	1.5470	189.12	1.36	1.56	1.77
84		4.00	1.00	1.08	0.65	1.5853	186.96	1.30	1.85	1.66
85		4.00	1.20	1.08	0.86	1.6009	191.28	1.31	1.85	1.70
86		4.00	1.20	1.20	0.84	1.6011	202.80	1.30	1.82	1.73
87		4.00	0.80	0.96	0.67	1.6096	175.44	1.31	1.92	1.65
88		4.00	1.00	0.96	0.86	1.6108	179.28	1.31	1.91	1.66
89		4.00	1.40	1.08	1.19	1.6122	197.76	1.31	1.84	1.74
90		4.00	1.20	0.96	1.06	1.6145	183.12	1.30	1.90	1.69
91		4.00	0.80	1.08	0.92	1.6864	192.36	1.42	1.93	1.75
92		4.40	1.32	1.08	0.65	1.7024	199.06	1.31	2.19	1.66
93		4.40	1.54	1.08	0.92	1.7181	205.00	1.31	2.18	1.72
94		4.40	1.54	1.20	0.90	1.7218	217.80	1.31	2.16	1.75
95		4.40	1.32	0.96	0.82	1.7245	189.55	1.30	2.26	1.66
96		4.40	0.88	0.96	0.58	1.7379	184.27	1.33	2.30	1.64
97		4.40	1.76	1.08	1.24	1.7392	212.12	1.31	2.19	1.77
98		4.80	1.68	1.20	0.72	1.8369	227.28	1.32	2.53	1.72
99		4.80	1.68	1.08	0.70	1.8401	212.45	1.32	2.56	1.70
100	32	3.20	0.64	0.96	0.58	1.4295	152.02	1.33	1.31	1.70
101		3.20	0.80	0.84	0.88	1.4316	147.31	1.30	1.34	1.70
102		3.20	0.64	0.84	0.76	1.4347	145.30	1.31	1.35	1.69
103		3.20	0.64	0.84	0.80	1.4417	145.97	1.32	1.35	1.70
104		3.20	0.48	0.84	0.67	1.4423	143.95	1.31	1.36	1.70
105		3.20	0.80	0.96	0.72	1.4450	154.32	1.34	1.30	1.73
106		3.20	0.64	0.96	0.62	1.4493	152.78	1.35	1.32	1.72
107		3.20	0.64	0.84	0.84	1.4505	146.64	1.33	1.36	1.71
108		3.20	0.96	0.84	1.01	1.4554	149.33	1.32	1.35	1.74
109		3.20	0.96	0.96	1.01	1.4562	158.93	1.35	1.30	1.76
110		3.20	0.80	0.96	0.86	1.4673	156.62	1.38	1.32	1.75
111		3.20	0.48	0.96	0.62	1.4704	152.78	1.37	1.34	1.75
112		3.20	0.96	0.96	1.06	1.4719	159.70	1.37	1.31	1.78
113		3.20	1.12	0.96	1.15	1.4745	161.23	1.35	1.31	1.81
114		3.20	0.80	0.84	1.01	1.4946	149.33	1.38	1.39	1.76
115		3.20	0.80	0.96	1.01	1.4956	158.93	1.42	1.33	1.78
116		3.20	0.64	0.96	0.86	1.4988	156.62	1.42	1.34	1.78
117		3.20	0.96	0.96	1.15	1.5206	161.23	1.43	1.35	1.83
118		3.20	0.48	1.08	0.70	1.5212	163.63	1.46	1.33	1.82

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
119	32	3.20	0.96	1.08	1.19	1.5232	171.41	1.46	1.31	1.85
120		3.60	1.08	0.96	0.62	1.5233	163.63	1.32	1.60	1.70
121		3.60	1.26	1.08	0.70	1.5244	175.84	1.32	1.55	1.75
122		3.60	1.26	1.20	0.72	1.5259	186.96	1.32	1.53	1.78
123		3.60	1.26	0.96	0.86	1.5262	167.95	1.30	1.58	1.74
124		3.60	0.90	0.84	0.63	1.5293	152.94	1.30	1.66	1.67
125		3.60	1.44	1.08	1.03	1.5304	181.67	1.31	1.53	1.80
126		3.60	1.44	1.20	0.96	1.5316	191.28	1.30	1.51	1.83
127		3.60	0.72	0.84	0.55	1.5347	151.43	1.31	1.68	1.66
128		3.60	1.44	1.08	1.08	1.5395	182.64	1.32	1.54	1.81
129		3.60	1.44	0.96	1.10	1.5406	172.27	1.30	1.58	1.79
130		3.60	1.08	1.08	0.65	1.5509	174.86	1.37	1.58	1.75
131		3.60	1.26	0.96	1.01	1.5548	170.54	1.34	1.60	1.77
132		3.60	1.62	1.08	1.30	1.5629	186.53	1.33	1.54	1.87
133		3.60	1.26	1.08	1.08	1.5923	182.64	1.41	1.59	1.83
134		3.60	1.44	1.08	1.30	1.6193	186.53	1.41	1.60	1.89
135		4.00	1.60	1.08	0.70	1.6232	188.04	1.30	1.86	1.76
136		4.00	1.60	1.20	0.72	1.6233	200.40	1.30	1.83	1.79
137		4.00	1.40	0.96	0.62	1.6309	174.48	1.31	1.93	1.71
138		4.00	1.80	1.08	1.08	1.6339	195.60	1.30	1.83	1.82
139		4.00	1.80	1.20	1.08	1.6389	207.60	1.30	1.81	1.85
140		4.00	1.60	1.08	0.76	1.6394	189.12	1.32	1.87	1.78
141		4.00	2.00	1.08	1.30	1.6554	199.92	1.31	1.82	1.88
142		4.40	1.98	1.08	0.76	1.7402	201.43	1.30	2.18	1.79
143		4.40	2.42	1.08	1.30	1.7502	213.31	1.31	2.10	1.89
144	34	3.20	0.96	0.84	0.50	1.4495	141.26	1.32	1.37	1.70
145		3.20	1.12	0.84	0.63	1.4510	143.28	1.30	1.35	1.74
146		3.20	0.64	0.72	0.43	1.4541	130.51	1.31	1.44	1.66
147		3.20	0.80	0.72	0.50	1.4582	131.66	1.31	1.43	1.68
148		3.20	1.12	0.84	0.67	1.4596	143.95	1.31	1.36	1.75
149		3.20	0.96	0.72	0.68	1.4597	134.54	1.30	1.42	1.70
150		3.20	1.28	0.96	0.72	1.4655	154.32	1.33	1.30	1.81
151		3.20	1.12	0.84	0.71	1.4666	144.62	1.32	1.36	1.76
152		3.20	1.28	0.84	0.92	1.4672	147.98	1.31	1.35	1.79
153		3.20	1.12	0.96	0.58	1.4679	152.02	1.36	1.32	1.77
154		3.20	0.80	0.72	0.54	1.4694	132.24	1.32	1.44	1.69
155		3.20	1.12	0.84	0.76	1.4732	145.30	1.33	1.37	1.77
156		3.20	0.64	0.60	0.57	1.4739	123.12	1.31	1.49	1.67
157		3.20	1.28	0.96	0.77	1.4742	155.09	1.34	1.31	1.82
158		3.20	0.48	0.72	0.43	1.4754	130.51	1.33	1.46	1.69
159		3.20	0.80	0.60	0.66	1.4789	124.56	1.31	1.49	1.68
160		3.20	0.48	0.60	0.51	1.4817	122.16	1.30	1.51	1.68
161		3.20	0.96	0.60	0.72	1.4874	125.52	1.31	1.49	1.71
162		3.20	1.12	0.84	0.84	1.4893	146.64	1.35	1.38	1.78
163		3.20	0.64	0.48	0.55	1.4958	113.23	1.32	1.55	1.67
164		3.20	0.80	0.60	0.69	1.4998	125.04	1.34	1.51	1.70
165		3.20	1.44	0.96	1.10	1.5007	160.46	1.35	1.30	1.89
166		3.20	0.64	0.72	0.54	1.5008	132.24	1.37	1.46	1.72
167		3.20	1.12	0.96	0.72	1.5157	154.32	1.41	1.35	1.83
168		3.60	1.98	1.08	1.13	1.5459	183.61	1.30	1.47	1.91
169		3.60	1.80	1.08	0.81	1.5493	177.78	1.30	1.51	1.88
170		3.60	1.26	0.84	0.50	1.5532	150.67	1.31	1.69	1.71
171		3.60	2.16	1.20	1.38	1.5550	198.84	1.31	1.41	1.99
172		3.60	1.62	0.96	0.72	1.5562	165.36	1.31	1.59	1.82
173		3.60	1.62	1.08	0.65	1.5568	174.86	1.33	1.55	1.84
174		3.60	1.80	1.20	0.84	1.5607	189.12	1.31	1.50	1.92
175		3.60	1.44	0.96	0.58	1.5632	162.77	1.34	1.62	1.78
176		3.60	1.44	0.84	0.71	1.5650	154.45	1.30	1.67	1.77
177		3.60	1.44	0.84	0.76	1.5718	155.21	1.31	1.68	1.77
178		3.60	1.08	0.72	0.50	1.5735	139.87	1.31	1.77	1.68

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
179	34	3.60	0.90	0.60	0.48	1.5812	128.64	1.30	1.84	1.65
180		3.60	1.98	1.08	1.24	1.5842	185.56	1.35	1.50	1.96
181		4.00	2.40	1.08	1.13	1.6354	196.68	1.31	1.72	1.92
182		4.00	2.20	1.08	0.81	1.6400	190.20	1.30	1.78	1.89
183		4.00	2.00	0.96	0.77	1.6612	177.36	1.30	1.89	1.84
184		4.00	1.80	0.96	0.58	1.6629	173.52	1.32	1.93	1.79
185		3.20	0.48	1.08	0.81	1.7237	165.36	1.74	1.47	2.01
186		4.40	2.64	1.20	0.78	1.7264	215.16	1.30	2.01	1.91
187	36	3.20	1.44	0.84	0.55	1.4797	141.94	1.31	1.36	1.81
188		3.20	1.60	0.84	0.80	1.48	145.97	1.30	1.33	1.86
189		3.20	0.96	0.60	0.36	1.49	119.76	1.32	1.51	1.67
190		3.20	1.76	0.84	0.97	1.49	148.66	1.31	1.30	1.90
191		3.20	0.80	0.48	0.29	1.49	109.01	1.32	1.56	1.63
192		3.20	1.60	0.84	0.84	1.49	146.64	1.32	1.34	1.87
193		3.20	1.28	0.72	0.54	1.49	132.24	1.31	1.44	1.77
194		3.20	1.44	0.84	0.59	1.50	142.61	1.33	1.37	1.83
195		3.20	1.12	0.60	0.48	1.50	121.68	1.31	1.50	1.72
196		3.20	1.12	0.72	0.43	1.50	130.51	1.34	1.46	1.73
197		3.20	0.96	0.48	0.36	1.50	110.16	1.31	1.56	1.67
198		3.20	1.12	0.48	0.50	1.50	112.46	1.31	1.54	1.70
199		3.20	1.28	0.60	0.66	1.50	124.56	1.30	1.49	1.76
200		3.20	1.12	0.60	0.51	1.50	122.16	1.32	1.51	1.73
201		2.80	0.56	0.48	0.55	1.50	107.33	1.48	1.30	1.78
202		3.20	1.60	0.84	0.88	1.50	147.31	1.33	1.34	1.88
203		3.20	1.44	0.72	0.79	1.51	136.27	1.32	1.42	1.82
204		3.20	1.60	0.96	0.67	1.51	153.55	1.36	1.30	1.90
205		3.20	1.28	0.84	0.50	1.51	141.26	1.38	1.40	1.80
206		3.20	1.76	0.84	1.01	1.52	149.33	1.34	1.32	1.93
207		3.20	1.44	0.84	0.67	1.52	143.95	1.36	1.38	1.86
208		3.20	1.60	0.96	0.72	1.52	154.32	1.37	1.31	1.92
209		3.20	0.96	0.60	0.42	1.52	120.72	1.36	1.54	1.71
210		3.20	1.44	0.96	0.58	1.52	152.02	1.40	1.34	1.88
211		2.80	0.42	0.48	0.55	1.52	107.33	1.49	1.32	1.81
212		3.20	1.12	0.60	0.60	1.53	123.60	1.35	1.52	1.75
213		3.20	1.28	0.72	0.72	1.53	135.12	1.37	1.46	1.81
214		3.20	1.44	0.84	0.80	1.54	145.97	1.39	1.39	1.88
215		3.20	1.12	0.60	0.63	1.54	124.08	1.37	1.53	1.76
216		3.20	0.80	0.48	0.36	1.54	110.16	1.38	1.59	1.69
217		3.20	1.60	0.84	0.97	1.54	148.66	1.38	1.37	1.92
218		3.60	2.16	0.96	0.72	1.55	165.36	1.31	1.49	1.90
219		3.60	2.16	1.08	0.65	1.56	174.86	1.34	1.46	1.92
220		3.60	1.98	0.96	0.58	1.56	162.77	1.31	1.55	1.86
221		3.60	2.16	0.96	0.82	1.57	167.09	1.33	1.50	1.92
222		3.60	2.16	0.84	0.97	1.58	158.99	1.32	1.56	1.91
223		3.60	1.98	0.84	0.84	1.58	156.72	1.31	1.61	1.88
224		3.60	1.80	0.84	0.59	1.59	152.18	1.31	1.66	1.84
225		3.60	1.80	0.84	0.63	1.60	152.94	1.33	1.67	1.85
226		3.60	1.26	0.60	0.36	1.60	126.48	1.31	1.87	1.68
227		3.60	1.44	0.72	0.43	1.60	138.58	1.32	1.79	1.74
228		3.60	1.80	0.72	0.79	1.60	145.06	1.30	1.73	1.83
229		3.60	1.62	0.84	0.50	1.61	150.67	1.35	1.71	1.81
230		3.60	1.26	0.48	0.36	1.62	115.68	1.30	1.92	1.67
231		4.00	2.20	0.84	0.59	1.69	161.76	1.31	1.96	1.85
232	38	3.20	1.92	0.72	0.76	1.4960	135.70	1.31	1.33	1.89
233		2.80	0.84	0.48	0.34	1.4974	104.30	1.47	1.31	1.76
234		2.80	0.70	0.48	0.29	1.5015	103.63	1.49	1.32	1.74
235		3.20	1.60	0.72	0.43	1.5021	130.51	1.31	1.42	1.82
236		3.20	1.76	0.72	0.58	1.5049	132.82	1.31	1.38	1.87
237		2.80	0.84	0.48	0.36	1.5093	104.64	1.48	1.31	1.78
238		3.20	1.76	0.72	0.61	1.5121	133.39	1.32	1.39	1.88

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
239	38	2.80	0.98	0.48	0.50	1.5143	106.66	1.47	1.30	1.81
240		3.20	1.60	0.60	0.54	1.5147	122.64	1.30	1.47	1.82
241		3.20	1.76	0.84	0.50	1.5165	141.26	1.36	1.34	1.89
242		3.20	1.28	0.48	0.29	1.5180	109.01	1.32	1.57	1.71
243		3.20	1.44	0.48	0.38	1.5197	110.54	1.30	1.55	1.76
244		3.20	1.44	0.60	0.39	1.5201	120.24	1.32	1.51	1.78
245		2.80	0.70	0.48	0.31	1.5225	103.97	1.52	1.33	1.77
246		3.20	1.76	0.60	0.69	1.5257	125.04	1.31	1.45	1.87
247		3.20	1.44	0.48	0.41	1.5269	110.93	1.31	1.55	1.76
248		3.20	1.92	0.84	0.71	1.5305	144.62	1.38	1.30	1.95
249		2.80	0.98	0.48	0.53	1.5307	106.99	1.50	1.31	1.83
250		2.80	0.70	0.60	0.36	1.5416	113.04	1.56	1.31	1.81
251		2.80	0.56	0.60	0.36	1.5752	113.04	1.61	1.33	1.83
252		3.60	2.16	0.72	0.54	1.5919	140.52	1.31	1.65	1.86
253		2.80	0.56	0.48	0.38	1.5943	104.98	1.62	1.37	1.84
254		3.60	1.98	0.72	0.43	1.5995	138.58	1.31	1.72	1.82
255		3.60	1.80	0.60	0.39	1.6239	127.02	1.30	1.83	1.78
256		4.00	2.40	0.60	0.54	1.7221	136.80	1.31	2.08	1.83
257	40	3.20	1.92	0.48	0.34	1.5086	109.78	1.31	1.45	1.81
258		3.20	1.92	0.60	0.36	1.5098	119.76	1.33	1.41	1.83
259		3.20	1.92	0.48	0.36	1.5202	110.16	1.32	1.45	1.83
260		3.20	1.76	0.48	0.29	1.5254	109.01	1.32	1.51	1.79
261		3.20	1.92	0.60	0.39	1.5306	120.24	1.35	1.43	1.86
262		2.80	1.26	0.48	0.36	1.5320	104.64	1.48	1.30	1.86
263		3.20	1.92	0.48	0.41	1.5364	110.93	1.35	1.46	1.85
264		2.80	1.12	0.48	0.29	1.5380	103.63	1.51	1.33	1.82
265		3.60	2.16	0.48	0.29	1.6300	114.38	1.33	1.81	1.79
266	42	2.80	1.54	0.48	0.34	1.5997	104.30	1.58	1.30	1.96
267		2.80	1.54	0.48	0.36	1.6124	104.64	1.60	1.31	1.98
268		2.80	1.40	0.48	0.29	1.6180	103.63	1.62	1.35	1.94
269		2.80	1.54	0.48	0.38	1.6223	104.98	1.61	1.31	1.99
270		3.20	1.92	0.48	0.29	1.6629	109.01	1.54	1.58	1.92

Ek-7 Dişli konsol dayanma duvarı yapay arı kolonisi algoritması ile optimizasyon analiz sonuçları

Çizelge 7.1. H=4m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	3.20	0.80	0.60	0.72	1.9104	88.52	1.00	3.47	1.31
2		3.20	0.64	0.60	0.69	1.9175	88.04	1.01	3.49	1.31
3		3.20	0.48	0.60	0.66	1.9214	87.56	1.00	3.50	1.31
4		3.20	0.64	0.60	0.72	1.9499	88.52	1.04	3.54	1.33
5		3.40	0.85	0.60	0.66	2.0132	91.22	1.01	3.80	1.30
6		3.40	1.02	0.60	0.72	2.0212	92.24	1.00	3.80	1.32
7		3.40	0.51	0.60	0.51	2.0252	88.67	1.00	3.84	1.30
8		3.40	0.68	0.60	0.66	2.0548	91.22	1.04	3.87	1.32
9	22	3.60	0.54	0.60	0.69	2.4985	95.42	1.30	4.75	1.52
10		3.60	0.72	0.60	0.72	2.5030	95.96	1.32	4.75	1.52
11		3.60	0.54	0.54	0.65	2.5258	89.26	1.31	4.85	1.50
12	24	3.00	0.45	0.60	0.69	2.1464	84.35	1.31	3.61	1.59
13		3.00	0.60	0.60	0.72	2.1513	84.80	1.32	3.60	1.59
14		3.00	0.45	0.54	0.65	2.1661	79.22	1.31	3.68	1.57
15		3.20	0.64	0.60	0.63	2.2464	87.08	1.31	3.94	1.56
16		3.20	0.80	0.60	0.69	2.2510	88.04	1.31	3.94	1.57
17		3.20	0.48	0.60	0.57	2.2515	86.12	1.30	3.96	1.57
18		3.20	0.64	0.54	0.59	2.2521	81.70	1.30	3.99	1.53
19		3.20	0.48	0.60	0.60	2.2636	86.60	1.31	3.98	1.57
20		3.20	0.80	0.60	0.72	2.2895	88.52	1.34	4.00	1.60
21		2.40	0.48	0.60	0.72	1.8085	73.64	1.31	2.50	1.66
22	26	2.40	0.36	0.54	0.65	1.8157	69.18	1.31	2.56	1.64
23		2.40	0.36	0.60	0.72	1.8352	73.64	1.33	2.54	1.69
24		2.60	0.52	0.60	0.63	1.9042	76.19	1.30	2.84	1.63
25		2.60	0.52	0.54	0.59	1.9048	71.82	1.30	2.88	1.59
26		2.60	0.65	0.60	0.69	1.9092	76.97	1.31	2.84	1.64
27		2.60	0.39	0.60	0.60	1.9181	75.80	1.31	2.87	1.64
28		2.60	0.65	0.54	0.65	1.9237	72.52	1.32	2.89	1.62
29		2.60	0.39	0.54	0.59	1.9331	71.82	1.32	2.92	1.62
30		1.80	0.36	0.60	0.72	1.4979	62.48	1.31	1.50	1.73
31		2.00	0.50	0.54	0.65	1.5935	62.48	1.31	1.84	1.68
32	28	2.00	0.40	0.60	0.66	1.5972	65.60	1.32	1.82	1.71
33		2.00	0.40	0.54	0.62	1.5984	62.21	1.32	1.85	1.68
34		2.00	0.30	0.54	0.59	1.5997	61.94	1.31	1.86	1.68
35		2.00	0.30	0.60	0.63	1.6039	65.30	1.31	1.83	1.72
36		2.00	0.50	0.60	0.72	1.6146	66.20	1.33	1.83	1.73
37		2.00	0.40	0.60	0.69	1.6195	65.90	1.34	1.84	1.73
38		2.00	0.30	0.54	0.62	1.6219	62.21	1.33	1.88	1.70
39		2.00	0.40	0.54	0.65	1.6273	62.48	1.35	1.88	1.71
40		2.20	0.44	0.54	0.49	1.6890	64.05	1.30	2.17	1.64
41		2.20	0.55	0.60	0.60	1.6912	68.60	1.31	2.14	1.68
42		2.20	0.44	0.60	0.48	1.6945	67.28	1.31	2.15	1.68
43		2.20	0.66	0.60	0.69	1.7004	69.59	1.30	2.14	1.71
44		2.20	0.55	0.54	0.59	1.7015	65.23	1.32	2.18	1.66
45		2.20	0.44	0.54	0.54	1.7066	64.64	1.32	2.19	1.66
46		2.20	0.33	0.54	0.46	1.7068	63.75	1.31	2.20	1.66
47		2.20	0.33	0.60	0.45	1.7101	66.95	1.31	2.18	1.69
48		2.20	0.66	0.54	0.65	1.7102	65.83	1.31	2.18	1.69
49		2.20	0.44	0.48	0.55	1.7148	61.47	1.31	2.26	1.64

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
50	28	2.20	0.55	0.54	0.62	1.7248	65.53	1.34	2.20	1.68
51		2.40	0.48	0.60	0.36	1.7999	69.32	1.31	2.51	1.64
52	30	1.60	0.24	0.48	0.58	1.4586	52.81	1.35	1.32	1.76
53		1.80	0.36	0.54	0.35	1.4878	56.46	1.30	1.53	1.68
54		1.80	0.45	0.54	0.43	1.4916	57.19	1.30	1.52	1.69
55		1.80	0.45	0.54	0.46	1.4986	57.43	1.31	1.53	1.70
56		1.80	0.36	0.54	0.38	1.5030	56.70	1.32	1.54	1.69
57		1.80	0.54	0.60	0.60	1.5035	61.40	1.30	1.50	1.75
58		1.80	0.45	0.60	0.45	1.5044	60.05	1.31	1.51	1.73
59		1.80	0.36	0.48	0.48	1.5058	54.92	1.31	1.58	1.68
60		1.80	0.54	0.54	0.59	1.5095	58.65	1.32	1.53	1.73
61		1.80	0.27	0.54	0.35	1.5096	56.46	1.32	1.56	1.70
62		1.80	0.27	0.48	0.43	1.5116	54.49	1.30	1.59	1.69
63		1.80	0.45	0.48	0.55	1.5230	55.57	1.32	1.59	1.70
64	32	1.60	0.32	0.48	0.29	1.4295	50.50	1.33	1.31	1.70
65		1.60	0.40	0.42	0.44	1.4316	49.33	1.30	1.34	1.70
66		1.60	0.32	0.42	0.38	1.4347	48.82	1.31	1.35	1.69
67		1.60	0.32	0.42	0.40	1.4417	48.99	1.32	1.35	1.70
68		1.60	0.24	0.42	0.34	1.4423	48.49	1.31	1.36	1.70
69		1.60	0.40	0.48	0.36	1.4450	51.08	1.34	1.30	1.73
70		1.60	0.24	0.48	0.29	1.4503	50.50	1.35	1.33	1.72
71		1.60	0.32	0.42	0.42	1.4505	49.16	1.33	1.36	1.71
72		1.60	0.48	0.42	0.50	1.4554	49.83	1.32	1.35	1.74
73		1.60	0.48	0.48	0.50	1.4562	52.23	1.35	1.30	1.76
74		1.60	0.56	0.48	0.58	1.4745	52.81	1.35	1.31	1.81
75		1.60	0.48	0.42	0.25	1.4495	47.82	1.32	1.37	1.70
76	34	1.60	0.56	0.42	0.32	1.4510	48.32	1.30	1.35	1.74
77		1.60	0.32	0.36	0.22	1.4541	45.13	1.31	1.44	1.66
78		1.60	0.40	0.36	0.25	1.4582	45.42	1.31	1.43	1.68
79		1.60	0.56	0.42	0.34	1.4596	48.49	1.31	1.36	1.75
80		1.60	0.48	0.36	0.34	1.4597	46.14	1.30	1.42	1.70
81		1.60	0.64	0.48	0.36	1.4655	51.08	1.33	1.30	1.81
82		1.60	0.64	0.42	0.46	1.4672	49.50	1.31	1.35	1.79
83		1.60	0.56	0.48	0.29	1.4679	50.50	1.36	1.32	1.77
84		1.60	0.32	0.30	0.29	1.4739	43.28	1.31	1.49	1.67
85		1.60	0.24	0.36	0.22	1.4754	45.13	1.33	1.46	1.69
86		1.60	0.72	0.42	0.27	1.4797	47.98	1.31	1.36	1.81
87		1.60	0.80	0.42	0.40	1.48	48.99	1.30	1.33	1.86
88	36	1.60	0.48	0.30	0.18	1.49	42.44	1.32	1.51	1.67
89		1.60	0.88	0.42	0.48	1.49	49.66	1.31	1.30	1.90
90		1.60	0.40	0.24	0.14	1.49	39.75	1.32	1.56	1.63
91		1.60	0.80	0.42	0.42	1.49	49.16	1.32	1.34	1.87
92		1.60	0.64	0.36	0.27	1.49	45.56	1.31	1.44	1.77
93		1.60	0.72	0.42	0.29	1.50	48.15	1.33	1.37	1.83
94		1.60	0.56	0.30	0.24	1.50	42.92	1.31	1.50	1.72
95		1.60	0.56	0.36	0.22	1.50	45.13	1.34	1.46	1.73
96		1.60	0.48	0.24	0.18	1.50	40.04	1.31	1.56	1.67
97		1.60	0.56	0.24	0.25	1.50	40.62	1.31	1.54	1.70
98		1.60	0.64	0.30	0.33	1.50	43.64	1.30	1.49	1.76
99		1.40	0.28	0.24	0.28	1.50	39.33	1.48	1.30	1.78
100		1.60	0.72	0.36	0.40	1.51	46.57	1.32	1.42	1.82
101	38	1.60	0.80	0.48	0.34	1.51	50.89	1.36	1.30	1.90
102		1.60	0.96	0.36	0.38	1.4960	46.42	1.31	1.33	1.89
103		1.40	0.42	0.24	0.17	1.4974	38.58	1.47	1.31	1.76
104		1.40	0.35	0.24	0.14	1.5015	38.41	1.49	1.32	1.74
105		1.60	0.80	0.36	0.22	1.5021	45.13	1.31	1.42	1.82

No	$\Theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
106	34	1.60	0.88	0.36	0.29	1.5049	45.70	1.31	1.38	1.87
107		1.40	0.42	0.24	0.18	1.5093	38.66	1.48	1.31	1.78
108		1.60	0.96	0.36	0.40	1.5120	46.57	1.33	1.34	1.91
109		1.40	0.49	0.24	0.25	1.5143	39.16	1.47	1.30	1.81
110		1.60	0.80	0.30	0.27	1.5147	43.16	1.30	1.47	1.82
111		1.60	0.88	0.42	0.25	1.5165	47.82	1.36	1.34	1.89
112		1.60	0.64	0.24	0.14	1.5180	39.75	1.32	1.57	1.71
113		1.60	0.72	0.24	0.19	1.5197	40.14	1.30	1.55	1.76
114		1.60	0.72	0.30	0.20	1.5201	42.56	1.32	1.51	1.78
115		1.40	0.56	0.24	0.29	1.5283	39.42	1.47	1.30	1.86
116		1.60	0.96	0.42	0.36	1.5305	48.66	1.38	1.30	1.95
117		1.60	0.80	0.24	0.28	1.5436	40.81	1.32	1.53	1.82
118	40	1.60	0.96	0.24	0.17	1.5086	39.94	1.31	1.45	1.81
119		1.60	0.96	0.30	0.18	1.5098	42.44	1.33	1.41	1.83
120		1.60	0.96	0.24	0.18	1.5202	40.04	1.32	1.45	1.83
121		1.60	0.88	0.24	0.14	1.5254	39.75	1.32	1.51	1.79
122		1.60	0.96	0.24	0.19	1.5291	40.14	1.34	1.46	1.84
123		1.60	0.96	0.30	0.20	1.5306	42.56	1.35	1.43	1.86
124		1.40	0.63	0.24	0.18	1.5320	38.66	1.48	1.30	1.86
125		1.40	0.56	0.24	0.14	1.5380	38.41	1.51	1.33	1.82
126		1.60	0.80	0.24	0.14	1.5823	39.75	1.40	1.59	1.81
127		1.40	0.77	0.24	0.17	1.5997	38.58	1.58	1.30	1.96
128	42	1.40	0.77	0.24	0.18	1.6124	38.66	1.60	1.31	1.98
129		1.40	0.70	0.24	0.14	1.6180	38.41	1.62	1.35	1.94
130		1.40	0.77	0.24	0.20	1.6304	38.83	1.63	1.32	2.00
131		1.40	0.70	0.30	0.18	1.6623	40.76	1.69	1.34	2.01
132		1.60	0.96	0.24	0.14	1.6629	39.75	1.54	1.58	1.92
133		1.40	0.63	0.24	0.14	1.6794	38.41	1.72	1.41	1.96

Çizelge 7.2. H=5m

No	$\Theta(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	$F_s(kay)$	$F_s(dev)$	$F_s(top)$
1	20	4.00	1.00	0.75	0.90	1.9104	130.50	1.00	3.47	1.31
2		4.00	0.80	0.75	0.86	1.9175	129.75	1.01	3.49	1.31
3		4.00	0.60	0.75	0.83	1.9214	129.00	1.00	3.50	1.31
4		4.00	0.60	0.75	0.86	1.9463	129.75	1.02	3.54	1.33
5		4.00	0.80	0.75	0.90	1.9499	130.50	1.04	3.54	1.33
6		4.00	0.60	0.68	0.81	1.9659	121.20	1.03	3.61	1.31
7		4.00	0.60	0.75	0.90	1.9791	130.50	1.05	3.60	1.35
8		4.25	1.28	0.75	0.90	2.0212	136.31	1.00	3.80	1.32
9		4.25	0.64	0.75	0.68	2.0324	131.53	1.01	3.85	1.30
10		4.25	0.85	0.75	0.79	2.0352	133.92	1.02	3.84	1.30
11	22	4.50	0.68	0.75	0.86	2.4985	141.28	1.30	4.75	1.52
12		4.50	0.90	0.75	0.90	2.5030	142.13	1.32	4.75	1.52
13		4.50	0.68	0.68	0.81	2.5258	131.66	1.31	4.85	1.50
13		4.50	0.68	0.75	0.90	2.5405	142.13	1.33	4.82	1.54
16	24	3.75	0.56	0.75	0.86	2.1464	123.98	1.31	3.61	1.59
17		3.75	0.75	0.75	0.90	2.1513	124.69	1.32	3.60	1.59
18		3.75	0.56	0.68	0.81	2.1661	115.97	1.31	3.68	1.57
19		4.00	0.80	0.75	0.79	2.2464	128.25	1.31	3.94	1.56
20		4.00	1.00	0.75	0.86	2.2510	129.75	1.31	3.94	1.57
21		4.00	0.80	0.68	0.74	2.2521	119.85	1.30	3.99	1.53
22		4.00	0.60	0.75	0.75	2.2636	127.50	1.31	3.98	1.57
22		4.00	1.00	0.75	0.90	2.2636	130.50	1.34	4.00	1.60
23	26	3.00	0.60	0.75	0.90	1.8085	107.25	1.31	2.50	1.66
24		3.00	0.45	0.68	0.81	1.8157	100.28	1.31	2.56	1.64
26		3.25	0.65	0.75	0.79	1.9042	111.23	1.30	2.84	1.63

No	Ø(°)	X1(m)	X2(m)	X3(m)	X4(m)	fmin	Wduvar(kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
27	26	3.25	0.65	0.68	0.74	1.9048	104.41	1.30	2.88	1.59
28		3.25	0.81	0.75	0.86	1.9092	112.45	1.31	2.84	1.64
29		3.25	0.49	0.75	0.75	1.9181	110.63	1.31	2.87	1.64
30		3.25	0.81	0.68	0.81	1.9237	105.51	1.32	2.89	1.62
30		3.25	0.49	0.68	0.74	1.9331	104.41	1.32	2.92	1.62
31	28	2.25	0.45	0.75	0.90	1.4979	89.81	1.31	1.50	1.73
32		2.25	0.34	0.75	0.90	1.5199	89.81	1.32	1.53	1.75
33		2.50	0.63	0.68	0.81	1.5935	89.81	1.31	1.84	1.68
34		2.50	0.50	0.75	0.83	1.5972	94.69	1.32	1.82	1.71
35		2.50	0.50	0.68	0.78	1.5984	89.39	1.32	1.85	1.68
36		2.50	0.38	0.68	0.74	1.5997	88.97	1.31	1.86	1.68
37		2.50	0.38	0.75	0.79	1.6039	94.22	1.31	1.83	1.72
38		2.50	0.63	0.75	0.90	1.6146	95.63	1.33	1.83	1.73
40		2.50	0.38	0.68	0.78	1.6219	89.39	1.33	1.88	1.70
41		2.50	0.50	0.68	0.81	1.6273	89.81	1.35	1.88	1.71
41		2.50	0.38	0.68	0.81	1.6512	89.81	1.37	1.90	1.73
42		2.75	0.55	0.68	0.61	1.6890	92.26	1.30	2.17	1.64
43		2.75	0.69	0.75	0.75	1.6912	99.38	1.31	2.14	1.68
44		2.75	0.55	0.75	0.60	1.6945	97.31	1.31	2.15	1.68
46		2.75	0.83	0.75	0.86	1.7004	100.92	1.30	2.14	1.71
47		2.75	0.69	0.68	0.74	1.7015	94.12	1.32	2.18	1.66
49		2.75	0.41	0.68	0.57	1.7068	91.80	1.31	2.20	1.66
49		2.75	0.41	0.75	0.56	1.7101	96.80	1.31	2.18	1.69
50		2.75	0.83	0.68	0.81	1.7102	95.04	1.31	2.18	1.69
50		2.75	0.55	0.60	0.69	1.7148	88.24	1.31	2.26	1.64
51		3.00	0.60	0.75	0.45	1.7999	100.50	1.31	2.51	1.64
66	30	2.00	0.30	0.60	0.72	1.4586	74.70	1.35	1.32	1.76
67		2.25	0.45	0.68	0.44	1.4878	80.40	1.30	1.53	1.68
68		2.25	0.56	0.68	0.54	1.4916	81.54	1.30	1.52	1.69
69		2.25	0.56	0.68	0.57	1.4986	81.92	1.31	1.53	1.70
69		2.25	0.45	0.68	0.47	1.5030	80.78	1.32	1.54	1.69
70		2.25	0.68	0.75	0.75	1.5035	88.13	1.30	1.50	1.75
71		2.25	0.56	0.75	0.56	1.5044	86.02	1.31	1.51	1.73
73		2.25	0.45	0.60	0.60	1.5058	78.00	1.31	1.58	1.68
74		2.25	0.68	0.68	0.74	1.5095	83.82	1.32	1.53	1.73
75		2.25	0.34	0.75	0.45	1.5108	84.75	1.32	1.54	1.73
76		2.25	0.34	0.60	0.54	1.5116	77.33	1.30	1.59	1.69
80		2.25	0.56	0.60	0.69	1.5230	79.01	1.32	1.59	1.70
100	32	2.00	0.40	0.60	0.36	1.4295	71.10	1.33	1.31	1.70
101		2.00	0.50	0.53	0.55	1.4316	69.26	1.30	1.34	1.70
102		2.00	0.40	0.53	0.47	1.4347	68.48	1.31	1.35	1.69
102		2.00	0.40	0.53	0.50	1.4417	68.74	1.32	1.35	1.70
103		2.00	0.30	0.53	0.42	1.4423	67.95	1.31	1.36	1.70
104		2.00	0.50	0.60	0.45	1.4450	72.00	1.34	1.30	1.73
104		2.00	0.30	0.53	0.45	1.4492	68.21	1.32	1.37	1.71
108		2.00	0.60	0.53	0.63	1.4554	70.05	1.32	1.35	1.74
109		2.00	0.60	0.60	0.63	1.4562	73.80	1.35	1.30	1.76
110		2.00	0.70	0.60	0.72	1.4745	74.70	1.35	1.31	1.81
136	34	2.00	0.60	0.53	0.32	1.4495	66.90	1.32	1.37	1.70
137		2.00	0.70	0.53	0.39	1.4510	67.69	1.30	1.35	1.74
138		2.00	0.40	0.45	0.27	1.4541	62.70	1.31	1.44	1.66
139		2.00	0.50	0.45	0.32	1.4582	63.15	1.31	1.43	1.68
140		2.00	0.70	0.53	0.42	1.4596	67.95	1.31	1.36	1.75
141		2.00	0.60	0.45	0.43	1.4597	64.28	1.30	1.42	1.70
142		2.00	0.80	0.60	0.45	1.4655	72.00	1.33	1.30	1.81
144		2.00	0.80	0.53	0.58	1.4672	69.53	1.31	1.35	1.79

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
145	34	2.00	0.70	0.60	0.36	1.4679	71.10	1.36	1.32	1.77
145		2.00	0.50	0.45	0.34	1.4694	63.38	1.32	1.44	1.69
146		2.00	0.40	0.38	0.36	1.4739	59.81	1.31	1.49	1.67
175		2.00	0.90	0.53	0.34	1.4797	67.16	1.31	1.36	1.81
176	36	2.00	1.00	0.53	0.50	1.48	68.74	1.30	1.33	1.86
177		2.00	0.60	0.38	0.23	1.49	58.50	1.32	1.51	1.67
178		2.00	1.10	0.53	0.60	1.49	69.79	1.31	1.30	1.90
179		2.00	0.50	0.30	0.18	1.49	54.30	1.32	1.56	1.63
180		2.00	1.00	0.53	0.53	1.49	69.00	1.32	1.34	1.87
181		2.00	0.80	0.45	0.34	1.49	63.38	1.31	1.44	1.77
183		2.00	0.70	0.38	0.30	1.50	59.25	1.31	1.50	1.72
184		2.00	0.70	0.45	0.27	1.50	62.70	1.34	1.46	1.73
185		2.00	0.60	0.30	0.23	1.50	54.75	1.31	1.56	1.67
186		2.00	0.70	0.30	0.32	1.50	55.65	1.31	1.54	1.70
187		2.00	0.80	0.45	0.36	1.50	63.60	1.33	1.44	1.78
187		2.00	0.80	0.38	0.41	1.50	60.38	1.30	1.49	1.76
191		2.00	0.90	0.45	0.50	1.51	64.95	1.32	1.42	1.82
192		2.00	1.00	0.60	0.42	1.51	71.70	1.36	1.30	1.90
193		2.00	0.80	0.53	0.32	1.51	66.90	1.38	1.40	1.80
208	38	2.00	1.20	0.45	0.47	1.4960	64.73	1.31	1.33	1.89
209		1.75	0.53	0.30	0.21	1.4974	52.46	1.47	1.31	1.76
210		1.75	0.44	0.30	0.18	1.5015	52.20	1.49	1.32	1.74
211		2.00	1.00	0.45	0.27	1.5021	62.70	1.31	1.42	1.82
212		2.00	1.10	0.45	0.36	1.5049	63.60	1.31	1.38	1.87
213		1.75	0.53	0.30	0.23	1.5093	52.59	1.48	1.31	1.78
214		2.00	1.20	0.45	0.50	1.5120	64.95	1.33	1.34	1.91
214		2.00	1.10	0.45	0.38	1.5121	63.83	1.32	1.39	1.88
215		1.75	0.61	0.30	0.32	1.5143	53.38	1.47	1.30	1.81
216		2.00	1.00	0.38	0.34	1.5147	59.63	1.30	1.47	1.82
217		2.00	1.10	0.53	0.32	1.5165	66.90	1.36	1.34	1.89
218		2.00	0.80	0.30	0.18	1.5180	54.30	1.32	1.57	1.71
219		1.75	0.53	0.30	0.24	1.5184	52.73	1.50	1.32	1.79
221		2.00	0.90	0.30	0.24	1.5197	54.90	1.30	1.55	1.76
222		2.00	0.90	0.38	0.24	1.5201	58.69	1.32	1.51	1.78
223		2.00	1.10	0.38	0.43	1.5257	60.56	1.31	1.45	1.87
227	40	2.00	1.20	0.53	0.45	1.5305	68.21	1.38	1.30	1.95
238		2.00	1.20	0.30	0.21	1.5086	54.60	1.31	1.45	1.81
239		2.00	1.20	0.38	0.23	1.5098	58.50	1.33	1.41	1.83
240		2.00	1.20	0.30	0.23	1.5202	54.75	1.32	1.45	1.83
241		2.00	1.10	0.30	0.18	1.5254	54.30	1.32	1.51	1.79
244		1.75	0.79	0.30	0.23	1.5320	52.59	1.48	1.30	1.86
244		2.00	1.20	0.30	0.26	1.5364	55.05	1.35	1.46	1.85
245		1.75	0.70	0.30	0.18	1.5380	52.20	1.51	1.33	1.82
247	42	1.75	0.96	0.30	0.21	1.5997	52.46	1.58	1.30	1.96
248		1.75	0.96	0.30	0.23	1.6124	52.59	1.60	1.31	1.98
249		1.75	0.88	0.30	0.18	1.6180	52.20	1.62	1.35	1.94
249		1.75	0.96	0.30	0.24	1.6223	52.73	1.61	1.31	1.99
250		2.00	1.20	0.30	0.18	1.6629	54.30	1.54	1.58	1.92
251		1.75	0.79	0.30	0.18	1.6740	52.20	1.72	1.41	1.96

Çizelge 7.3. H=6m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	4.80	1.20	0.90	1.08	1.9104	180.42	1.00	3.47	1.31
2		4.80	0.96	0.90	1.04	1.9175	179.34	1.01	3.49	1.31
3		4.80	0.72	0.90	0.99	1.9214	178.26	1.00	3.50	1.31
4		4.80	0.96	0.90	1.08	1.9499	180.42	1.04	3.54	1.33
5		4.80	0.72	0.81	0.97	1.9659	167.03	1.03	3.61	1.31
6		4.80	0.72	0.90	1.08	1.9791	180.42	1.05	3.60	1.35
7		5.10	1.53	0.90	1.08	2.0212	188.79	1.00	3.80	1.32
8		5.10	0.77	0.90	0.81	2.0324	181.91	1.01	3.85	1.30
9		5.10	1.02	0.90	0.95	2.0352	185.35	1.02	3.84	1.30
10	22	5.40	0.81	0.90	1.04	2.4985	195.95	1.30	4.75	1.52
11		5.40	1.08	0.90	1.08	2.5030	197.16	1.32	4.75	1.52
12		5.40	0.81	0.81	0.97	2.5258	182.09	1.31	4.85	1.50
13	24	4.50	0.68	0.90	1.04	2.1464	171.04	1.31	3.61	1.59
14		4.50	0.90	0.90	1.08	2.1513	172.05	1.32	3.60	1.59
15		4.50	0.68	0.81	0.97	2.1661	159.50	1.31	3.68	1.57
16		4.50	0.68	0.90	1.08	2.1833	172.05	1.34	3.66	1.62
17		4.80	0.96	0.90	0.95	2.2464	177.18	1.31	3.94	1.56
18		4.80	1.20	0.90	1.04	2.2510	179.34	1.31	3.94	1.57
19		4.80	0.96	0.81	0.89	2.2521	165.08	1.30	3.99	1.53
20		4.80	0.72	0.90	0.90	2.2636	176.10	1.31	3.98	1.57
21		4.80	1.20	0.90	1.08	2.2895	180.42	1.34	4.00	1.60
22	26	3.60	0.72	0.90	1.08	1.8085	146.94	1.31	2.50	1.66
23		3.60	0.54	0.81	0.97	1.8157	136.90	1.31	2.56	1.64
24		3.90	0.78	0.90	0.95	1.9042	152.68	1.30	2.84	1.63
25		3.90	0.78	0.81	0.89	1.9048	142.85	1.30	2.88	1.59
26		3.90	0.98	0.90	1.04	1.9092	154.43	1.31	2.84	1.64
27		3.90	0.59	0.90	0.90	1.9181	151.80	1.31	2.87	1.64
28		3.90	0.78	0.90	0.99	1.9234	153.56	1.32	2.86	1.64
29		3.90	0.98	0.81	0.97	1.9237	144.43	1.32	2.89	1.62
30		3.90	0.78	0.81	0.93	1.9304	143.64	1.33	2.91	1.62
31	28	2.70	0.54	0.90	1.08	1.4979	121.83	1.31	1.50	1.73
32		2.70	0.41	0.90	1.08	1.5199	121.83	1.32	1.53	1.75
33		3.00	0.75	0.81	0.97	1.5935	121.83	1.31	1.84	1.68
34		3.00	0.60	0.90	0.99	1.5972	128.85	1.32	1.82	1.71
35		3.00	0.60	0.81	0.93	1.5984	121.22	1.32	1.85	1.68
36		3.00	0.45	0.81	0.89	1.5997	120.62	1.31	1.86	1.68
37		3.00	0.45	0.90	0.95	1.6039	128.18	1.31	1.83	1.72
38		3.00	0.75	0.90	1.08	1.6146	130.20	1.33	1.83	1.73
39		3.00	0.60	0.90	1.04	1.6195	129.53	1.34	1.84	1.73
40		3.00	0.45	0.81	0.93	1.6219	121.22	1.33	1.88	1.70
41		3.00	0.60	0.81	0.97	1.6273	121.83	1.35	1.88	1.71
42		3.30	0.66	0.81	0.73	1.6890	125.35	1.30	2.17	1.64
43		3.30	0.83	0.90	0.90	1.6912	135.60	1.31	2.14	1.68
44		3.30	0.66	0.90	0.72	1.6945	132.63	1.31	2.15	1.68
45		3.30	0.99	0.90	1.04	1.7004	137.83	1.30	2.14	1.71
46		3.30	0.83	0.81	0.89	1.7015	128.03	1.32	2.18	1.66
47		3.30	0.66	0.81	0.81	1.7066	126.69	1.32	2.19	1.66
48		3.30	0.50	0.81	0.69	1.7068	124.69	1.31	2.20	1.66
49		3.30	0.50	0.90	0.68	1.7101	131.89	1.31	2.18	1.69
50		3.30	0.99	0.81	0.97	1.7102	129.36	1.31	2.18	1.69
51		3.30	0.66	0.72	0.83	1.7148	119.56	1.31	2.26	1.64
52	30	2.40	0.36	0.72	0.86	1.4586	100.07	1.35	1.32	1.76
53		2.70	0.54	0.81	0.53	1.4878	108.28	1.30	1.53	1.68
54		2.70	0.68	0.81	0.65	1.4916	109.92	1.30	1.52	1.69
55		2.70	0.68	0.81	0.69	1.4986	110.47	1.31	1.53	1.70

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
56	30	2.70	0.54	0.81	0.57	1.5030	108.83	1.32	1.54	1.69
57		2.70	0.81	0.90	0.90	1.5035	119.40	1.30	1.50	1.75
58		2.70	0.68	0.90	0.68	1.5044	116.36	1.31	1.51	1.73
59		2.70	0.68	0.81	0.73	1.5052	111.02	1.32	1.53	1.71
60		2.70	0.54	0.72	0.72	1.5058	104.82	1.31	1.58	1.68
61		2.70	0.81	0.81	0.89	1.5095	113.20	1.32	1.53	1.73
62		2.70	0.41	0.90	0.54	1.5108	114.54	1.32	1.54	1.73
63		2.70	0.41	0.72	0.65	1.5116	103.85	1.30	1.59	1.69
64		2.70	0.68	0.72	0.83	1.5230	106.28	1.32	1.59	1.70
65		2.40	0.48	0.72	0.43	1.4295	94.88	1.33	1.31	1.70
66	32	2.40	0.60	0.63	0.66	1.4316	92.24	1.30	1.34	1.70
67		2.40	0.48	0.63	0.57	1.4347	91.10	1.31	1.35	1.69
68		2.40	0.48	0.63	0.60	1.4417	91.48	1.32	1.35	1.70
69		2.40	0.36	0.63	0.50	1.4423	90.35	1.31	1.36	1.70
70		2.40	0.60	0.72	0.54	1.4450	96.18	1.34	1.30	1.73
71		2.40	0.60	0.63	0.69	1.4469	92.62	1.32	1.35	1.71
72		2.40	0.60	0.72	0.58	1.4536	96.61	1.36	1.31	1.74
73		2.40	0.72	0.63	0.76	1.4554	93.37	1.32	1.35	1.74
74		2.40	0.72	0.72	0.76	1.4562	98.77	1.35	1.30	1.76
75		2.40	0.48	0.54	0.65	1.4595	86.68	1.31	1.42	1.70
76	34	2.40	0.72	0.63	0.38	1.4495	88.84	1.32	1.37	1.70
77		2.40	0.84	0.63	0.47	1.4510	89.97	1.30	1.35	1.74
78		2.40	0.48	0.54	0.32	1.4541	82.79	1.31	1.44	1.66
79		2.40	0.60	0.54	0.38	1.4582	83.44	1.31	1.43	1.68
80		2.40	0.84	0.63	0.50	1.4596	90.35	1.31	1.36	1.75
81		2.40	0.72	0.54	0.51	1.4597	85.06	1.30	1.42	1.70
82		2.40	0.96	0.72	0.54	1.4655	96.18	1.33	1.30	1.81
83		2.40	0.84	0.63	0.54	1.4666	90.73	1.32	1.36	1.76
84		2.40	0.96	0.63	0.69	1.4672	92.62	1.31	1.35	1.79
85		2.40	0.84	0.72	0.43	1.4679	94.88	1.36	1.32	1.77
86	36	2.40	0.60	0.54	0.41	1.4694	83.76	1.32	1.44	1.69
87		2.40	0.48	0.45	0.43	1.4739	78.63	1.31	1.49	1.67
88		2.40	0.60	0.45	0.50	1.4789	79.44	1.31	1.49	1.68
89		2.40	0.72	0.45	0.54	1.4874	79.98	1.31	1.49	1.71
90		2.40	1.08	0.63	0.41	1.4797	89.21	1.31	1.36	1.81
91		2.40	1.20	0.63	0.60	1.48	91.48	1.30	1.33	1.86
92		2.40	0.72	0.45	0.27	1.49	76.74	1.32	1.51	1.67
93		2.40	1.32	0.63	0.72	1.49	92.99	1.31	1.30	1.90
94		2.40	0.60	0.36	0.22	1.49	70.69	1.32	1.56	1.63
95		2.40	1.20	0.63	0.63	1.49	91.86	1.32	1.34	1.87
96		2.40	0.96	0.54	0.41	1.49	83.76	1.31	1.44	1.77
97	38	2.40	1.08	0.63	0.44	1.50	89.59	1.33	1.37	1.83
98		2.40	0.84	0.45	0.36	1.50	77.82	1.31	1.50	1.72
99		2.40	0.84	0.54	0.32	1.50	82.79	1.34	1.46	1.73
100		2.40	0.72	0.36	0.27	1.50	71.34	1.31	1.56	1.67
101		2.40	0.84	0.36	0.38	1.50	72.64	1.31	1.54	1.70
102		2.10	0.32	0.36	0.40	1.50	69.56	1.47	1.31	1.78
103		2.40	1.08	0.54	0.59	1.51	86.03	1.32	1.42	1.82
104		2.40	1.08	0.63	0.47	1.51	89.97	1.34	1.38	1.85
105		2.40	1.20	0.72	0.50	1.51	95.75	1.36	1.30	1.90
106		2.40	0.96	0.63	0.38	1.51	88.84	1.38	1.40	1.80
107	38	2.40	1.44	0.54	0.57	1.4960	85.70	1.31	1.33	1.89
108		2.10	0.63	0.36	0.25	1.4974	68.05	1.47	1.31	1.76
109		2.10	0.53	0.36	0.22	1.5015	67.67	1.49	1.32	1.74
110		2.40	1.20	0.54	0.32	1.5021	82.79	1.31	1.42	1.82
111		2.40	1.32	0.54	0.43	1.5049	84.08	1.31	1.38	1.87

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
112	38	2.10	0.63	0.36	0.27	1.5093	68.24	1.48	1.31	1.78
113		2.40	1.44	0.54	0.59	1.5120	86.03	1.33	1.34	1.91
114		2.40	1.32	0.54	0.46	1.5121	84.41	1.32	1.39	1.88
115		2.10	0.74	0.36	0.38	1.5143	69.37	1.47	1.30	1.81
116		2.40	1.20	0.45	0.41	1.5147	78.36	1.30	1.47	1.82
117		2.40	1.32	0.63	0.38	1.5165	88.84	1.36	1.34	1.89
118		2.40	0.96	0.36	0.22	1.5180	70.69	1.32	1.57	1.71
119		2.40	1.32	0.54	0.49	1.5188	84.73	1.33	1.39	1.88
120		2.40	1.08	0.36	0.29	1.5197	71.56	1.30	1.55	1.76
121		2.40	1.08	0.45	0.29	1.5201	77.01	1.32	1.51	1.78
122		2.40	1.32	0.45	0.52	1.5257	79.71	1.31	1.45	1.87
123		2.10	0.84	0.36	0.43	1.5283	69.94	1.47	1.30	1.86
124		2.40	1.44	0.63	0.54	1.5305	90.73	1.38	1.30	1.95
125	40	2.40	1.44	0.36	0.25	1.5086	71.12	1.31	1.45	1.81
126		2.40	1.44	0.45	0.27	1.5098	76.74	1.33	1.41	1.83
127		2.40	1.44	0.36	0.27	1.5202	71.34	1.32	1.45	1.83
128		2.40	1.32	0.36	0.22	1.5254	70.69	1.32	1.51	1.79
129		2.10	0.95	0.36	0.27	1.5320	68.24	1.48	1.30	1.86
130		2.10	0.84	0.36	0.22	1.5380	67.67	1.51	1.33	1.82
131	42	2.10	1.16	0.36	0.25	1.5997	68.05	1.58	1.30	1.96
132		2.10	1.16	0.36	0.27	1.6124	68.24	1.60	1.31	1.98
133		2.10	1.05	0.36	0.22	1.6180	67.67	1.62	1.35	1.94
134		2.10	1.16	0.36	0.32	1.0000	68.80	1.64	1.32	2.01
135		2.40	1.44	0.36	0.22	1.6379	70.69	1.54	1.58	1.92
136		2.10	0.95	0.36	0.22	1.6740	67.67	1.72	1.41	1.96

Çizelge 7.4. H=7m

No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	5.60	1.40	1.05	1.26	1.9104	238.28	1.00	3.47	1.31
2		5.60	1.12	1.05	1.21	1.9175	236.81	1.01	3.49	1.31
3		5.60	0.84	1.05	1.16	1.9214	235.34	1.00	3.50	1.31
4		5.60	0.84	1.05	1.21	1.9463	236.81	1.02	3.54	1.33
5		5.60	1.12	1.05	1.26	1.9499	238.28	1.04	3.54	1.33
6		5.60	0.84	0.95	1.13	1.9659	220.05	1.03	3.61	1.31
7		5.60	0.84	1.05	1.26	1.9791	238.28	1.05	3.60	1.35
8		5.95	1.79	1.05	1.26	2.0212	249.67	1.00	3.80	1.32
9		5.95	0.89	1.05	0.95	2.0324	240.30	1.01	3.85	1.30
10		5.95	1.19	1.05	1.10	2.0352	244.99	1.02	3.84	1.30
11	22	6.30	0.95	1.05	1.21	2.4985	259.41	1.30	4.75	1.52
12		6.30	1.26	1.05	1.26	2.5030	261.07	1.32	4.75	1.52
13		6.30	0.95	0.95	1.13	2.5258	240.56	1.31	4.85	1.50
14		6.30	0.95	1.05	1.26	2.5405	261.07	1.33	4.82	1.54
15		6.30	0.95	1.05	1.26	2.5405	261.07	1.33	4.82	1.54
16	24	5.25	0.79	1.05	1.21	2.1464	225.51	1.31	3.61	1.59
17		5.25	1.05	1.05	1.26	2.1513	226.89	1.32	3.60	1.59
18		5.25	0.79	0.95	1.13	2.1661	209.80	1.31	3.68	1.57
19		5.60	1.12	1.05	1.10	2.2464	233.87	1.31	3.94	1.56
20		5.60	1.40	1.05	1.21	2.2510	236.81	1.31	3.94	1.57
21		5.60	1.12	0.95	1.04	2.2521	217.41	1.30	3.99	1.53
22		5.60	0.84	1.05	1.05	2.2636	232.40	1.31	3.98	1.57
23		5.60	1.12	1.05	1.16	2.2639	235.34	1.33	3.97	1.57
24	26	4.20	0.84	1.05	1.26	1.8085	192.71	1.31	2.50	1.66
25		4.20	0.63	0.95	1.13	1.8157	179.04	1.31	2.56	1.64
26		4.20	0.63	1.05	1.26	1.8352	192.71	1.33	2.54	1.69
27		4.55	0.91	1.05	1.10	1.9042	200.52	1.30	2.84	1.63
No	$\emptyset(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)

28	26	4.55	0.91	0.95	1.04	1.9048	187.14	1.30	2.88	1.59
29		4.55	1.14	1.05	1.21	1.9092	202.91	1.31	2.84	1.64
30		4.55	0.68	1.05	1.05	1.9181	199.33	1.31	2.87	1.64
31		4.55	1.14	0.95	1.13	1.9237	189.29	1.32	2.89	1.62
32		4.55	0.91	0.95	1.09	1.9304	188.22	1.33	2.91	1.62
33	28	3.15	0.63	1.05	1.26	1.4979	158.53	1.31	1.50	1.73
34		3.15	0.47	1.05	1.26	1.5199	158.53	1.32	1.53	1.75
35		3.50	0.88	0.95	1.13	1.5935	158.53	1.31	1.84	1.68
36		3.50	0.70	1.05	1.16	1.5972	168.09	1.32	1.82	1.71
37		3.50	0.70	0.95	1.09	1.5984	157.71	1.32	1.85	1.68
38		3.50	0.53	0.95	1.04	1.5997	156.88	1.31	1.86	1.68
39		3.50	0.53	1.05	1.10	1.6039	167.17	1.31	1.83	1.72
40		3.50	0.53	0.95	1.09	1.6219	157.71	1.33	1.88	1.70
41		3.50	0.70	0.95	1.13	1.6273	158.53	1.35	1.88	1.71
42		3.85	0.77	0.95	0.85	1.6890	163.33	1.30	2.17	1.64
43		3.85	0.96	1.05	1.05	1.6912	177.28	1.31	2.14	1.68
44		3.85	0.77	1.05	0.84	1.6945	173.23	1.31	2.15	1.68
45		3.85	0.77	0.95	0.90	1.6968	164.24	1.31	2.18	1.65
46		3.85	1.16	1.05	1.21	1.7004	180.31	1.30	2.14	1.71
47		3.85	0.96	0.95	1.04	1.7015	166.97	1.32	2.18	1.66
48		3.85	0.77	0.95	0.95	1.7066	165.15	1.32	2.19	1.66
49		3.85	0.58	0.95	0.80	1.7068	162.42	1.31	2.20	1.66
50		3.85	0.58	1.05	0.79	1.7101	172.22	1.31	2.18	1.69
51		3.85	1.16	0.95	1.13	1.7102	168.79	1.31	2.18	1.69
52		3.85	0.77	0.84	0.97	1.7148	155.45	1.31	2.26	1.64
53		4.20	1.05	1.05	0.74	1.8022	181.69	1.31	2.50	1.66
54	30	2.80	0.42	0.84	1.01	1.4586	128.91	1.35	1.32	1.76
55		3.15	0.63	0.95	0.61	1.4878	140.09	1.30	1.53	1.68
56		3.15	0.79	0.95	0.76	1.4916	142.33	1.30	1.52	1.69
57		3.15	0.79	0.95	0.80	1.4986	143.07	1.31	1.53	1.70
58		3.15	0.63	0.95	0.66	1.5030	140.84	1.32	1.54	1.69
59		3.15	0.95	1.05	1.05	1.5035	155.23	1.30	1.50	1.75
60		3.15	0.79	1.05	0.79	1.5044	151.09	1.31	1.51	1.73
61		3.15	0.63	0.84	0.84	1.5058	135.38	1.31	1.58	1.68
62		3.15	0.95	0.95	1.04	1.5095	146.79	1.32	1.53	1.73
63		3.15	0.47	0.95	0.61	1.5096	140.09	1.32	1.56	1.70
64		3.15	0.47	1.05	0.63	1.5108	148.61	1.32	1.54	1.73
65		3.15	0.47	0.84	0.76	1.5116	134.06	1.30	1.59	1.69
66		3.15	0.79	0.84	0.97	1.5230	137.36	1.32	1.59	1.70
67	32	2.80	0.56	0.84	0.50	1.4295	121.86	1.33	1.31	1.70
68		2.80	0.70	0.74	0.77	1.4316	118.25	1.30	1.34	1.70
69		2.80	0.56	0.74	0.66	1.4347	116.71	1.31	1.35	1.69
70		2.80	0.56	0.74	0.70	1.4417	117.23	1.32	1.35	1.70
71		2.80	0.42	0.74	0.59	1.4423	115.68	1.31	1.36	1.70
72		2.80	0.70	0.84	0.63	1.4450	123.62	1.34	1.30	1.73
73		2.80	0.84	0.74	0.88	1.4554	119.80	1.32	1.35	1.74
74		2.80	0.84	0.84	0.88	1.4562	127.15	1.35	1.30	1.76
75		2.80	0.56	0.63	0.76	1.4595	110.68	1.31	1.42	1.70
76		2.80	0.84	0.74	0.44	1.4495	113.62	1.32	1.37	1.70
77	34	2.80	0.98	0.74	0.55	1.4510	115.17	1.30	1.35	1.74
78		2.80	0.56	0.63	0.38	1.4541	105.39	1.31	1.44	1.66
79		2.80	0.70	0.63	0.44	1.4582	106.27	1.31	1.43	1.68
80		2.80	0.98	0.74	0.59	1.4596	115.68	1.31	1.36	1.75
81		2.80	0.84	0.63	0.60	1.4597	108.48	1.30	1.42	1.70
82		2.80	1.12	0.84	0.63	1.4655	123.62	1.33	1.30	1.81
83		2.80	1.12	0.74	0.81	1.4672	118.77	1.31	1.35	1.79

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
84	34	2.80	0.98	0.84	0.50	1.4679	121.86	1.36	1.32	1.77
85		2.80	0.84	0.63	0.63	1.4685	108.92	1.31	1.42	1.71
86		2.80	0.70	0.63	0.47	1.4694	106.72	1.32	1.44	1.69
87		2.80	0.56	0.53	0.50	1.4739	99.73	1.31	1.49	1.67
88		2.80	0.70	0.53	0.58	1.4789	100.84	1.31	1.49	1.68
89		2.80	0.42	0.53	0.45	1.4817	99.00	1.30	1.51	1.68
90	36	2.80	1.26	0.74	0.48	1.4797	114.14	1.31	1.36	1.81
91		2.80	1.40	0.74	0.70	1.48	117.23	1.30	1.33	1.86
92		2.80	0.84	0.53	0.32	1.49	97.16	1.32	1.51	1.67
93		2.80	1.54	0.74	0.85	1.49	119.28	1.31	1.30	1.90
94		2.80	0.70	0.42	0.25	1.49	88.93	1.32	1.56	1.63
95		2.80	1.40	0.74	0.74	1.49	117.74	1.32	1.34	1.87
96		2.80	1.12	0.63	0.47	1.49	106.72	1.31	1.44	1.77
97		2.80	0.98	0.53	0.42	1.50	98.63	1.31	1.50	1.72
98		2.80	0.98	0.63	0.38	1.50	105.39	1.34	1.46	1.73
99		2.80	0.84	0.42	0.32	1.50	89.81	1.31	1.56	1.67
100		2.80	0.98	0.42	0.44	1.50	91.57	1.31	1.54	1.70
101		2.80	1.12	0.63	0.50	1.50	107.16	1.33	1.44	1.78
102		2.80	1.12	0.53	0.58	1.50	100.84	1.30	1.49	1.76
103		2.45	0.49	0.42	0.48	1.50	87.64	1.48	1.30	1.78
104		2.80	0.84	0.42	0.34	1.51	90.10	1.33	1.56	1.68
105		2.80	1.40	0.84	0.59	1.51	123.03	1.36	1.30	1.90
106		2.80	1.12	0.74	0.44	1.51	113.62	1.38	1.40	1.80
107	38	2.80	1.68	0.63	0.66	1.4960	109.36	1.31	1.33	1.89
108		2.45	0.74	0.42	0.29	1.4974	85.33	1.47	1.31	1.76
109		2.45	0.61	0.42	0.25	1.5015	84.81	1.49	1.32	1.74
110		2.80	1.40	0.63	0.38	1.5021	105.39	1.31	1.42	1.82
111		2.80	1.54	0.63	0.50	1.5049	107.16	1.31	1.38	1.87
112		2.80	1.68	0.63	0.69	1.5120	109.80	1.33	1.34	1.91
113		2.80	1.54	0.63	0.54	1.5121	107.60	1.32	1.39	1.88
114		2.45	0.86	0.42	0.44	1.5143	87.13	1.47	1.30	1.81
115		2.80	1.40	0.53	0.47	1.5147	99.37	1.30	1.47	1.82
116		2.80	1.54	0.74	0.44	1.5165	113.62	1.36	1.34	1.89
117		2.80	1.12	0.42	0.25	1.5180	88.93	1.32	1.57	1.71
118		2.80	1.26	0.42	0.34	1.5197	90.10	1.30	1.55	1.76
119	40	2.80	1.26	0.53	0.34	1.5201	97.53	1.32	1.51	1.78
120		2.80	1.54	0.53	0.60	1.5257	101.20	1.31	1.45	1.87
121		2.80	1.68	0.74	0.62	1.5305	116.20	1.38	1.30	1.95
122		2.80	1.68	0.42	0.29	1.5086	89.52	1.31	1.45	1.81
123		2.80	1.68	0.53	0.32	1.5098	97.16	1.33	1.41	1.83
124		2.80	1.68	0.42	0.32	1.5202	89.81	1.32	1.45	1.83
125		2.80	1.54	0.42	0.25	1.5254	88.93	1.32	1.51	1.79
126		2.80	1.68	0.42	0.34	1.5291	90.10	1.34	1.46	1.84
127		2.45	1.10	0.42	0.32	1.5320	85.58	1.48	1.30	1.86
128		2.45	0.98	0.42	0.25	1.5380	84.81	1.51	1.33	1.82
129	42	2.80	1.40	0.42	0.25	1.5823	88.93	1.40	1.59	1.81
130		2.45	1.35	0.42	0.29	1.5997	85.33	1.58	1.30	1.96
131		2.45	1.35	0.42	0.32	1.6124	85.58	1.60	1.31	1.98
132		2.45	1.23	0.42	0.25	1.6180	84.81	1.62	1.35	1.94
133		2.45	1.35	0.42	0.34	1.6223	85.84	1.61	1.31	1.99
134		2.80	1.68	0.42	0.25	1.6629	88.93	1.54	1.58	1.92

Çizelge 7.5. H=8m

No	Ø(°)	X ₁ (m)	X ₂ (m)	X ₃ (m)	X ₄ (m)	f _{min}	W _{duvar} (kN)	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
1	20	6.40	1.60	1.20	1.44	1.9104	304.08	1.00	3.47	1.31
2		6.40	1.28	1.20	1.38	1.9175	302.16	1.01	3.49	1.31
3		6.40	0.96	1.20	1.32	1.9214	300.24	1.00	3.50	1.31
4		6.40	0.96	1.20	1.38	1.9463	302.16	1.02	3.54	1.33
5		6.40	1.28	1.20	1.44	1.9499	304.08	1.04	3.54	1.33
6		6.40	0.96	1.08	1.30	1.9659	280.27	1.03	3.61	1.31
7		6.40	0.96	1.20	1.44	1.9791	304.08	1.05	3.60	1.35
8		6.80	2.04	1.20	1.44	2.0212	318.96	1.00	3.80	1.32
9		6.80	1.02	1.20	1.08	2.0324	306.72	1.01	3.85	1.30
10		6.80	1.36	1.20	1.26	2.0352	312.84	1.02	3.84	1.30
11	22	7.20	1.08	1.20	1.38	2.4985	331.68	1.30	4.75	1.52
12		7.20	1.44	1.20	1.44	2.5030	333.84	1.32	4.75	1.52
13		7.20	1.08	1.08	1.30	2.5258	307.06	1.31	4.85	1.50
13		7.20	1.08	1.20	1.44	2.5405	333.84	1.33	4.82	1.54
14		7.60	1.52	1.20	1.26	2.6018	341.88	1.30	5.10	1.48
15		7.60	1.90	1.20	1.38	2.6062	346.44	1.30	5.10	1.49
15		7.60	1.14	1.20	1.20	2.6225	339.60	1.30	5.15	1.50
16	24	6.00	0.90	1.20	1.38	2.1464	287.40	1.31	3.61	1.59
17		6.00	1.20	1.20	1.44	2.1513	289.20	1.32	3.60	1.59
18		6.00	0.90	1.08	1.30	2.1661	266.88	1.31	3.68	1.57
20		6.40	1.28	1.20	1.26	2.2464	298.32	1.31	3.94	1.56
21		6.40	1.60	1.20	1.38	2.2510	302.16	1.31	3.94	1.57
21		6.40	0.96	1.20	1.14	2.2515	294.48	1.30	3.96	1.57
22		6.40	1.28	1.08	1.19	2.2521	276.82	1.30	3.99	1.53
23		6.40	0.96	1.08	1.08	2.2636	273.36	1.29	3.99	1.53
24	26	4.80	0.96	1.20	1.44	1.8085	244.56	1.31	2.50	1.66
25		4.80	0.72	1.08	1.30	1.8157	226.70	1.31	2.56	1.64
27		5.20	1.04	1.20	1.26	1.9042	254.76	1.30	2.84	1.63
28		5.20	1.04	1.08	1.19	1.9048	237.29	1.30	2.88	1.59
29		5.20	1.30	1.20	1.38	1.9092	257.88	1.31	2.84	1.64
30		5.20	0.78	1.20	1.20	1.9181	253.20	1.31	2.87	1.64
31		5.20	1.30	1.08	1.30	1.9237	240.10	1.32	2.89	1.62
31		5.20	1.04	1.08	1.24	1.9304	238.69	1.33	2.91	1.62
31		5.20	0.78	1.08	1.19	1.9331	237.29	1.32	2.92	1.62
32	28	3.60	0.72	1.20	1.44	1.4979	199.92	1.31	1.50	1.73
33		3.60	0.54	1.20	1.44	1.5199	199.92	1.32	1.53	1.75
34		4.00	1.00	1.08	1.30	1.5935	199.92	1.31	1.84	1.68
35		4.00	0.80	1.20	1.32	1.5972	212.40	1.32	1.82	1.71
36		4.00	0.80	1.08	1.24	1.5984	198.84	1.32	1.85	1.68
37		4.00	0.60	1.08	1.19	1.5997	197.76	1.31	1.86	1.68
38		4.00	0.60	1.20	1.26	1.6039	211.20	1.31	1.83	1.72
38		4.00	1.00	1.20	1.44	1.6146	214.80	1.33	1.83	1.73
38		4.00	0.80	1.20	1.38	1.6195	213.60	1.34	1.84	1.73
38		4.00	0.60	1.08	1.24	1.6219	198.84	1.33	1.88	1.70
42		4.40	0.88	1.08	0.97	1.6890	206.18	1.30	2.17	1.64
43		4.40	1.10	1.20	1.20	1.6912	224.40	1.31	2.14	1.68
44		4.40	0.88	1.20	0.96	1.6945	219.12	1.31	2.15	1.68
46		4.40	1.32	1.20	1.38	1.7004	228.36	1.30	2.14	1.71
47		4.40	1.10	1.08	1.19	1.7015	210.94	1.32	2.18	1.66
49		4.40	0.66	1.08	0.92	1.7068	205.00	1.31	2.20	1.66
51		4.40	1.32	1.08	1.30	1.7102	213.31	1.31	2.18	1.69
52		4.40	0.88	0.96	1.10	1.7148	195.89	1.31	2.26	1.64
53		4.80	1.20	0.96	1.06	1.8260	206.54	1.31	2.61	1.62
68	30	3.20	0.48	0.96	1.15	1.4586	161.23	1.35	1.32	1.76
69		3.60	0.72	1.08	0.70	1.4878	175.84	1.30	1.53	1.68

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
70	30	3.60	0.90	1.08	0.86	1.4916	178.75	1.30	1.52	1.69
71		3.60	0.90	1.08	0.92	1.4986	179.72	1.31	1.53	1.70
72		3.60	0.72	1.08	0.76	1.5030	176.81	1.32	1.54	1.69
73		3.60	1.08	1.20	1.20	1.5035	195.60	1.30	1.50	1.75
74		3.60	0.90	1.20	0.90	1.5044	190.20	1.31	1.51	1.73
75		3.60	0.90	1.08	0.97	1.5052	180.70	1.32	1.53	1.71
76		3.60	0.72	0.96	0.96	1.5058	169.68	1.31	1.58	1.68
76		3.60	0.72	1.20	0.78	1.5092	188.04	1.32	1.53	1.72
77		3.60	1.08	1.08	1.19	1.5095	184.58	1.32	1.53	1.73
77		3.60	0.54	1.08	0.70	1.5096	175.84	1.32	1.56	1.70
78		3.60	0.54	1.20	0.72	1.5108	186.96	1.32	1.54	1.73
79		3.60	0.54	0.96	0.86	1.5116	167.95	1.30	1.59	1.69
80		3.60	0.90	0.96	1.10	1.5230	172.27	1.32	1.59	1.70
100	32	3.20	0.64	0.96	0.58	1.4295	152.02	1.33	1.31	1.70
101		3.20	0.80	0.84	0.88	1.4316	147.31	1.30	1.34	1.70
102		3.20	0.64	0.84	0.76	1.4347	145.30	1.31	1.35	1.69
103		3.20	0.64	0.84	0.80	1.4417	145.97	1.32	1.35	1.70
104		3.20	0.48	0.84	0.67	1.4423	143.95	1.31	1.36	1.70
105		3.20	0.80	0.96	0.72	1.4450	154.32	1.34	1.30	1.73
106		3.20	0.80	0.96	0.77	1.4536	155.09	1.36	1.31	1.74
108		3.20	0.96	0.84	1.01	1.4554	149.33	1.32	1.35	1.74
109		3.20	0.96	0.96	1.01	1.4562	158.93	1.35	1.30	1.76
144	34	3.20	0.96	0.84	0.50	1.4495	141.26	1.32	1.37	1.70
145		3.20	1.12	0.84	0.63	1.4510	143.28	1.30	1.35	1.74
146		3.20	0.64	0.72	0.43	1.4541	130.51	1.31	1.44	1.66
147		3.20	0.80	0.72	0.50	1.4582	131.66	1.31	1.43	1.68
148		3.20	1.12	0.84	0.67	1.4596	143.95	1.31	1.36	1.75
149		3.20	0.96	0.72	0.68	1.4597	134.54	1.30	1.42	1.70
150		3.20	1.28	0.96	0.72	1.4655	154.32	1.33	1.30	1.81
152		3.20	1.28	0.84	0.92	1.4672	147.98	1.31	1.35	1.79
153		3.20	1.12	0.96	0.58	1.4679	152.02	1.36	1.32	1.77
154		3.20	0.80	0.72	0.54	1.4694	132.24	1.32	1.44	1.69
155		3.20	0.64	0.60	0.57	1.4739	123.12	1.31	1.49	1.67
159		3.20	0.80	0.60	0.66	1.4789	124.56	1.31	1.49	1.68
160		3.20	0.48	0.60	0.51	1.4817	122.16	1.30	1.51	1.68
187	36	3.20	1.44	0.84	0.55	1.4797	141.94	1.31	1.36	1.81
188		3.20	1.60	0.84	0.80	1.48	145.97	1.30	1.33	1.86
189		3.20	0.96	0.60	0.36	1.49	119.76	1.32	1.51	1.67
190		3.20	1.76	0.84	0.97	1.49	148.66	1.31	1.30	1.90
191		3.20	0.80	0.48	0.29	1.49	109.01	1.32	1.56	1.63
192		3.20	1.60	0.84	0.84	1.49	146.64	1.32	1.34	1.87
193		3.20	1.28	0.72	0.54	1.49	132.24	1.31	1.44	1.77
194		3.20	1.44	0.84	0.59	1.50	142.61	1.33	1.37	1.83
195		3.20	1.12	0.60	0.48	1.50	121.68	1.31	1.50	1.72
196		3.20	1.12	0.72	0.43	1.50	130.51	1.34	1.46	1.73
197		3.20	0.96	0.48	0.36	1.50	110.16	1.31	1.56	1.67
198		3.20	1.12	0.48	0.50	1.50	112.46	1.31	1.54	1.70
199		3.20	1.28	0.60	0.66	1.50	124.56	1.30	1.49	1.76
200	38	3.20	1.12	0.60	0.51	1.50	122.16	1.32	1.51	1.73
201		2.80	0.56	0.48	0.55	1.50	107.33	1.48	1.30	1.78
203		3.20	1.44	0.72	0.79	1.51	136.27	1.32	1.42	1.82
204		3.20	1.60	0.96	0.67	1.51	153.55	1.36	1.30	1.90
232		3.20	1.92	0.72	0.76	1.4960	135.70	1.31	1.33	1.89
233		2.80	0.84	0.48	0.34	1.4974	104.30	1.47	1.31	1.76
234		2.80	0.70	0.48	0.29	1.5015	103.63	1.49	1.32	1.74
235		3.20	1.60	0.72	0.43	1.5021	130.51	1.31	1.42	1.82
236		3.20	1.76	0.72	0.58	1.5049	132.82	1.31	1.38	1.87

No	$\varnothing(^{\circ})$	$X_1(m)$	$X_2(m)$	$X_3(m)$	$X_4(m)$	f_{min}	$W_{duvar}(kN)$	Fs(kay)	Fs(dev)	Fs(top)
238	38	3.20	1.76	0.72	0.61	1.5121	133.39	1.32	1.39	1.88
239		2.80	0.98	0.48	0.50	1.5143	106.66	1.47	1.30	1.81
240		3.20	1.60	0.60	0.54	1.5147	122.64	1.30	1.47	1.82
241		3.20	1.76	0.84	0.50	1.5165	141.26	1.36	1.34	1.89
242		3.20	1.28	0.48	0.29	1.5180	109.01	1.32	1.57	1.71
242		3.20	1.76	0.72	0.65	1.5188	133.97	1.33	1.39	1.88
243		3.20	1.44	0.48	0.38	1.5197	110.54	1.30	1.55	1.76
244		3.20	1.44	0.60	0.39	1.5201	120.24	1.32	1.51	1.78
246		3.20	1.76	0.60	0.69	1.5257	125.04	1.31	1.45	1.87
248		3.20	1.92	0.84	0.71	1.5305	144.62	1.38	1.30	1.95
249		2.80	0.56	0.48	0.29	1.5341	103.63	1.54	1.34	1.77
257	40	3.20	1.92	0.48	0.34	1.5086	109.78	1.31	1.45	1.81
258		3.20	1.92	0.60	0.36	1.5098	119.76	1.33	1.41	1.83
259		3.20	1.92	0.48	0.36	1.5202	110.16	1.32	1.45	1.83
260		3.20	1.76	0.48	0.29	1.5254	109.01	1.32	1.51	1.79
262		2.80	1.26	0.48	0.36	1.5320	104.64	1.48	1.30	1.86
264		2.80	1.12	0.48	0.29	1.5380	103.63	1.51	1.33	1.82
265		2.80	1.26	0.48	0.41	1.5489	105.31	1.50	1.31	1.88
266		2.80	1.54	0.48	0.34	1.5997	104.30	1.58	1.30	1.96
267	42	2.80	1.54	0.48	0.36	1.6124	104.64	1.60	1.31	1.98
268		2.80	1.40	0.48	0.29	1.6180	103.63	1.62	1.35	1.94
269		2.80	1.54	0.48	0.41	1.6304	105.31	1.63	1.32	2.00
270		3.20	1.92	0.48	0.29	1.6629	109.01	1.54	1.58	1.92
270		2.80	1.68	0.48	0.58	1.6874	107.66	1.71	1.30	2.10

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Esra Uray
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti (TC)
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya 25.01.1988
Telefon : 444 12 51
Faks : +90 (332) 202 00 44
E-Posta : esra.uray@karatay.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Özel Anadolu Türmak Lisesi, Selçuklu, Konya	2006
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya Lublin Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Lublin, Polonya (Erasmus değişim programı, 2011)	2011
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuklu, Konya	2014
	: KTO Karatay Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karatay, Konya	2014-2015
Doktora	Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Bilimler Enstitüsü, Selçuklu, Konya (Yatay geçiş)	2015-Devam ediyor

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013-Devam ediyor	KTO Karatay Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2012-2013	S.P.C İnşaat	Proje Mühendisi
2011-2012	A.K.M Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi
2009-2010	Selçuk Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Laboratuvarı	Öğrenci Asistanlığı
2009-2010	Yapı Merkezi Prefabrikasyon A.Ş.	Stajyer
2008-2009	Kahire Arab Contractors Company (IAESTE staj programı)	Stajyer

UZMANLIK ALANI

Geoteknik, İstatistik, Optimizasyon

YABANCI DİLLER

İngilizce- 75 (YökDil)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

-Bilgisayar Programları: SAP2000, TEKLA XSTEEL, AUTOCAD, GEO5, PLAXIS, PHASE 2, STATISTICA, MATLAB.

-Ulusal 7. Yapı Mekaniği Laboratuvarları Çalıştayı 4-5 Ekim 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Düzenleme kurulu üyesi

-8. Uluslararası Çelik Yapılar Sempozyumu 24-26 Ekim 2019, KTO Karatay Üniversitesi, Düzenleme kurulu üyesi

İdari Görevler:

Uluslararası Teknik Stajyer Öğrenci Değişimi Birliği, IAESTE Temsilcisi, 2014-2016, KTO Karatay Üniversitesi.

Bilimsel Kuruluşlara Üyelikler:

1. Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği Bölümü, Üye, 2016.
2. Konya İnşaat Mühendisleri Odası, Üye, 2012.

YAYINLAR**Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:**

Uray, E., Çarbaş, S., Erkan, İ.H., Olgun Murat (2020). Investigation of Optimal Designs for Concrete Cantilever Retaining Walls in Different Soils, Challenge Journal of Concrete Research Letters, 11(2), 39-45., Doi: 10.20528/cjcr.2020.02.003

Uray, E., Çarbaş, S., Erkan, İ.H., Tan, Ö., 2019, Parametric Investigation for Discrete Optimal Design of a Cantilever Retaining Wall, Challenge Journal of Structural Mechanics, 5(3), 108-120, doi: 10.20528/cjsmec.2019.03.004 (Doktora tezinden).

Uray, E., Tan, Ö., Çarbaş, S., Erkan, İ.H., 2021, Metaheuristics-based Pre-Design Guide for Cantilever Retaining Walls, Teknik Dergi, 32 (4), 0-0 (Pre-Print), doi: 10.18400/tekderg.561956 (Doktora tezinden).

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Uray, E., Tan, Ö., 2015, Gabion Tipi Dayanma Yapıları, Türkiye Mühendislik Haberleri, 20152(485), 19-29 (Yüksek Lisans tezinden).

Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

Uray, E., Tan, Ö., 2015, Investigation of Design Criteria for the Type of Gabion Walls, 1st International Conference on Civil and Environmental Engineering (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3444762) (Yüksek Lisans tezinden).

Erkan, İ.H., Uray, E., Tan, Ö., 2016, Determining of Critical Safety Factors for Homogeneous Slopes with Mathematical Model, 4th International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3444761).

Uray, Erkan, İ.H., Özçelik, M., Tan, Ö., 2017, An Example of Cement Stabilization Application in Railway Systems (Aladdin-Adliye Tramway), 2nd International Conference on Civil and Environmental Engineering (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3528016).

Tan, Ö., Erkan, İ.H., Uray, E., 2017, Investigation of Sizing Criteria for Cantilever Retaining Wall with Taguchi Optimization, International Conference on Engineering Technologies, 829-834. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3805887)

Uray, E., Tan, Ö., Uray, Kemal, 2018, Gabion Structures and Design Criteria, 10 th UIC World Congress on High Speed Rail Trade Exhibition (Genişletilmiş Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4770080)

Uray, E., Çarbaş, S., Tan, Ö., 2018, Determining of Safety Factors for Cantilever Retaining Wall with Mathematical Model, International Conference on Mathematical Studies and Applications, 100-115. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:4668921) (Doktora tezinden).

Uray, E., Tan, Ö., 2019, Optimization of Inclined Base Cantilever Retaining Walls with the Harmony Search Algorithm, International Civil Engineering and Architecture Conference 2019 (ICEARC'19), 457-2726. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:5207226) (Doktora tezinden).

Uray, E., Demir, V., Ülke, A., Uray, E., Tan, Ö., 2019, Use of Artificial Neural Networks in Stability Control of Cantilever Retaining Walls, International Civil Engineering Architecture Conference, 469-478. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:5127073) (Doktora tezinden).

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

Uray, E., Çarbaş, S., Erkan, İ.H., Tan, Ö., 2015, Harmoni Arama Algoritması ile Betonarme Konsol Dayanma Duvarlarının Optimum Tasarımı, 6.Geoteknik Sempozyumu, doi: 10.5505/2015geoteknik.S085.

Uray, E., Çarbaş, S., Erkan, İ.H., Tan, Ö., 2016, Gabion Tipi Dayanma Duvarlarının Harmoni Arama Algoritması ile Optimizasyonu, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3444764)

Uray, E., Sancioğlu, S., Çubukçu, E.A., Erdem, M. D., 2016, Çimento ile Stabilizasyonda Optimum Çimento Oranının Belirlenmesi, 1. Ulusal Genç Geoteknik Mühendisleri Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:3444765)

Uray, E., Zarzour, M., Tan, Ö., 2019, Kumlu Zeminlerde Yatay Yüklü Kazıklar için Ön Tasarım Kılavuzu Araştırılması, 8. Uluslararası Geoteknik Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:5579107) (Doktora tezinden).

Sancioğlu, S., Uray, E., Erkan, İ.H., 2019, Taguchi Metodu ile Endüstriyel Çelik Yapıların Tasarım Kriterlerinin Araştırılması, Uluslararası 8.Çelik Yapılar Sempozyumu(E/19/03), 440-448. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:5579103).

Uray, E., Keleş, A., Kul, İ., Tan, Ö., 2019, Jet Grout Kolon Çapının Teorik Formülasyonlarla ve Deneysel Sonuçlarla Karşılaştırılması, 8. Uluslararası Geoteknik Sempozyumu (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No:5579110).

Diğer akademik çalışmalar (Lisansüstü):

Uray, E., 2013, Ön Konsolidasyon Basıncı Belirleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Semineri, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, Danışman: Prof.Dr. Özcan Tan.

Uray, E., 2014, Gabion Tipi Dayanma Duvarlarında Tasarım Kriterlerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, Danışman: Prof.Dr. Özcan Tan.

Uray, E., 2015, Harmoni Arama Algoritması ve Geoteknik Mühendisliği Uygulamalarında Kullanılması, Doktora Semineri, *KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, Danışman: Prof.Dr. Özcan Tan.

Teknik raporlar:

1.Tranway Hattı İnşaatı Analiz Raporları, Yapı Merkezi İnşaat ve San. A.Ş. Ve Yapıray Demiryolu İnşaat Sistemleri San. Tic. A.Ş. Ortaklığı Yüklenimi altında devam eden Adliye Tramvay Hattının Yapımı ve Mevcut Kampüs Tramvay Hattının İyileştirilmesi İşi Kapsamında İnşaat Alanında Kullanılması Planlanan Temel ve Stabilize Malzemelerine Ait Analiz Raporları (Rapor No:2-18) Prof.Dr. Özcan Tan & Arş.Gör. Esra Uray, KTO Karatay Üniversitesi KARSEM, Nisan 2014-Eylül 2015.

2.Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi (Koski) Bakım ve Onarım İşleri Kapsamında Kullanılması Planlanan Dolgu Stabilize Malzemelerine Ait Analiz ve Değerlendirme Raporları (Rapor No:1 ve 2), İnşaat Yüksek Mühendisi Esra Uray, KTO Karatay Üniversitesi KARSEM, Ocak 2019.

Görevli olduğu projeler:

Projenin Adı: (TÜBİTAK C) Dayanma Yapılarının Sezgisel Yöntemler Kullanılarak Optimum Tasarım, Proje No: 17401107, Yardımcı Araştırmacı, Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü, Başlama-Bitiş Tarihi: 2017-2020.

Ödüller ve diğer başarılar:

-Lisans Bölüm Birinciliği, Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2011.

-Best Presentation Award, International Conference on Engineering Technologies ICENTE'17, 2017.

-2018-2019 Dönemi Karatay TTO Akademik Teşvik Ödülü.

