

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN YAPILANDIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Fethi ŞERMET

Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ

Programı : YAPI

MANİSA 2012

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIKSU ARITMA TESİSLERİNİN YAPILANDIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnşaat Mühendisi Fethi ŞERMET

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 13.02.2012

Tezin Savunulduğu Tarih : 28.02.2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Celal KOZANOĞLU

Diğer Jüri Üyeleri :Yrd. Doç. Dr. B.Gültekin SINIR (CBÜ)

Yrd. Doç. Dr. Pınar ÖZFIRAT (CBÜ)

MANİSA 2012

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
SEMBOL LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
GRAFİKLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xvi
ÖZET	xvii
ABSTRACT	xviii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – EVSEL NİTELİKLİ ATIKSULARIN ARITILMASI	3
2.1 Atıksu Özellikleri	3
2.1.1 Fiziksel Özellikler	3
2.1.2 Kimyasal Özellikler	3
2.1.3 Biyolojik Özellikler	5
2.2 Atıksu Arıtımda Temel Hedefler	5
2.3 Atıksu Arıtma Tesislerinin Projelendirilmesi	6
2.4 Atıksu Arıtma Yöntemleri	7
2.4.1 Fiziksel Arıtma Yöntemleri	7
2.4.2 Kimyasal Arıtma Yöntemleri	7
2.4.3 Biyolojik Arıtma Yöntemleri	8
2.5 Evsel Atıksuların Arıtılmasında Temel İşlemler	8
2.6 Ön Arıtma Üniteleri	9
2.6.1 Kaba ızgaralar	9
2.6.2 İnce çubuk ızgaralar	9

2.6.3 Kum tutucular	9
2.6.4 Atıksu terfi üniteleri	10
2.6.5 Ön çökeltme havuzları	10
2.7 İkincil Arıtma Yöntemleri	10
2.7.1 Stabilizasyon Havuzları	11
2.7.2 Damlatmalı Filtreler	12
2.7.3 Aktif Çamur Sistemleri	13
2.8 Atıksu Çamuru Arıtım Yöntemleri	14
2.8.1 Çamur Yoğunlaştırma Tankları	14
2.8.2 Aerobik Çamur Stabilizasyonu	15
2.8.3 Anaerobik Çamur Stabilizasyonu	15
2.8.4 Çamur Susuzlaştırma Yöntemleri	15
2.9 Arıtılmış Atıksu Dezenfeksiyon İşlemleri	16
2.10 Atıksu Arıtma Tesislerinde Yardımcı Üniteler	16
2.11 Atıksu Arıtma Tesislerinde Emniyet	17
2.12 Atıksu Arıtma Tesislerinde Bakım İşleri	18
BÖLÜM 3 – SAYISAL UYGULAMA – TASARIM KRİTERLERİ	19
3.1 Taşıyıcı sistem parametreleri	19
3.2 Zemin parametreleri	21
3.3 Kullanılan Malzeme	21
3.3.1 Beton	21
3.3.2 Betonarme Çeliği	21

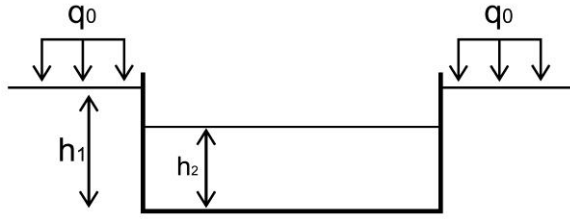
BÖLÜM 4 – YÜK KOMBİNASYONLARI	22
BÖLÜM 5 – STATİK BETONARME HESAPLARI	23
5.1. T101 – Giriş Bacası	23
5.2. T102 – Izgara Kanalı, Havalandırılmalı Kum Tutucu ve Terfi Yapısı	32
5.3. T103 – Debimetre Yapısı	43
5.4. T104 – Biofosfor Havuzu	50
5.5. T105 – Havalandırma Havuzu	61
5.6. T106 – Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı	74
5.7. T107 – Çöktürme Havuzu	84
5.8. T108 – Çamur Geri Devir Terfi Merkezi	95
5.9. T109 – Kum Filtresi	106
5.10. T110 Çıkış Yapısı	114
5.11. T111 – Süzüntü Suyu Toplama Pompa İstasyonu	124
BÖLÜM 6 – SONUÇLAR VE ÖNERİLER	132
KAYNAKLAR	134
EKLER	136

SEMBOL LİSTESİ

A_{sWL}	Çekme donatısı alanı
ρ	Çekme donatısı oranı
b	Birim genişlik
h	Perde kalınlığı
d'	Pas payı
A_{sSL}	Çekme donatısı alanı
$A_{s\text{span}}$	Minimum açıklık donatısı alanı
$A_{s\text{sup}}$	Minimum mesnet donatısı alanı
b_w	Kiriş genişliği
d	Faydalı yükseklik
f_{ctd}	Betonun çekme gerilmesi
f_{yd}	Çeliğin akma dayanımı
A_{sw}	Minimum kesme donatısı alanı
s	Etriye aralığı
j	Moment kolu katsayısı
b_w	Kesit genişliği
d	Faydalı yükseklik
M_d	Tasarım momenti
A_s	Donatı alanı
γ_n	Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı
φ	Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı
K_s	Zemin yatak katsayısı
σ_{emn}	Zemin emniyet gerilmesi
K_{as}	Statik aktif basınç katsayısı

K_{ad}	Dinamik aktif basınç katsayısı
YASS	Yeraltı su seviyesi
H	Yükseklik
E	Elastisite Modülü
Vcr	Betonun kritik kesme kuvveti taşıma kapasitesi
Vd	Tasarım kesme kuvveti

AÇIKLAMA



Örnek Şekil

Örnek şekil : Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler için örnek şekli göstermektedir.

Grafikler : Havuzlara etkiyen statik ve dinamik kuvvetlerin derinliğe bağlı basınç değerlerini göstermektedir.

Tablolar : Havuzların SAP 2000 bilgisayar programı analiz sonucunda çıkan çıkan analiz raporlarını göstermektedir.

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 5.1	Giriş Bacası Hesap Modeli	25
Şekil 5.2	Giriş Bacası SERVİS Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	25
Şekil 5.3	Giriş Bacası BOŞ Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	26
Şekil 5.4	Giriş Bacası TEST Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	26
Şekil 5.5	Giriş Bacası TASARIM Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	27
Şekil 5.6	Giriş Bacası DEPREM Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	27
Şekil 5.7	Izgara Kanalı,Havalandırmalı Kum Tutucu ve Terfi Yapısı Hesap Modeli	34
Şekil 5.8	Izgara Kanalı SERVİS Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	34
Şekil 5.9	Izgara Kanalı BOŞ Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	35
Şekil 5.10	Izgara Kanalı TEST Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	35
Şekil 5.11	Izgara Kanalı TASARIM Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	36
Şekil 5.12	Izgara Kanalı DEPREM Yükleme Durumu için Analiz Sonucu	36
Şekil 5.13	Debimetre Yapısı Hesap Modeli	44
Şekil 5.14	Debimetre Yapısı SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	45
Şekil 5.15	Debimetre Yapısı BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	45
Şekil 5.16	Debimetre Yapısı TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	46
Şekil 5.17	Debimetre Yapısı TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	46
Şekil 5.18	Debimetre Yapısı DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	47
Şekil 5.19	Biofosfor Havuzu Hesap Modeli	52
Şekil 5.20	Biofosfor Havuzu SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	52
Şekil 5.21	Biofosfor Havuzu BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	53
Şekil 5.22	Biofosfor Havuzu TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	53
Şekil 5.23	Biofosfor Havuzu TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	54
Şekil 5.24	Biofosfor Havuzu DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	54
Şekil 5.25	Havalandırma Havuzu Hesap Modeli	63
Şekil 5.26	Havalandırma Havuzu 3 Boyutlu Hesap Modeli	63
Şekil 5.27	Havalandırma Havuzu SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	64
Şekil 5.28	Havalandırma Havuzu BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	64
Şekil 5.29	Havalandırma Havuzu TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	65
Şekil 5.30	Havalandırma Havuzu TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	65
Şekil 5.31	Havalandırma Havuzu DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	66

Şekil 5.32 Radye Temel Tasarım Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	66
Şekil 5.33 Platform Kirişleri Dizayn Sonucu	68
Şekil 5.34 Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Hesap Modeli	76
Şekil 5.35 Dağıtım Yapısı SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	76
Şekil 5.36 Dağıtım Yapısı BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	77
Şekil 5.37 Dağıtım Yapısı TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	77
Şekil 5.38 Dağıtım Yapısı TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	78
Şekil 5.39 Dağıtım Yapısı DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	78
Şekil 5.40 Çöktürme Havuzu Hesap Modeli	86
Şekil 5.41 Çöktürme Havuzu Hesap Modeli	86
Şekil 5.42 Çöktürme Havuzu SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	87
Şekil 5.43 Çöktürme Havuzu BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	87
Şekil 5.44 Çöktürme Havuzu TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	88
Şekil 5.45 Çöktürme Havuzu TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	88
Şekil 5.46 Çöktürme Havuzu DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	89
Şekil 5.47 Deflektör Yapısı Hesap Modeli	91
Şekil 5.48 Deflektör Yapısı Zati ve Hareketli Yük Durumları İçin Analiz Sonucu	91
Şekil 5.49 Deflektör Yapısı Su ve Deprem Yük Durumları İçin Analiz Sonucu	91
Şekil 5.50 Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Hesap Modeli	97
Şekil 5.51 Geri Devir Terfi Merkezi Hesap Modeli	98
Şekil 5.52 Çamur Geri Devir SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	98
Şekil 5.53 Çamur Geri Devir BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	99
Şekil 5.54 Geri Devir TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	99
Şekil 5.55 Geri Devir TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	100
Şekil 5.56 Geri Devir DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	100
Şekil 5.57 Kum Filtresi Hesap Modeli	108
Şekil 5.58 Kum Filtresi SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	108
Şekil 5.59 Kum Filtresi BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	109
Şekil 5.60 Kum Filtresi TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	109
Şekil 5.61 Kum Filtresi TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	110
Şekil 5.62 Kum Filtresi DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	110
Şekil 5.63 Çıkış Yapısı Hesap Modeli	117
Şekil 5.64 Çıkış Yapısı SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	117
Şekil 5.65 Çıkış Yapısı BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	118
Şekil 5.66 Çıkış Yapısı TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	118

Şekil 5.67 Çıkış Yapısı TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	119
Şekil 5.68 Çıkış Yapısı DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	119
Şekil 5.69 Süzüntü Suyu Toplama Pompa İstasyonu Hesap Modeli	126
Şekil 5.70 Süzüntü Suyu SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	126
Şekil 5.71 Süzüntü Suyu BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	127
Şekil 5.72 Süzüntü Suyu TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	127
Şekil 5.73 Süzüntü Suyu TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	128
Şekil 5.74 Süzüntü Suyu DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu	128

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1	Giriş Bacası Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	28
Tablo 5.2	Giriş Bacası Radye Temel İçin Maksimum Moment	28
Tablo 5.3	Giriş Bacası Platform Döşemesi İçin Maksimum Moment	29
Tablo 5.4	Giriş Bacası Maksimum Ağırlığı	29
Tablo 5.5	Giriş Bacası Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	30
Tablo 5.6	Giriş Bacası Radye Temel Çatlak Tahkiki	31
Tablo 5.7	Izgara Kanalı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	37
Tablo 5.8	Giriş Bacası Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	37
Tablo 5.9	Izgara Kanalı Radye Temel İçin Maksimum Moment	38
Tablo 5.10	Izgara Kanalı Maksimum Zemin Gerilmesi	39
Tablo 5.11	Izgara Kanalı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	40
Tablo 5.12	Izgara Kanalı İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	41
Tablo 5.13	Izgara Kanalı Radye Temel Çatlak Tahkiki	42
Tablo 5.14	Debimetre Yapısı Perde Duvarı İçin Maksimum Moment	47
Tablo 5.15	Debimetre Yapısı Radye Temel İçin Maksimum Moment	48
Tablo 5.16	Debimetre Yapısı Maksimum Zemin Gerilmesi	48
Tablo 5.17	Debimetre Yapısı Dış Perde - Mesnet Çatlak Tahkiki	49
Tablo 5.18	Biofosfor Havuzu Perde Duvarı İçin Maksimum Moment	55
Tablo 5.19	Biofosfor Havuzu Radye Temel İçin Maksimum Moment	56
Tablo 5.20	Biofosfor Havuzu Platform Döşemesi İçin Maksimum Moment	56
Tablo 5.21	Analiz Sonucu Biofosfor Havuzu Maksimum Zemin Gerilmesi	57
Tablo 5.22	Biofosfor Havuzu Dış Perde - Mesnet Çatlak Tahkiki	58
Tablo 5.23	Biofosfor Havuzu İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	59
Tablo 5.24	Biofosfor Havuzu Radye Temel Çatlak Tahkiki	60
Tablo 5.25	Havalandırma Havuzu Radye Döşemesi İçin Maksimum Moment	69
Tablo 5.26	Analiz Sonucu Havalandırma Havuzu Maksimum Zemin Gerilmesi	70
Tablo 5.27	Havalandırma Havuzu Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	71
Tablo 5.28	Havalandırma Havuzu İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	72
Tablo 5.29	Havalandırma Havuzu Radye Temel Çatlak Tahkiki	73
Tablo 5.30	Çöktürme Dağıtım Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	79

Tablo 5.31	Çöktürme Dağıtım Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	79
Tablo 5.32	Çöktürme Dağıtım Yapısı Radye Temel İçin Maksimum Moment	80
Tablo 5.33	Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Maksimum Zemin Gerilmesi	80
Tablo 5.34	Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	81
Tablo 5.35	Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	82
Tablo 5.36	Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Radye Temel Çatlak Tahkiki	83
Tablo 5.37	Çöktürme Havuzu Maksimum Zemin Gerilmesi	92
Tablo 5.38	Çöktürme Havuzu Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	93
Tablo 5.39	Çöktürme Havuzu Radye Temel Çatlak Tahkiki	94
Tablo 5.40	Geri Devir Terfi Merkezi Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	101
Tablo 5.41	Geri Devir Terfi Merkezi Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	101
Tablo 5.42	Geri Devir Terfi Merkezi Döşeme Donatısı İçin Maksimum Moment	102
Tablo 5.43	Geri Devir Terfi Merkezi Radye Temel İçin Maksimum Moment	102
Tablo 5.44	Geri Devir Terfi Merkezi Radye Temel İçin Maksimum Moment	103
Tablo 5.45	Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Maksimum Zemin Gerilmesi	103
Tablo 5.46	Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	104
Tablo 5.47	Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Radye Temel Çatlak Tahkiki	105
Tablo 5.48	Kum Filtresi Radye Temel İçin Maksimum Moment	111
Tablo 5.49	Kum Filtresi Maksimum Zemin Gerilmesi	112
Tablo 5.50	Kum Filtresi Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	113
Tablo 5.51	Çıkış Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	120
Tablo 5.52	Çıkış Yapısı Radye Temel İçin Maksimum Moment	120
Tablo 5.53	Çıkış Yapısı Maksimum Zemin Gerilmesi	121
Tablo 5.54	Çıkış Yapısı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki	122
Tablo 5.55	Çıkış Yapısı Radye Temel Çatlak Tahkiki	123
Tablo 5.56	Süzüntü Suyu İstasyonu Perde Duvarları İçin Maksimum Moment	129
Tablo 5.57	Süzüntü Suyu İstasyonu Radye Temel İçin Maksimum Moment	129
Tablo 5.58	Süzüntü Suyu İstasyonu Maksimum Zemin Gerilmesi	130
Tablo 5.59	Süzüntü Suyu İstasyonu Dış Perde - Mesnet Çatlak Tahkiki	131

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 5.1	Giriş Bacası Statik Sürsarj İtkisi	24
Grafik 5.2	Giriş Bacası Dinamik Sürsarj İtkisi	24
Grafik 5.3	Giriş Bacası Statik Toprak İtkisi	24
Grafik 5.4	Giriş Bacası Dinamik Toprak İtkisi	24
Grafik 5.5	Giriş Bacası Su İtkisi	27
Grafik 5.6	Izgara Kanalı Statik Sürsarj İtkisi	33
Grafik 5.7	Izgara Kanalı Dinamik Sürsarj İtkisi	33
Grafik 5.8	Izagara Kanalı Statik Toprak İtkisi	33
Grafik 5.9	Izgara Kanalı Dinamik Toprak İtkisi	33
Grafik 5.10	Izgara Kanalı Su İtkisi	33
Grafik 5.11	Debimetre Yapısı Statik Sürsarj İtkisi	44
Grafik 5.12	Debimetre Yapısı Dinamik Sürsarj İtkisi	44
Grafik 5.13	Debimetre Yapısı Statik Toprak İtkisi	44
Grafik 5.14	Debimetre Yapısı Dinamik Toprak İtkisi	44
Grafik 5.15	Biofosfor Havuzu Statik Sürsarj İtkisi	51
Grafik 5.16	Biofosfor Havuzu Dinamik Sürsarj İtkisi	51
Grafik 5.17	Biofosfor Havuzu Statik Toprak İtkisi	51
Grafik 5.18	Biofosfor Havuzu Dinamik Toprak İtkisi	51
Grafik 5.19	Biofosfor Havuzu Su İtkisi	51
Grafik 5.20	Havalandırma Havuzu Statik Sürsarj İtkisi	62
Grafik 5.21	Havalandırma Havuzu Dinamik Sürsarj İtkisi	62
Grafik 5.22	Havalandırma Havuzu Statik Toprak İtkisi	62

Grafik 5.23	Havalandırma Havuzu Dinamik Toprak İtkisi	62
Grafik 5.24	Havalandırma Havuzu Su İtkisi	62
Grafik 5.25	Dağıtım Yapısı Statik Sürsarj İtkisi	75
Grafik 5.26	Dağıtım Yapısı Dinamik Sürsarj İtkisi	75
Grafik 5.27	Dağıtım Yapısı Statik Toprak İtkisi	75
Grafik 5.28	Dağıtım Yapısı Dinamik Toprak İtkisi	75
Grafik 5.29	Dağıtım Yapısı Su İtkisi	75
Grafik 5.30	Çöktürme Havuzu Statik Sürsarj İtkisi	85
Grafik 5.31	Çöktürme Havuzu Dinamik Sürsarj İtkisi	85
Grafik 5.32	Çöktürme Havuzu Statik Toprak İtkisi	85
Grafik 5.33	Çöktürme Havuzu Dinamik Toprak İtkisi	85
Grafik 5.34	Çöktürme Havuzu Su İtkisi	85
Grafik 5.35(a)	Terfi Merkezi Statik Sürsarj İtkisi	96
Grafik 5.35(b)	Terfi Merkezi Statik Sürsarj İtkisi	96
Grafik 5.36(a)	Terfi Merkezi Statik Toprak İtkisi	96
Grafik 5.36(b)	Terfi Merkezi Statik Toprak İtkisi	96
Grafik 5.37(a)	Terfi Merkezi Dinamik Toprak İtkisi	96
Grafik 5.37(b)	Terfi Merkezi Dinamik Toprak İtkisi	96
Grafik 5.38(a)	Terfi Merkezi Dinamik Sürsarj İtkisi	97
Grafik 5.38(b)	Terfi Merkezi Dinamik Sürsarj İtkisi	97
Grafik 5.39	Terfi Merkezi Su İtkisi	97
Grafik 5.40	Kum Filtresi Statik Sürsarj İtkisi	107
Grafik 5.41	Kum Filtresi Dinamik Sürsarj İtkisi	107
Grafik 5.42	Kum Filtresi Statik Toprak İtkisi	107
Grafik 5.43	Kum Filtresi Dinamik Toprak İtkisi	107
Grafik 5.44(a)	Çıkış Yapısı Statik Sürsarj İtkisi	115

Grafik 5.44(b)	Çıkış Yapısı Statik Sürsarj İtkisi	115
Grafik 5.45(a)	Çıkış Yapısı Dinamik Sürsarj İtkisi	115
Grafik 5.45(b)	Çıkış Yapısı Dinamik Sürsarj İtkisi	115
Grafik 5.46(a)	Çıkış Yapısı Statik Toprak İtkisi	116
Grafik 5.46(b)	Çıkış Yapısı Statik Toprak İtkisi	116
Grafik 5.47(a)	Çıkış Yapısı Dinamik Toprak İtkisi	116
Grafik 5.47(b)	Çıkış Yapısı Dinamik Toprak İtkisi	116
Grafik 5.48(a)	Çıkış Yapısı Statik Sürsarj İtkisi	116
Grafik 5.48(b)	Çıkış Yapısı Statik Sürsarj İtkisi	116
Grafik 5.49	Süzüntü Suyu Statik Sürsarj İtkisi	125
Grafik 5.50	Süzüntü Suyu Dinamik Sürsarj İtkisi	125
Grafik 5.51	Süzüntü Suyu Statik Toprak İtkisi	125
Grafik 5.52	Süzüntü Suyu Dinamik Toprak İtkisi	125

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım esnasında bilgi, öneri, yardım ve sabırlarını esirgemeyen sayın danışmanım Prof. Dr. Celal KOZANOĞLU 'na, bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen değerli katkılarından dolayı İnşaat Yüksek Mühendisi Onur TAMİŐ ve Çevre Mühendisi Hamit HATİP'e değerli jüri üyelerimiz Sayın Yrd. Doç.Dr. B.Gültekin SINIR ve Yrd. Doç.Dr. Pınar ÖZFİRAT'a ve çalışmamın başından sonuna kadar ilgi ve alakalarını eksik etmeyen aileme en derin őükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

ÖZET

Atıksu arıtma tesisleri tasarlanırken yörenin nüfus ve debi değerleri dikkate alınarak atık su debi miktarı hesaplanır. Ortaya çıkan atıksu debisine göre tesiste bulunan arıtma havuzlarının boyutları tasarlanır.

Manisa'daki zemin özellikleri ele alınarak yapılan bu çalışma da atıksu tesislerinin yapılandırılma aşamaları irdelenmiştir. Atıksu arıtma tesislerinin yapı kısmını oluşturan büyük hacimli havuzların yanal perde duvarlarına ve temel yapısına etki eden toprak, su, sürşarj ve deprem gibi kuvvetler hesaplanmıştır. Bulunan kuvvetlerin çeşitli kombinasyonları yanal perde duvarlara ve temel yapısına etkilerek sonlu elamanlar metoduna göre SAP 2000 bilgisayar programı yardımıyla analizleri yapılmıştır.

Su, toprak, sürşarj; zati ağırlık ve deprem gibi statik ve dinamik kuvvetlerden oluşan 5 ayrı kombinasyon tanımlanmıştır. Kombinasyonlar her bir havuza ayrı ayrı etkililip analizleri yapılmıştır. Havuzların her bir kombinasyon yüklemesi altında çıkan gerilme dağılışı şekillerle karşılaştırma yapılarak kritik zorlanmaların olduğu yerler belirlenmiştir.

Program ile yapılan analiz sonucunda yapılarda en kritik etki oluşturan kombinasyon tespit edilip çıkan analiz raporları içinde perde duvar, radye temel ve platform döşemeleri için maksimum moment alınarak betonarme donatı miktarı ve aralığı deprem yönetmeliğine göre belirlenmiştir. Her bir yapı için ayrı ayrı zemin gerilmesi kontrolü, çatlak tahkiki yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atıksu arıtma tesisleri, Statik ve Dinamik analiz, Havuz Tasarımı ve analizi, Donatı hesabı, Sonlu elemanlar metodu.

ABSTRACT

When wastewater plants are being designed, the population and the volume of the region are calculated. The volume of the refinery pools, Which are in the plant, are designed according to the calculated volume of the waste water flow.

In this study, the construction processes of the wastewater plants are examined in dealing with the ground traits of Manisa. Forces like soil, water, surcharge, and earthquake, which affect the structure of the foundation and side walls of pools bearing great volume, constitute the structure of the wastewater plants. Various combinations of the obtained figures, which are applied to side walls and the structure of the foundations, are analyzed by means of the finite element method, SAP 2000 computer programme.

Five separate combinations which are made up of static and dynamic forces such as water, soil, surcharge, self weight and earthquake are defined. Combinations are applied to each pool separately and their analyses are conducted. The stretching and displacement of the pools under each combination load are illustrated and compared with diagrams and the locations where critical effects exist are determined.

At the end of the analysis conducted with the computer program, the most critical combination that affects the structure is determined. From the report analysis, by taking the maximum moment into consideration for side walls, foundation structure, reinforced concrete platform, the amount of the bars and bar intervals are determined according to the earthquake regulations. For each structure, ground stretching control and split investigation are separately carried out.

Key Words: Waste water refinery plants, Static and dynamic analyses, Pool design and analysis, Bar calculation, Finite element method.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.GİRİŞ

Çevre sağlığı açısından önemli olan arıtma tesisleri günümüzde Avrupa Birliği uyum yasaları açısından daha da önem kazanmıştır. Uyum yasaları gereği her belediyenin bir arıtma tesisinin olması zorunlu kılınmıştır.

Türkiye'deki şehirleşme sürecinin yanında, içinde bulunulan ekonomik koşullar, kentleşmenin zorunlu kıldığı birçok yatırımın yapılmasına imkân tanımamaktadır. Bunun en başta gelen örneklerinden biri, kentlerimizdeki atıksu toplama ve arıtma sistemleridir. Şehirde yaşamının gereklerinden biri de kullanılmış suların toplanması ve alıcı ortama zarar vermeyecek şekilde arıtıldıktan sonra deşarj edilmesidir. Özellikle faydalı kullanım imkânları kaybolmamış alıcı ortamların mutlak korunması gereklidir. Bu sebeple Türkiye'de yürürlükteki mevzuata uygun olarak, tüm belediyelerimizin atıksu arıtma sorunları günümüz teknolojisine uygun çözümlerle giderilmelidir.(Argun o. 2006)

Ancak Türkiye'de yapılmış olan kentsel atıksu arıtma tesislerinin bir bölümü çalışmamakta ve yapılmış olan yatırımların bazıları atıl kalmaktadır. Ülke genelinde atıksu arıtma tesislerindeki durum incelediğinde, tasarıma esas atıksu karakterizasyonunun doğru olarak veya hiç yapılmaması, tesislerdeki işletme giderlerinin çok fazla olması veya tesisin proses ve/veya ekipman tasarımının uygun olarak yapılmaması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır.(Argun O. 2006)

Bir atıksu arıtma tesisi projelendirilirken yörenin içme suyu ve kanalizasyon durumu, sosyo-ekonomik koşullar, nüfus hareketleri ve iklimi incelenir. Atıksu arıtma tesisinin kurulacağı yer şehir merkezinden uzakta seçilir. Tesisin kurulacağı alanın zemin özellikleri dikkate alınır. Zemin özelliğinin geçirimsiz olmasına dikkat edilir. Atıksuyun yeraltı temiz su kaynaklarına zarar vermeyecek bir alanda ve geçirimsiz zemin üzerine kurulması önemlidir.

Atıksu arıtma tesisinin ana elemanlarını oluşturan arıtma havuzları suyun cazibesine göre konumlandırılır kimi zaman yer altına gömülü olabiliyorken kimi zamanda tamamıyla yer üstünde olabilmektedir. Bu nedenle havuzların yapılacağı zeminin sondaj ve etüt çalışmalarıyla karakteristiği belirlenmelidir. Zemin ıslah çalışmaları yapılmalıdır.

Arıtma havuzlarının statik analizleri; havuzun içinde bulunan su itkisi, perde duvarlarına gelen yanal toprak basıncı, sürşarj itkisi ve deprem etkisi göz önüne alınarak bilgisayar programıyla analizleri yapılmıştır. Çıkan analiz neticesinde donatı miktarı ve aralığı deprem yönetmeliğine göre tasarlanmıştır.

Bu çalışmada atıksu arıtma tesislerinin yapıma aşamaları kısaca anlatılmıştır. Atıksu arıtma tesislerinin yapı kısmını oluşturan büyük hacimli arıtma havuzlarının statik ve dinamik yükler altında sonlu elemanlar metodu kullanılarak bilgisayar programı yardımıyla analizleri yapılmış ve çıkan sonuçlar irdelenmiştir.

BÖLÜM 2

EVSEL NİTELİKLİ ATIKSULARIN ARITILMASI

2.1 Atıksu Özellikleri

Atıksu fiziksel, kimyasal ve biyolojik unsurları içermektedir.

2.1.1 Fiziksel Özellikler

Atıksuyun fiziksel özellikleri; toplam katı madde, koku, ısı ve renk olarak sıralanabilir.

Toplam Katı Madde: Ortalama olarak evsel atıksular 720 mg/L toplam katı madde içerir. Toplam katı maddenin yaklaşık 500 mg/L'si çözülmüş halde, geri kalanı ise askıda katı durumdadır. Çözülmüş ve askıdaki katılar sabit ve uçucu halde olabilirler. Arıtma işlemlerinin çoğu, askıdaki katı madde ve uçucu çözülmüş katı maddelerin uzaklaştırılması için tasarlanır.

Koku: Atıksuda bulunan organik maddelerin bozulmasıyla oluşan gazlar kokuya neden olmaktadır. Havalandırmaz ortamda kalan atıksu kısa süre içerisinde septik hale gelir.

Septik suyun en belirgin kokusu hidrojen sülfür gazının meydana getirdiği kokudur. Yağlar, petrol ve organik çözücüler de atıksuyun kokmasına neden olur.

Sıcaklık: Genellikle atıksu sıcaklığı, kış aylarında hava sıcaklığından daha yüksektir. Yaz aylarında ise hava sıcaklığından daha düşüktür.

2.1.2 Kimyasal Özellikler

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ₅): Atıksudaki organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu sırasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan çözülmüş oksijenin miktarıdır. Biyokimyasal oksidasyon yavaş bir işlemdir ve teorik tamamlanma süresi sonsuzdur. 20 günlük bir süre içerisinde, oksitlenme % 95-99 tamamlanır, BOİ testi için kullanılan 5 günlük sürede ise oksitlenme % 60-70 arasında gerçekleşir. (11)

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): KOİ testi atıksuların organik madde içeriğini ölçmek için yapılmaktadır. Oksitlenebilen organik madde kimyasal oksitleyici olan potasyum dikromat kullanılarak ölçülmektedir. Bir atıksuyun KOİ'si genel olarak BOİ'sinden daha yüksektir. Çünkü biyolojik olarak oksitlenemeyen birçok bileşik kimyasal olarak oksitlenebilmektedir. KOİ testi 3 saatte yapılabilirken, BOİ testi 5 gün içinde sonuçlanmaktadır. Bu nedenle KOİ ile BOİ arasında bağlantı kurulabilir. Aradaki bağlantı bir kere belirlendiğinde KOİ ölçümleri atıksu karakterizasyonunda kullanılabilir. Ülkemizde yapılan deneysel çalışmalara göre KOİ/BOİ oranının 1,6-2,5 arasında değiştiği belirlenmiş olup, bu değer ortalama 2 olarak kabul edilebilir.

pH: Atıksudaki hidrojen iyonu konsantrasyonunun parametresidir. Atıksuyun pH değeri biyolojik ve kimyasal arıtma işlemlerinin belirlenmesinde önemlidir. İçme suyunun pH değeri 6-8 arasında, deniz suyunun 8, doğal suların 7 ve evsel atıksuyun ise 7-8 arasındadır.

Klorür: Evsel atıksularda, klorürlerin belli başlı kaynağı insan idrarıdır. Su sertliğinin yüksek olduğu yörelerde, su yumuşatıcılarının kullanılması ile büyük miktarda klorür atıksuya karışmaktadır. Alıcı ortamda yüksek miktarda klorür konsantrasyonlarının bulunması, alıcı ortamın atıksu deşarjına maruz kaldığının bir göstergesidir.

Alkalinite: Atıksuda alkalinite; kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum gibi elementlerin hidroksit, karbonat ve bikarbonatlarının varlığından veya amonyaktan oluşmaktadır. Atıksu genelde alkalidir.

Azot: Atıksudaki mikroorganizmalar için bir besin maddesidir. Azot yeterli olmadığı durumlarda, atıksuyun arıtılması için azot ilavesi gerekebilir. Evsel atıksuda azot biyolojik arıtım için gerekli miktarda vardır. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış suda azot varsa, alıcı ortamda hem oksijen tüketimine hem de nitrifikasyona sebep olabilir. Atıksudaki azot başlıca, proteinli maddelerden ve üre'den kaynaklanmaktadır. Bakteriler tarafından parçalanan bu bileşikler amonyak oluşumuna sebep olurlar. Oksijenli bir ortamda bakteriler amonyağı nitrit ve nitrat' a oksitlerler. Nitrat azotu atıksudaki azot bileşiklerinin son oksidasyon kademesidir. (12)

Fosfor: Atıksudaki mikroorganizmalar için bir besin maddesidir. Alıcı ortama deşarj edilen arıtılmış atıksuda fosfor varsa, alıcı ortamda ötrifikasyona sebep olabilir.

Kükürt: Sülfat iyonu doğal olarak atıksuda mevcuttur. Sülfatlar, kimyasal olarak, anaerobik (oksijensiz) koşullarda, bakteriler tarafından sülfürlere ve hidrojen sülfüre (H_2S) indirgenir. Daha sonra H_2S biyolojik olarak sülfürik asite oksitlenir.

Ağır Metaller ve Zehirli Bileşikler. Nikel, kuşun, krom, kadmiyum, çinko, bakır ve cıva gibi ağır metaller ve oluşturdukları bileşikler mikroorganizmalar için zehirlidir. Bu nedenle atıksuyun biyolojik arıtımı safhasında sorunlar yaratırlar. Evsel atıksularda ağır metaller ve zehirli elementler bulunmaz. (13)

Gazlar: Evsel atıksularda bulunan gazlar; azot, oksijen, CO_2 , H_2S , amonyak ve metandır. Çözünmüş oksijen, aerobik mikroorganizmaların ve diğer aerobik canlıların solunumu için gereklidir. Atıksulardaki oksijen miktarı, mikroorganizmaların oksijen tüketimi sebebi ile çok düşüktür, Atıksuda bulunan organik maddelerin anaerobik parçalanmasının yan ürünlerinden biri metan gazıdır. Bu gaz çabuk alev alan ve patlama tehlikesi olan bir gazdır. H_2S gazının ise toksik etkisi çok fazladır. (13)

2.1.3 Biyolojik Özellikler

Evsel atıksularda bulunan belirgin organizma grupları; bitkiler, hayvanlar, fungi, protozoa, virüsler, bakteriler ve algler gibi mikroorganizmalardır. Evsel atıksudaki mikroorganizmaların birçoğu insanlar ve hayvanlar için hastalık yapıcı özelliktedir. Koliform bakterileri insan atıklarından kaynaklanan kirlenmenin bir göstergesi olmaktadır. Algler de tat ve koku problemlerine yol açmaktadır. Atıksuyun arıtımı esnasında organik maddeler bakteriler aracılığıyla parçalanmaktadır. (13)

2.2 Atıksu Arıtımda Temel Hedefler

Atıksu arıtımında temel hedef, atıksuyun deşarj edildiği ortamlarda halk sağlığına ve ekolojik dengeye olabilecek menfi etkilerin en az düzeye indirilmesidir. Atıksu arıtımında gerçekleştirilen temel aşamalar şunlardır;

1. Atıksudaki katı maddelerin uzaklaştırılması
2. Zararlı ağır metal ve zehirli bileşiklerin uzaklaştırılması
3. Biyolojik olarak parçalanabilen organik maddelerin uzaklaştırılması
4. Alıcı ortam durumuna bağlı olarak azot ve fosforun uzaklaştırılması
5. Patojenik organizmaların yok edilmesi

Atıksu parametrelerinden hangisinin ne derecede arıtılacağı, kanunlar ve yönetmeliklerle tespit olunmaktadır. Alıcı ortamların kirlilik Özümsene kapasitelerine bağlı olarak belirlenen deşarj standartları ülkeden ülkeye farklılıklar gösterebilmektedir. Bir akarsuya yapılacak deşarj ile bir deniz ortamına veya bir göl ortamına yapılacak deşarj kriterleri değişik olmaktadır. Arıtılmış sular, eğer sulama suyu olarak kullanılacaksa, sulama suyu standartlarına göre arıtım kademelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Endüstriyel atıksular için evsel atıksulara göre tamamen farklı standartlar kullanılmaktadır. Türk Çevre Kanunu'nun "Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği"nde toplam nüfusa bağlı olarak farklı arıtma metotları için evsel atıksu deşarj standartları belirtilmiştir. Aynı yönetmelikte endüstriler için ve deniz ortamına yapılacak atıksu deşarjları için de standartlar yer almaktadır. (13)

2.3 Atıksu Arıtma Tesislerinin Projelendirilmesi

Atıksu arıtma tesisleri projelendirirken şu çalışmalar yapılmaktadır;

Proje alanının incelenmesi: Projenin ilk aşaması olan bu aşamada yöre ili ilgili tüm bilgiler toplanır. Yörenin içme suyu ve kanalizasyon durumu, sosyo-ekonomik koşulları, nüfus hareketleri ve iklimi incelenir.

Nüfus, debi ve kirlilik yüklerinin tahmini: Yörenin nüfus gelişimi dikkate alınarak hedef yılları nüfusları tespit edilir. Atıksu arıtma tesisleri genellikle 35 yıllık periyot için iki kademeli olarak projelendirilirler. Hedef yılı nüfusları tespit edilirken aritmetik, geometrik, logaritmik veya İller Bankası nüfus artış metodu gibi metotlardan biri kullanılır. Daha sonra yöre nüfusu dikkate alınarak kişi başına su tüketim miktarları tahmin edilerek projelendirmede kullanılacak saatlik debiler hesaplanır. Kişi başına kirlilik yükleri tahmin edilerek ileride tesise ulaşacak kirlilik konsantrasyonları hesaplanır.

Endüstrilerin tetkiki: Yörede bulunan endüstriler tek tek incelenerek hangisinin atıksuyunun şehir kanalizasyonuna doğrudan kabul edilebileceği, hangisinin ön arıtma yapması gerektiği veya hangisinin kendi arıtma sistemini kurması gerektiği kararlaştırılır.

Uygun arıtma teknolojisinin seçimi: Atıksu arıtma yöntemine karar verilirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır;

- Tesisin yapılacağı yörenin iklim koşulları
- Arıtılacak suyun deşarj edileceği alıcı ortam Özellikleri. Tesisin gerektireceği alan ihtiyacı
- Tesisin işletme ve bakım masrafları
- Tesis sahibinin (Belediye) teknik kadro durumu ve mali yapısı

Eğer daha önceden bir fizibilite çalışması veya avan proje çalışması yapılarak arıtma teknolojisi belirlendiyse, karar bu aşamada gözden geçirilir.

Arazi çalışmaları ve zemin etütleri: Tesisin yapılacağı sahanın plankotesi çıkarılır. Arazinin değişik noktalarında zemin etütleri yapılarak ünitelerde kullanılacak temel sistemlerine ve zemin ıslahlarına karar verilir.

Proses hesaplarının yapılması: Bu aşamada tesisin tüm proses hesapları yapılır.

Soyutlandırma ve detay mühendislik: Tesisin tüm üniteleri boyutlandırılarak detay çizimleri hazırlanır.

Keşif ve metraj hazırlanması: Detay mühendislik hesapları ve çizimleri üzerinden tüm tesisin metraj ve keşfi çıkarılır.

İhale Dokümanlarının hazırlanması: Tesisin inşaatının ihale edilebilmesi için gerekli tüm dokümanlar hazırlanır.

2.4 Atıksu Arıtma Yöntemleri

Atıksu arıtma yöntemleri temel olarak 3'e ayrılır;

- Fiziksel arıtma yöntemleri
- Kimyasal arıtma yöntemleri
- Biyolojik arıtma yöntemleri

Değişik karakterdeki atıksular için değişik arıtma yöntemleri kullanılabilir. Evsel atıksular için genelde fiziksel ve biyolojik arıtma yöntemleri tercih edilirken endüstriyel atıksuların arıtımı için kimyasal yöntemler kullanılmaktadır. Ancak, her üç yönteminde kullanıldığı arıtma sistemleri de mevcuttur.

2.4.1 Fiziksel Arıtma Yöntemleri

Kirlilik unsurunun fiziksel özelliklerine (maddenin boyutları, viskozitesi ve özgül ağırlığı) bağlı olarak uygulanan arıtma yöntemleridir. Fiziksel arıtma yöntemlerine örnek;

- Izgaralar
- Kum tutucular
- Çökeltme tankları
- Filtrasyon havuzları

2.4.2 Kimyasal Arıtma Yöntemleri

Kirlilik unsurunun kimyasal özelliklerine bağlı olarak, dışarıdan kimyasal madde eklemek suretiyle yapılan arıtma yöntemleridir. Örneğin; Koagülasyon ve Floklaştırma İyon Değişiriciler Klorlama veya Ozonlama.

2.4.3 Biyolojik Arıtma Yöntemleri

Biyokimyasal reaksiyonlar neticesinde atıksudaki çözünmüş organik kirleticilerin uzaklaştırıldığı yöntemlerdir. Örneğin;

- Biyolojik filtreler
- Aktif çamur ve modifikasyonları
- Stabilizasyon havuzları ve modifikasyonları.
- Anaerobik sistemler

2.5 Evsel Atıksuların Arıtılmasında Temel İşlemler

Evsel atıksuların arıtılmasında şu temel işlemler kullanılmaktadır:

Ön Arıtma Üniteleri

- Kaba ızgaradan geçirme
- İnce ızgaradan geçirme
- Debi ölçümü
- Atıksuyun terfi edilmesi
- Kum tutucudan geçirme
- Ön çökeltme havuzları

İkincil Arıtma Üniteleri

- Biyolojik arıtma
- Son çökeltme havuzları
- Dezenfeksiyon

Üçüncül Arıtma Üniteleri

- Azot giderimi
- Fosfor giderimi

Atıksu çamuru arıtımı (stabilizasyon/çürütme)

Atıksu çamuru susuzlaştırma işlemleri

Ön arıtma üniteleri olarak gruplandırabileceğimiz; kaba ızgaralar, ince ızgaralar ve kum tutucular her atıksu arıtma tesisinde yer alan ünitelerdir. İkincil arıtma üniteleri olarak çok değişik sistemler kullanılabilir. Hangi biyolojik arıtma sisteminin kullanılacağına, projeci proje alanının özelliklerini ve gerekli arıtma verimi ihtiyacını dikkate alarak karar verir. Arıtılmış atıksular eğer sulama suyu olarak kullanılacaksa dezenfeksiyon işlemi tatbik edilmektedir.

Eğer projelendirilecek arıtma sistemi azot ve fosfor gideriminden herhangi birini veya her ikisini de kapsıyorsa sistemimiz üçüncül arıtma olarak adlandırılmaktadır. Tüm biyolojik arıtma sistemlerinde yan ürün olarak çamur oluşmaktadır. Bu oluşan çamurun çevreye zarar vermeyecek şekilde bertarafı için değişik çamur çürütme (stabilizasyon) sistemleri ve susuzlaştırma ekipmanları kullanılabilirlerdir.

2.6 Ön Arıtma Üniteleri

2.6.1 Kaba ızgaralar

Uzaklaştırılmadıkları takdirde, arıtma tesisinin ızgaradan sonraki ünitelerinde tıkanmalara yol açabilecek büyüklükte olan kaba organik ve inorganik maddelerin atıksudan ayrılması için kullanılırlar. Kaba ızgaralarda çubuklar arası genişlik 4 cm'nin üzerindedir ve yatayla 30-60° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. Kaba ızgaralar genellikle manuel olarak temizlenirler.

2.6.2 İnce çubuk ızgaralar

İnce ızgaralarda çubuklar arası genişlik 1,5-3,0 cm arasında değişmektedir ve yatayla 30-60° açı yapacak şekilde yerleştirilirler. İnce ızgaralar manuel veya mekanik olarak temizlenebilir. Çubuk ızgara tipinden başka, yay tipi, döner elek tipi, döner tambur tipi ince ızgara tipleri mevcuttur.

2.6.3 Kum tutucular

Arıtma tesisine gelen püssuda bulunan kum, çakıl v.b gibi kolayca çökebilen maddeler, pompaların aşınmasına, kanallar, borular, çökeltme havuzları ve çamur çürütme tanklarında tıkanmalara sebebiyet vereceğinden kum tutucular vasıtasıyla püssudan uzaklaştırılırlar. Kum tutucular dairesel veya uzunlamasına çökeltme (sabit hızlı), havalandırma tipte olabilirler. Temel amaç 0,2 mm'den büyük kum tanelerinin tutulmasıdır. Kum tutucuda yatay hızın 0,3-0,4 m/sn olması temin edilmeli, organik menşeli katıların çökmesine izin verilmemelidir.

2.6.4 Atıksu terfi üniteleri

Atıksu arıtma tesisinde proses üniteleri arasında atıksuyun enerji kaybetmesi neticesinde oluşacak yük kaybını telafi etmek ve tesise gelen atıksuyu belirli bir kottan sisteme alabilmek için yapılan pompa üniteleridir. Pompalar burgulu (Arşimet) tipte veya Santrifüj tipte seçilebilir. Eğer santrifüj tipte pompa seçilecekse, atıksuyun ince ızgara ve kum tutucudan geçirildikten sonra terfi edilmesi gereklidir. Aksi takdirde atıksu içindeki inorganik malzeme pompanın arızalanmasına sebep olacaktır. Eğer terfi pompası olarak burgulu tip kullanılacaksa, atıksuyun sadece kaba ızgaradan geçirildikten sonra terfi edilmesi mümkün olabilecektir.

2.6.5 Ön çökeltme havuzları

Kaba organik ve inorganik maddelerden çoğu ızgara ve kum tutucularda alıkonulduktan sonra, organik esaslı ve büyük ölçüde kirletici karakterde olan geriye kalmış askıdaki katı maddelerin atıksudan uzaklaştırılması gerekmektedir. Ön çökeltme havuzunun başlıca amacı atıksuyu iki temel bileşene; çamur ve çökeltmiş atıksuya ayırmaktır. Böylece bu iki bileşen ayrı ayrı arıtılabilir. Ön çökeltme havuzlarında askıdaki katı maddelerin %50-70'i ve BOİ'nin % 25-40'ı uzaklaştırılabilir. Çökeltme havuzları dikdörtgen ve dairesel biçimde olabilirler. Çökelen çamurun biriktirilmesi için çamur konisi ve bu koniye çamuru sıyracak sıyırma ekipmanları gerekmektedir. Ön çökeltme havuzlarında atıksuyun bekletilme süresi 1,5-2,5 saat arasında değişebilmektedir.

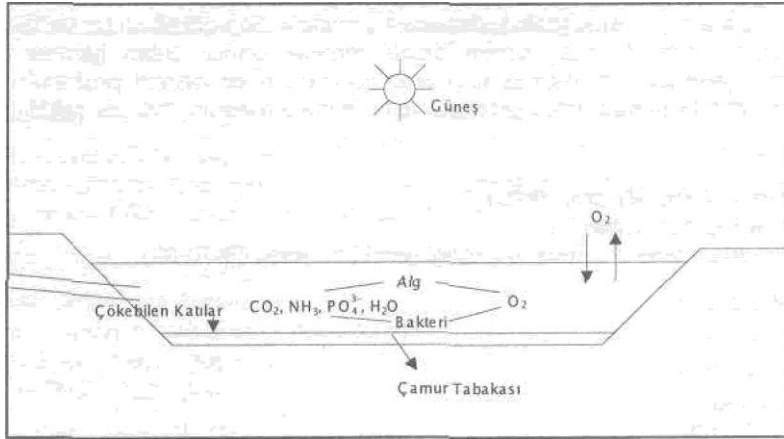
2.7 İkincil Arıtma Yöntemleri

Ön arıtma metotları ile uzaklaştırılamayan çözünmüş ve koloidal organik maddelerin uzaklaştırıldığı arıtma basamağıdır. Çözünmüş ve kolloid organik maddeler basit çökeltme metotları ile arıtılamayacağı için, bu maddelerin çökelebilen katılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Söz konusu dönüşüm bu maddeler ile mikroorganizmaları (bakteriyi) bir araya getirmekle gerçekleşir. Mikroorganizmalar çözünmüş ve kolloid maddeler üzerinde beslenirken büyürler ve çoğalırlar bu arada da çözünmüş ve kolloid maddeleri de çökelebilen katılar haline dönüştürürler. İşte ikincil arıtım yöntemleri bu işlemleri gerçekleştiren biyolojik prosesler ve gerekmesi durumunda kullanılan son çökeltme tanklarını içerirler.

2.7.1 Stabilizasyon Havuzları

Bu arıtma yönteminde atıksular ön arıtma ünitelerinden geçirildikten sonra havuzlara alınır. Temel prensip sisteme dışarıdan enerji vermeden (havalandırma yapmadan) doğal ortamda arıtımın gerçekleştirilmesidir. Sistemin avantajları, aşırı derecede basit ve işleminin güvenilebilirliğinden kaynaklanmaktadır. Doğal arıtma neticesinde oluşan çamur miktarı diğer atıksu arıtma yöntemlerine kıyasla çok daha azdır ve oluşan çamur stabil halde olduğu için ayrıca bir çamur arıtım işlemine tabi tutmaya gerek yoktur. Bununla birlikte, doğal arıtma yavaş cereyan ettiğinden büyük havuz hacimlerine ihtiyaç vardır. İklimin ise sıcak olması tercih sebebidir.

Stabilizasyon Havuzu Kesiti



Secim Kriteri:

- Yeterli büyüklükte arazi mevcutsa
- İklim koşulları müsait ise
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektirmiyorsa (% 70-80)
- Tesisin inşa edileceği bölgeye yakın yerleşim alanları yoksa
- Belediyenin yüksek teknoloji tesisini işletemeyeceği endişesi varsa

Kullanılan tipten: Havuz derinliğine ve ilave yüzeysel havalandırıcı kullanılıp kullanılmamasına göre değişik tipleri mevcuttur. Organik maddeleri parçalayacak mikroorganizmaların aerobik, anaerobik ve fakültatif tipte seçilmesine ve havuz derinliğine bağlı olarak şu tipleri vardır;

- Fakültatif stabilizasyon havuzları (derinlik = 1-2 m arası)
- Anaerobik havuzlar (derinlik = 2-5 m arası)
- Olgunlaştırma havuzları (derinlik = 1-3 m arası)
- Mekanik havalandırılmalı lagünler (derinlik = 2,5-5 m arası)

Arıtma verimi: %70-80 civarında arıtma verimi elde edilebilmektedir.

Alan gereksinimi: Seçilen tipine göre ve iklim koşullarına bağlı olarak kişi başına 2-4,5 m² alan gerekmektedir.

İşletme maliyeti: Giriş terfi merkezi ve yüzeysel havalandırıcı kullanılmıyorsa, sadece işletme personeli masrafı ve çok az miktarda bakım masrafı olacaktır.

2.7.2 Damlatmalı Filtreler

Temel prensibi belirli bir tank hacmine doldurulan kırma taş, plastik veya herhangi bir malzemenin üzerinde bakteri tabakası oluşturarak, bu malzemenin üzerinden ön arıtmadan geçirilmiş atıksuyu filtre etmek ve bu sayede atıksu içindeki kompleks organik maddelerin bakteriler tarafından parçalanmasını temin etmektir. Dairesel veya dikdörtgen geometride tanklar kullanılabilir. Filtre içersinde hava sirkülasyonunu temin etmek ve filtre yüzeyinin kuru kalmaması için tedbir almak gereklidir. Filtre yüzeyinde üreyen bakteri tabakası zamanla kalınlaşarak kopar ve çıkış suyu ile birlikte tankı terk eder. Atıksu içindeki bu bakteri kütlelerini sudan ayırmak için son çökeltme tankı kullanılması gereklidir. Son çökeltme tankından alınan bu bakteri kütlesi (çamur) sistem dışına alınarak çamur arıtım işlemlerine tabi tutulması gereklidir. Damlatmalı filtrelerde karşılaşılan en önemli problemler; filtre malzemesinin tıkanması, sinek problemi ve filtre malzemesinin donması riskidir. (16)

Secim Kriteri:

- Yeterli büyüklükte arazi yoksa
- İklim koşulları uygun ise
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektirmiyorsa (%70-80)

Kullanılan tipleri:

- Süper hızlı
- Yüksek hızlı
- Orta hızlı
- Düşük Hızlı
- İki kademeli damlatmalı filtreler

Arıtma Verimi: % 80 civarında

Alan gereksinimi: Kişi başına 0,40-0,60 m² alan gerekmektedir.

İşletme maliyeti: Kişi başına yıllık yaklaşık 1,5 \$ işletme ve bakım masrafı gerekmektedir.

2.7.3 Aktif Çamur Sistemleri

Bu arıtma sisteminde ön arıtmadan geçirilmiş atıksu havalandırma tanklarına alınır. Bu tanklara dışarıdan oksijen verilerek (yüzeysel havalandırıcılar veya difüzör havalandırıcılar ile) aerobik mikroorganizmaların atıksu içindeki çözünmüş ve kolloid organik maddeleri ayrıştırarak arıtım işlemini gerçekleştirmesi temin edilir.

Havalandırma tankından çıkan atıksuların son çökeltme tankında durutulması yani arıtılmış su içindeki mikroorganizmaların sistemden ayrıştırılması gereklidir. Ayrıca havalandırma tankında belirli bir mikroorganizma konsantrasyonunu temin etmek üzere son çökeltme tankından alınan çökelmiş çamurun (mikroorganizmaların) havalandırma tankının başına geri devredilmesi gereklidir. Sistemde oluşacak fazla çamur ise sistem dışına alınarak çamur arıtım işlemlerine tabi tutulması gerekir.

Seçim Kriteri:

- Yeterli büyüklükte arazi yoksa
- Arıtma veriminin iklim koşullarından etkilenmemesi isteniyorsa
- Alıcı ortam yüksek arıtma verimliliği gerektiriyorsa (%90-95)

Kullanılan tipleri:

- Klasik aktif çamur sistemi
- Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi
- Oksidasyon hendekleri
- CARROUSEL hendekleri

Arıtma verimi: %90-95 civarında

Alan gereksinimi: Kişi başına 0,25-0,40 m² alan gerekmektedir,

İşletme maliyeti: Kişi başına yıllık yaklaşık 3 \$ işletme ve bakım masrafı gerekmektedir.

2.8 Atıksu Çamuru Arıtım Yöntemleri

Atıksu arıtma tesislerinde gerek ön çökeltme havuzlarında gerekse son çökeltme havuzlarında çamur oluşmaktadır. Tipik bir evsel ilk çökeltme çamuru grimsi siyah renktedir, rahatsız edici bir kokusu vardır ve yaklaşık %4 kuru madde içerir. Bu kuru maddenin %70-80'ni organik ve uçucu maddedir. Organik madde, yağlar, bitkisel yağlar, yiyecek kalıntıları, dışkı, kağıt ve deterjanlardan oluşmaktadır. İnorganik madde ise başlıca silisli kumu içerir.

Atıksuyun biyolojik arıtılması son çökeltme çamuru denilen diğer organik katı malzemenin (çamurun) üretilmesi ile sonuçlanır. Bu son çökeltme çamuru biyolojik filtre çamuru veya fazla aktif çamurdur.

Biyolojik filtre çamuru kahverengidir ve toprak kokmaktadır. Su çamur %2 civarında kum katı madde içerir ve bu maddenin %65-70'i organik maddedir. Kuru katı madde, böcekler ve kurtlar dahil biyolojik kalıntıları içermektedir. Fazla aktif çamurun rengi ise griden koyu kahverengiye değişir ve toprağı andıran bir kokusu vardır. Fazla aktif çamur %70-80 organik madde ihtiva eder ve %1 kuru katı oranına sahiptir.

Oluşan bu çamurların çevreye ve insan sağlığına zarar vermemesi için stabilizasyonu (çürütülmesi) gerekmektedir. Bu çürütme işlemi aerobik veya anaerobik işlemlerle gerçekleştirilebilir. Çürütülecek çamur hacmini azaltmak amacıyla çamur yoğunlaştırıcılar kullanılır. Çamur yoğunlaştırma tanklarında %5 katı konsantrasyonuna kadar koyu çamur alınabilmektedir. Çamur yoğunlaştırılıp çürütüldükten sonra susuzlaştırma işlemine tabi tutulmalıdır. Böylece çamur keki elde edilir ve bu malzeme nihai bertaraf sahalarına kolaylıkla nakledilebilir veya tarımsal gübre olarak kullanılabilir.

2.8.1 Çamur Yoğunlaştırma Tankları

Çökeltme tanklarına benzer bir geometrisi vardır. İşlem daha sonra arıtılacak çamur hacminin azaltılması için çamur suyunun ayrılmasını içermektedir. Genelde yapılan uygulama son çökeltme çamurlarının yoğunlaştırılması, ön çökeltme çamurunun ise doğrudan çürütücülere yollanması şeklindedir. Çünkü ön çökeltme çamuru zaten yaklaşık %4 katı konsantrasyonundadır. Yoğunlaştırma işlemi yerçekimli yoğunlaştırıcılar (çökeltme havuzları benzeri) veya basınçlı hava ile yüzdürme sistemleri ile gerçekleştirilebilir. Yoğunlaştırıcıda çamurun kalma süresi ortalama olarak 24 saattir.

2.8.2 Aerobik Çamur Stabilizasyonu

Aerobik çamur stabilizasyonu, arıtma tesisinde elde edilen organik çamurun oksijenli ortamda çürütülmesi işlemidir. Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinde bu işlem zaten proses içinde gerçekleşmektedir. Yani sistemde oluşan çamur havalandırma tankında çürütülebilecek bir süre (yaklaşık 20-30 gün) alıkonulmaktadır. Aerobik çamur stabilizasyonu işleminde çamur bir havalandırma tankına alınmakta ve burada 10-12 gün süre ile havalandırılmaktadır. Bu sistemde genellikle yüzeysel havalandırıcılar kullanılmaktadır. Çürütülen çamur kokusuz, biyolojik filtre çamuruna benzer, biyolojik bakımdan dengeli bir son üründür.

2.8. 3 Anaerobik Çamur Stabilizasyonu

Anaerobik çamur stabilizasyonu, arıtma tesisinde elde edilen organik çamurun oksijensiz ortamda çürütülmesi işlemidir. Bu sistemde çamur üstü kapalı tanklara alınmakta ve yaklaşık 20 günlük bir süre içerisinde bu tankta kalmaktadır. Tankın sıcaklığına bağlı olarak anaerobik çürütme işlemi isimlendirilmektedir. Tank sıcaklığı 20°C'nin altında ise soğuk, 20-40°C arasında ise mezofilik, 40-50°C arasında ise termofilik çürüme olarak adlandırılır. Tanka giren çamur, ısı eşanjörleri ile ısıtılır. Çürüme esnasında yan ürün olarak metan gazı elde edilir. Bu gaz ısı eşanjörlerine sıcak su sağlayan kazanların ısıtılmasında ve tank muhteviyatının karıştırılması işleminde kullanılır. Bu sistem aerobik çamur çürütme sistemine kıyasla işletilmesi zor bir çamur çürütme yöntemidir. Ancak, işlem sırasında oluşan metan gazının kullanım imkanı işletme giderini azaltmaktadır. Anaerobik çamur çürütücüler silindirik veya yumurta şeklinde inşa edilebilmektedir. (17)

2.8.4 Çamur Susuzlaştırma Yöntemleri

Aerobik veya anaerobik olarak çürütülen çamur son işlem olarak susuzlaştırma işlemine tabi tutulur. Bu amaçla kullanılan sistemler şunlardır;

Çamur kurutma yatakları

- Çamur lagünleri
- Çamurun araziye yayılması
- Belt filtreler Mekanik Yöntemler
- Santrifüjler
- Vakum filtreler
- Filtre Presler –

Çamur susuzlaştırma yöntemlerinden herhangi biri kullanılarak çamurun katı içeriği %20-40'a kadar yükseltebilmektedir. İlk üç yöntem dışarıdan herhangi bir enerji girdisi gerektirmeyen çok basit uygulamalardır. Ancak, doğal kuruma işleminin gerçekleşebilmesi için çok geniş alanlara ve ıl ıman veya sıcak iklimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Çamur kurutma yataklarında çamurun kalma süresi yaklaşık 25 gündür. Halbuki mekanik susuzlaştırma yöntemlerinde proses sürekli olup, çamur beklemeksizin susuzlaştırılabilir. Mekanik sistemlerde dışarıdan enerji girdisi ve kimyasal madde ilavesi gerekmektedir. Mekanik sistemlerin işletme ve bakım maliyetleri yüksektir.

2.9 Arıtılmış Atıksu Dezenfeksiyon İşlemleri

Dezenfeksiyon atıksudaki patojenik organizmaları yok etmek için uygulanır. Dezenfeksiyonun etkinliği dezenfeksiyon yapılmasından sonra kalan koliform bakteri belirleyici grubu ile ölçülebilir. Çoğu atıksuda arıtma işlemleriyle gerçekleştirilen virüs uzaklaştırılması tam değildir ve insan kullanımına sunulacak arıtılmış atıksuların dezenfeksiyonu bir gerekliliktir. Özellikle arıtılmış atıksu tarımsal sulamada kullanılacaksa bu husus daha da önem kazanmaktadır. Kullanılacak dezenfektanın alıcı ortamdaki canlılara ve akış yönünde suyu kullanan insanlar için zehirleyici etki oluşturmayacak şekilde seçilmesi gerekmektedir. Genelde kullanılan kimyasallar sıvı-gaz klor, hipokloritler, klordioksit ve ozondur.

2.10 Atıksu Arıtma Tesislerinde Yardımcı Üniteler

Bir atıksu arıtma tesisinde yukarıda sayılan temel proses üniteleri yanı sıra işletme binası, trafo binası, bekçi kulübesi, pompa odaları, hidrofor binası ve lojman binası gibi yardımcı üniteler yer almaktadır. İşletme binası içinde, ana kontrol odası, laboratuvar, atölye, depo ve çalışma odaları bulunur. Ana kontrol odasındaki kumanda panosunda, tüm tesis ünitelerine ait ekipmanların kontrol anahtarları ve proses üzerinde yapılan ölçümlerinin kaydedildiği kaydediciler ile çeşitli göstergeler yer alır. Tesis işletmecisi bu pano üzerinde tüm arıtma prosesini kontrol altında tutabilir.

2.11 Atıksu Arıtma Tesislerinde Emniyet

Türkiye’de Sağlık ve Emniyet Komitelerince hasırlanmış, inşaat alanları ve imalat tesislerinde uyulacak emniyet kurallarına ait standartlar vardır. Kanalizasyon sistemleri ve atıksu arıtma tesislerine ilişkin emniyet konusunu içeren bir yasa ya da mevzuat bulunmamaktadır. Atıksu arıtma tesislerinde karşılaşılabilecek sorunlar şöyle sıralanabilir;

Enfeksiyon ve bulaşıcı hastalıklar

- Gürültü
- Kapalı mekanlar
- Dezenfeksiyon üniteleri
- Elektrik işleri
- Elle çalışma
- Su içinde yada yakınında çalışma
- Makine aksamının taşınması

Atıksuda insan, yada hayvansal ürün kaynaklı çeşitli mikroorganizmalar bulunur. Atıksu ile temas edeceklerin tetanoz ve polyoya karşı aşılı olmaları gerekir. Atıksu içinde ya da atıksuyla çalıştıktan ya da ekipmanları kullandıktan sonra çizmeler, giysiler, eller ve dirseğe kadar kollar sabun yada başka bir temizleyici madde ve sıcak su ile iyice yıkanmalıdır. İş sırasında olsun yada olmasın, derideki her kesik, çizik yada yara iyice temizlenmeli ve su geçirmez bantla üzeri kapatılmalıdır. Gözler atıksu yada havadaki kimyasal buhardan etkilenebilir. İş sırasında eller gözlere değirilmemelidir.

Kapalı mekanlar oksijen yetersizliği, zehirli yanıcı yada patlayıcı gazlar, buharlar yada tozlar nedeniyle tehlikeli olabilir. Bu nedenle, kapalı mekanlarda sigara içilmemeli, çıplak ışık kaynağı ve içten yanmalı motorlar kullanılmamalıdır.

Dezenfeksiyon kademesinde klor kullanılıyorsa, ünite içindeki klor seviye alarmlarına dikkat edilmeli, sıvı klor tüplerinin kullanımında emniyet kurallarına uyulmalıdır.

Tesis içindeki tüm elektrikli cihazların kullanımında gerekli özen gösterilmeli, bakımları zamanında yapılmalı, elektrik arızalarına sadece ilgili personel tarafından müdahale edilmelidir. İçinde su veya atıksu bulunan tankların etrafında çalışırken dikkatli olunmalı, şamandıra, kurtarma halatı ve kurtarma çengeli tanklar yanında hazır bulundurulmalıdır. (16)

2.12 Atıksu Arıtma Tesislerinde Bakım İşleri

Tesisin genel temizlik işleri yanı sıra, mekanik/elektrik ekipmanların periyodik olarak bakımlarının yapılması gereklidir. Tesis içinde geniş kapsamlı bir bakım atölyesi bulunmalı ve ekipmanların imalatçılarından gerekli yedek parçalar temin edilerek stoklanmalıdır.

Periyodik bakım gerektiren ekipmanlar şunlardır; tesiste kullanılan vasıtalar, çim biçme makineleri, çim kesme aletleri, kompresörler, mekanik ızgara donanımı, kum siklonları, tüm pompalar, havuz taban sıyırma ekipmanları filtre atıksu dağıtıcı kolları, havalandırıcılar, klor ekipmanları, vanalar, sürgülü kapaklar, elektrikli motorlar, elektrik panoları, kablolar ve elektronik enstrümanlar.

Tesis bakımının düzenli yapılıp yapılmadığının kontrol edilmesi amacıyla, bakım kayıtları tesiste saklanmalı, hangi tarihte hangi parçanın değiştirildiği takip edilebilmelidir.

Bir atıksu arıtma tesisinde istenilen arıtma verimi ancak tesisin tüm bakım işlerinin zamanında ve periyodik olarak yapılması ile elde edilebilir. Özellikle biyolojik arıtma ünitelerinin sürekli çalışması gerekmektedir. Aksi takdirde biyolojik faaliyet duracak ve tesisin tekrar çalıştırılabilmesi için uzun zaman gerekecektir.

BÖLÜM 3

SAYISAL UYGULAMA - TASARIM KRİTERLERİ

3.1 Taşıyıcı sistem parametreleri

Arıtma tesisi 1. derece deprem bölgesi sınırları içerisinde kalmaktadır. Hesaplarda; etkin yer ivmesi katsayısı $A_0 = 0.4$, spektrum karakteristik periyotları $T_a = 0.15$, $T_b = 0.60$, yerel zemin sınıfı Z3 C, bina önem katsayısı $I = 1.0$ katsayıları kullanılmıştır.

Toprak ve suyla temas eden yüzeylerde (gömülü su yapılarında) pas payı 5cm, üst yapılarda ise kolon ve kirişlerde 2.5cm, döşemelerde 2.0 cm alınmıştır.

Kesitlerdeki minimum donatı miktarları, TS500 ve ABYYHY standartlarına göre belirlenmiştir.

Minimum Perde Donatısı Miktarı :

$$A_{sWL} = \rho * b * h = 0.00125 * b * h \quad (\text{Düşey donatı}) \quad (3.1)$$

$$A_{sWLLONG} = 0.60 * A_{sWL} \quad (\text{Yatay donatı}) \quad (3.2)$$

Burada,

A_{sWL}	= Çekme donatısı alanı	(cm^2/m)
ρ	= Çekme donatısı oranı	
b	= Birim genişlik	(100cm)
h	= Perde kalınlığı	(cm)
d'	= Pas payı	($d = h - d'$)

Minimum Döşeme Donatısı Miktarı :

$$A_{sSL} = \rho * b * h = 0.002 * b * h \quad (3.3)$$

Burada,

A_{sSL}	= Çekme donatısı alanı	(cm^2/m)
ρ	= Çekme donatısı oranı	
b	= Birim genişliği	(100cm)
h	= Döşeme kalınlığı	(cm)
d'	= Pas payı	($d = h - d'$)

Minimum Kiriş Donatısı Miktarı :

Boyuna donatı;

$$A_{sspan} = 0.8 * f_{ctd} * b_w * d / f_{yd} = 0.002 * b_w * d \quad (3.4)$$

$$A_{ssup} = f_{ctd} * b_w * d / f_{yd} = 0.003 * b_w * d \quad (3.5)$$

Burada,

$$A_{sspan} = \text{Minimum açıklık donatısı alanı} \quad (\text{cm}^2)$$

$$A_{ssup} = \text{Minimum mesnet donatısı alanı} \quad (\text{cm}^2)$$

$$b_w = \text{Kiriş genişliği} \quad (\text{cm})$$

$$d = \text{Faydalı yükseklik} \quad (\text{cm})$$

$$f_{ctd} = \text{Betonun çekme gerilmesi} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

$$f_{yd} = \text{Çeliğin akma dayanımı} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

Enine donatı;

$$A_{sw} = 0.3 * f_{ctd} * b_w * s / f_{yd} = 0.001 * b_w * s \quad (3.6)$$

$$A_{sw} = \text{Minimum kesme donatısı alanı} \quad (\text{cm}^2)$$

$$s = \text{Etriye aralığı} \quad (\text{cm})$$

Donatı hesapları aşağıdaki taşıma gücü formülüne göre yapılmıştır.

(Uğur ERSOY, Betonarme Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı)

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} \Rightarrow j \quad (\text{Çizelge B9, Uğur ERSOY – Betonarme Kitabı}) \quad (08)$$

$$\Rightarrow A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} \quad (08) \quad (3.7)$$

j = Moment kolu katsayısı

b_w = Kesit genişliği

d = Faydalı yükseklik

M_d = Tasarım momentiA_s = Donatı alanı

3.2 Zemin parametreleri

Hesaplarda kullanılan zemin parametreleri aşağıda listelenmiştir.

Zemin özellikleri

		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim
γ_n	= 1.72 t/m ³	: ağırlığı)
φ	= 17.00°	: (Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	: (Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	: (Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	: (Statik aktif basınç katsayısı) (10)
K_{ad}	= 0.2034	: (Dinamik aktif basınç katsayısı) (10)
YASS	= YOK	: (Yer altı su seviyesi)

3.3 Kullanılan Malzeme

3.3.1 Beton

BS25 (C25) $f_{cd} = 170 \text{ kg / cm}^2$

$f_{ctd} = 11,5 \text{ kg / cm}^2$

$E = 300.000 \text{ kg / cm}^2$ $\gamma = 2.5 \text{ t / m}^3$

3.3.2 Betonarme Çeliği

BÇ III (S 420) $f_{yd} = 3.650 \text{ kg / cm}^2$

$E = 2.000.000 \text{ kg / cm}^2$

BÖLÜM 4

YÜK KOMBİNASYONLARI

Tasarımlarda, aşağıdaki yük kombinasyonları kullanılmıştır.

Kombinasyon 1: İnşaat tamamlandıktan sonra havuz içerisinde su itkisi ve dışarıda toprak itkisinin olduğu **SERVİS** kullanılabilirlik sınır durumunu ifade eden yük kombinasyonudur.

$$1.0 \text{ Zati} + 1.0 \text{ Su İtkisi} + 1.0 \text{ Zemin itkisi} + 1.0 \text{ Sürşarj} \quad (4.1)$$

Kombinasyon 2: İnşaat tamamlandıktan sonra havuz içindeki suyun bakım için boşaltıldığı, dışarıdan toprak itkisinin olduğu **BOŞ** kullanılabilirlik sınır durumunu ifade eden yük kombinasyonudur.

$$1.0 \text{ Zati} + 1.0 \text{ Zemin itkisi} + 1.0 \text{ Sürşarj} \quad (4.2)$$

Kombinasyon 3: İnşaat sonrasında sızdırmazlık deneylerinin yapıldığı, dışarıdan toprak itkisinin olmadığı içeriden su itkisinin olduğu **TEST** kullanılabilirlik sınır durumunu ifade eden yük kombinasyonudur.

$$1.0 \text{ Zati} + 1.0 \text{ Su İtkisi} \quad (4.3)$$

Kombinasyon 4 : İnşaat tamamlandıktan sonra havuz içerisinde su itkisi ve dışarıda toprak itkisinin olduğu **TASARIM** taşıma gücü sınır durumunu ifade eden yük kombinasyonudur.

$$1.4 \text{ Zati} + 1.4 \text{ Su İtkisi} + 1.6 \text{ Zemin İtkisi} + 1.6 \text{ Sürşarj} \quad (4.4)$$

Kombinasyon 5: İnşaat tamamlandıktan sonra içerideki suyun bakım için boşaltıldığı, dışarıdan toprak itkisinin olduğu durumda deprem olması halindeki **DEPREM** taşıma gücü sınır durumunu ifade eden yük kombinasyonudur. İşletme sırasında deprem olması durumunda oluşan yükler, bakım sırasında deprem olması durumunda oluşan yüklerden daha az olacağından bu durum değerlendirilecektir.

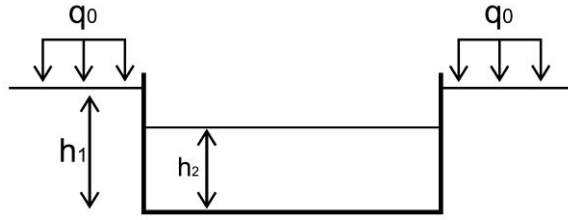
$$1.0 \text{ Zati} + 1.0 \text{ Zemin itkisi} + 1.0 \text{ Sürşarj} + 1.0 \text{ Deprem itkisi} \quad (4.5)$$

BÖLÜM 5

STATİK - BETONARME HESAPLARI

5.1. T101 – Giriş Bacası

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
γ_n	= 1.72 t/m ³	
φ	= 17,00°	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 4.50 m	Perde duvar yüksekliği
h_1	= 3.50 m	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 1.65 m	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanıl SÜRŞARJ basıncı; Deprem durumu için yanıl SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

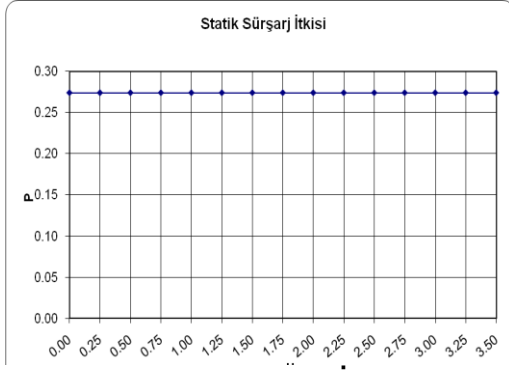
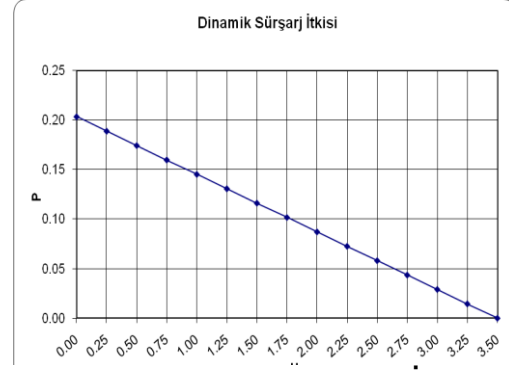
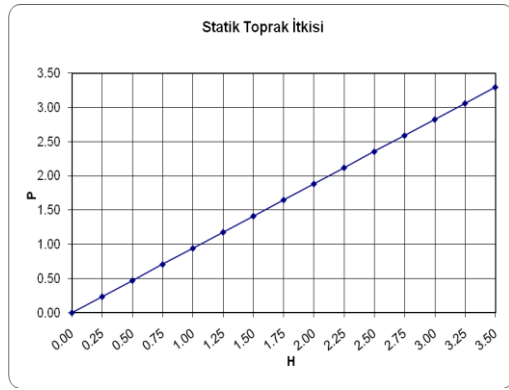
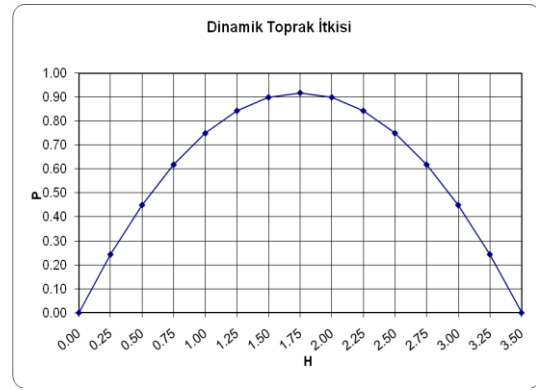
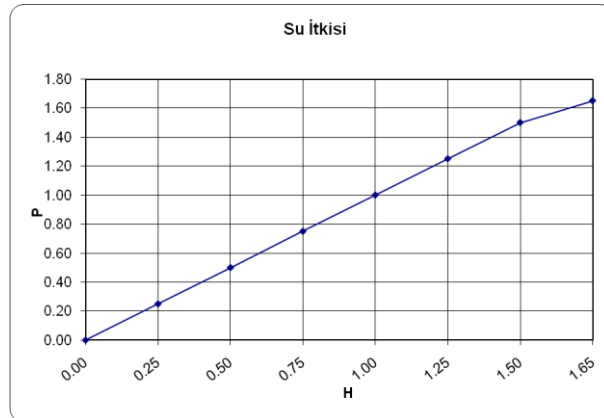
Statik durum için yanıl TOPRAK basıncı; Deprem durumu için yanıl TOPRAK basıncı;

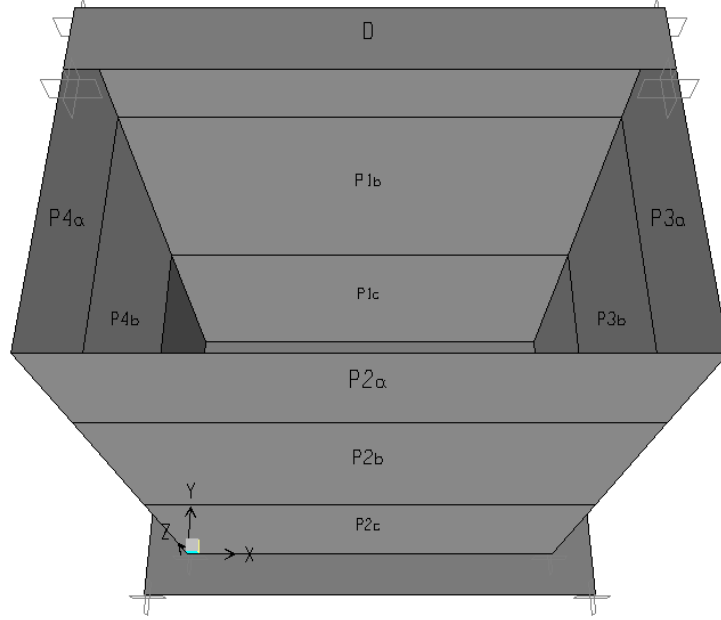
$$P_{top-s} = 3,30 \text{ t / m}^2$$

$$P_{top-d} = 0,92 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

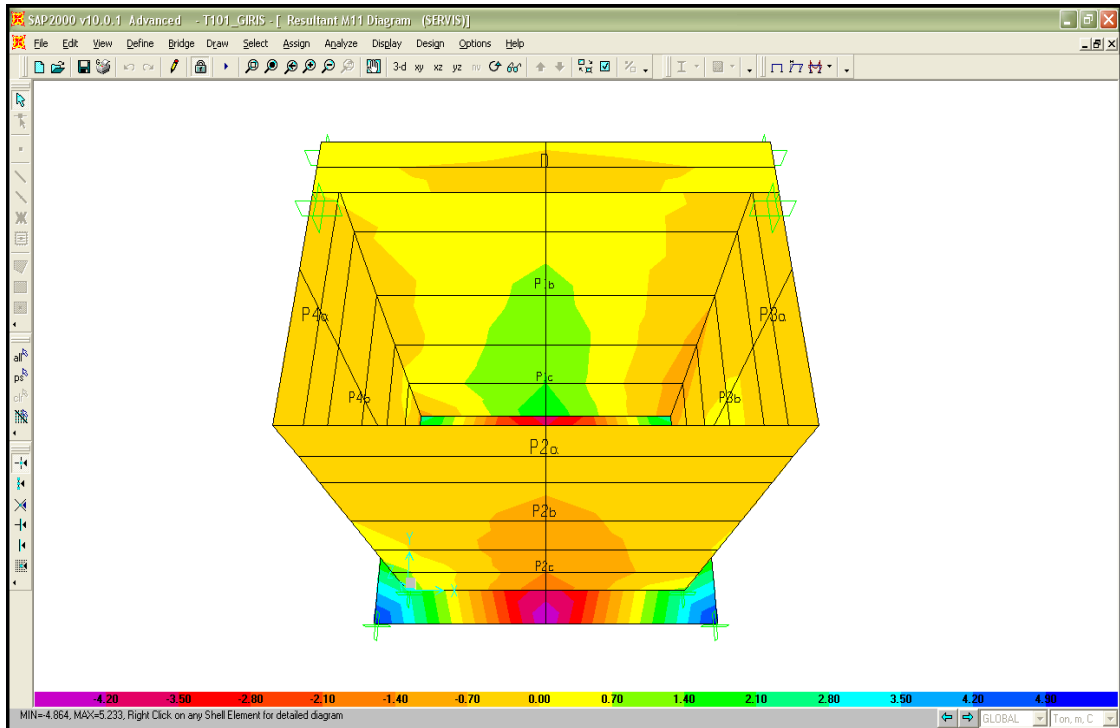
SU basıncı;

$$P_{su} = 1,65 \text{ t / m}^2$$

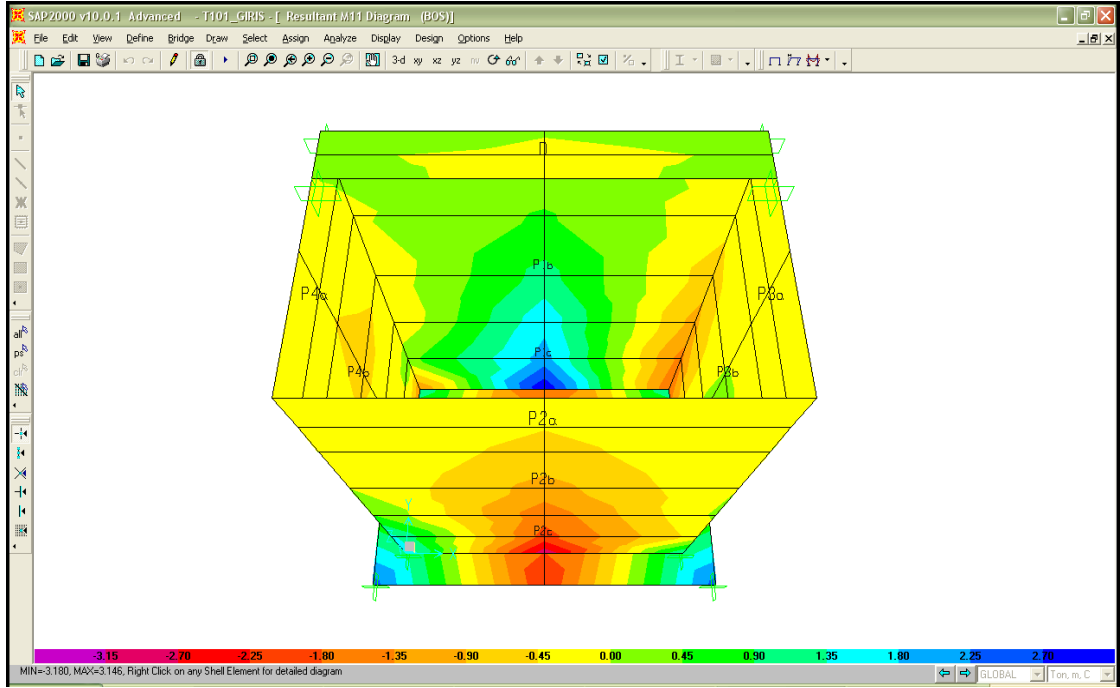
**Grafik 5.1 Statik Süřsarj İtkisi****Grafik 5.2 Dinamik Süřsarj İtkisi****Grafik 5.3 Statik Toprak İtkisi****Grafik 5.4 Dinamik Toprak İtkisi****Grafik 5.5 Su İtkisi**



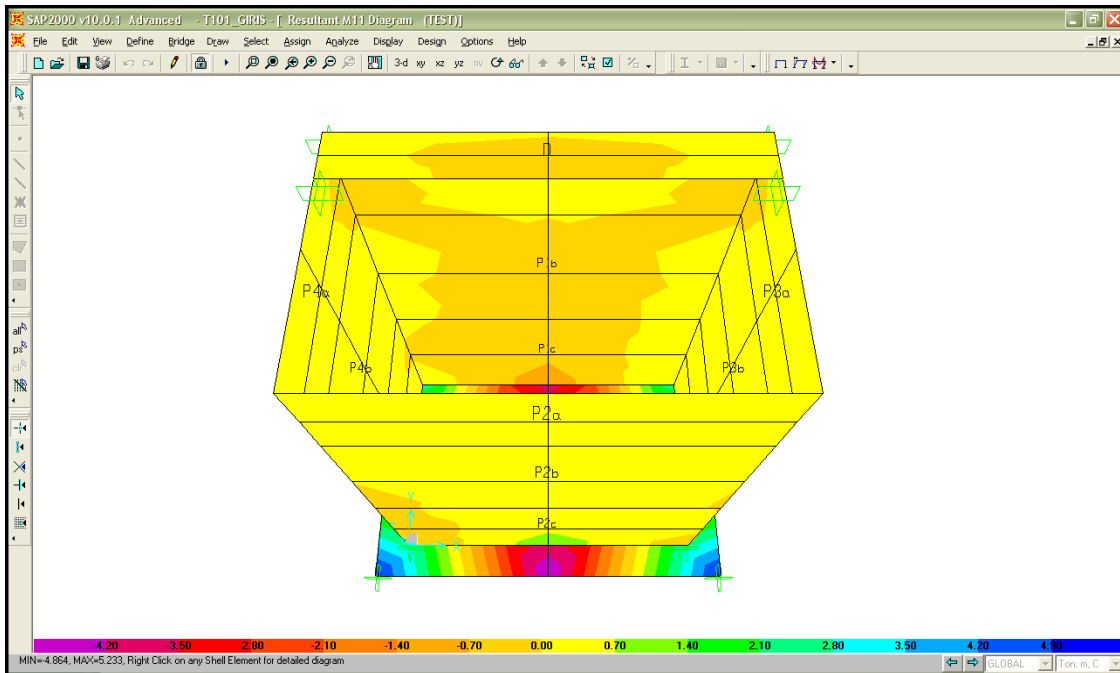
Şekil 5.1 Giriş Bacası Hesap Modeli



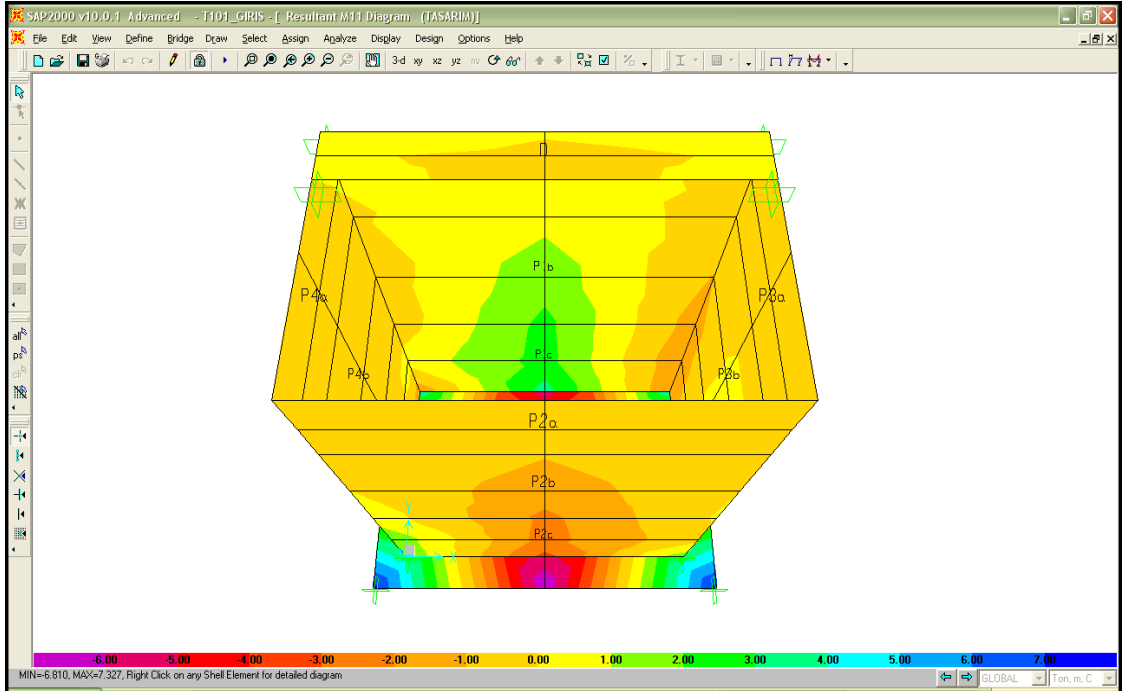
Şekil 5.2 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



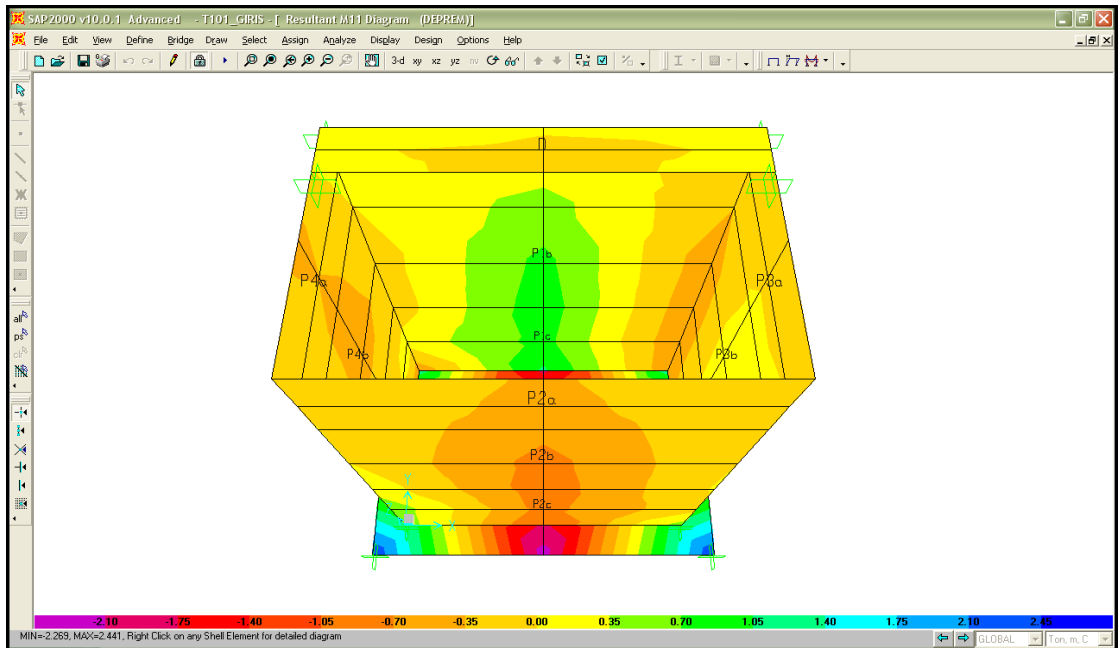
Şekil 5.3 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.4 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.5 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.6 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları :

Perde donatıları;

Tablo 5.1 Giriş Bacası Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE : Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P1c	1.801	-3.483	-0.906	-0,16	-0.896	-3.493	4.03

$$h / d = 25 / 20$$

$$M_{11\max} = 3.50 \text{ t-m (P1)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 20^2}{350} = 114.3 \quad j = 0.969 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{350}{0,969 \cdot 3,65 \cdot 20} = 4.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 25 = 3.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı : Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

Radye donatısı;

Tablo 5.2 Giriş Bacası Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE : Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD	0	7.326	5.098	0.461	7.418	5.006	9.599

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{\max} = 7.4 \text{ t-m}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{740} = 84.5 \quad j = 0.957 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{740}{0,957 \cdot 3,65 \cdot 25} = 8.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 35 = 7.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı : Her iki yönde alt, üst ϕ 14/20

Platform döşemesi donatısı;

Tablo 5.3 Giriş Bacası Platform Döşemesi İçin Maksimum Moment

TABLE : Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
D	0.857	0.201	0.056	-0.045	0.214	0.043	0.381

$$h / d = 15 / 12,5$$

$$M_{\max} = 0.2 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 12,5^2}{20} = 781.0 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{20}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 12,5} = 0.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı : Her iki yönde alt/üst ϕ 10/25

Zemin gerilmesi kontrolü :

Tablo 5.4 Giriş Bacası Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-cm	Ton-cm
SERVIS	Combination	-9.1783	2.127E-14	105.5506	12039.848	-20758.751
BOS	Combination	-9.1783	2.333E-14	84.5131	9673.129	-17077.189
TEST	Combination	5.013E-15	-1.953E-14	105.5506	12039.848	-18471.354
TASARIM	Combination	-14.6853	3.782E-14	147.8373	16869.17	-29531.369
DEPREM	Combination	-12.5131	2.234E-14	84.5131	9673.129	-18381.406

Maksimum toplam yük, $W = 147,8 \text{ ton}$

Radye alanı, $A = 12.75 \text{ m}^2$

$$\sigma = W / A = 147,8 / 12,75 = 11.5 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2$$

Çatlak Tahkiki:

Tablo 5.5 Giriş Bacası Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 15	10.26	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		5	cm ²
03		Taşıma gücü katsaysız gerekli donatı		5.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		25	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		20	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01026	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		779.53507	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.00761	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.13	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı Φ **14/15** olarak belirlenmiştir

Çatlak miktarı $w=0.13$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.6 Giriş Bacası Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 14 / 12$	12.83	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		8.5	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		8.50	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01283	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1060.16770	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01053	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $Wk=Wm*1.7$		0.18	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $Wk < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $Wk < 0.25$ mm olmalıdır.

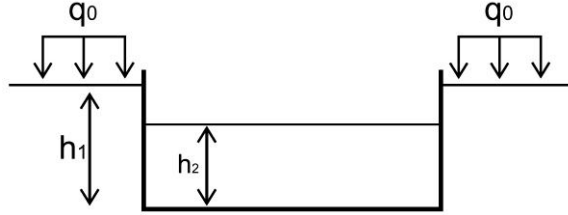
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $Wk < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde $\Phi 14/12$ olarak belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.18$ mm < 0.20 mm ✓

5.2. T102 – Izgara Kanalı, Havalandırmalı Kum Tutucu ve Terfi Yapısı

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
γ_n	= 1.72 t/m ³	:
φ	= 17,00°	:
		(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	:
		(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	:
		(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	:
		(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	:
		(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 6.55 m	:
		Perde duvar yüksekliği
h_1	= 6.00 m	:
		Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 2.50 m	:
		Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

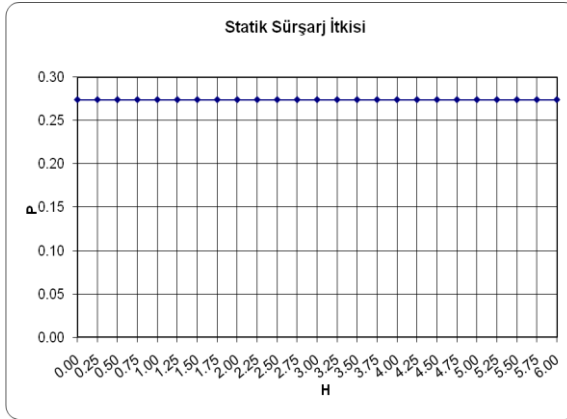
$$P_{top-s} = 5,65 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

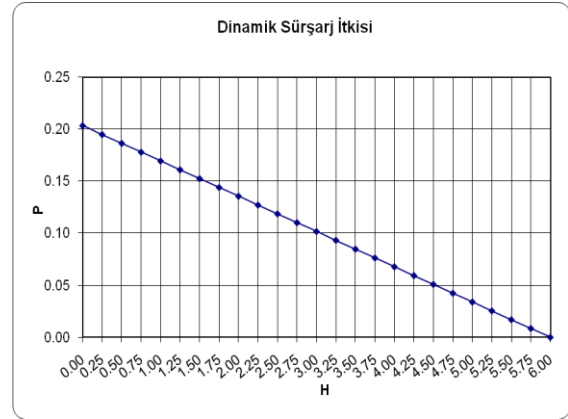
$$P_{top-d} = 1,57 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

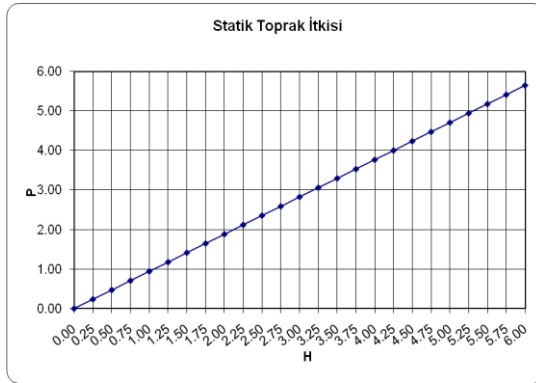
$$P_{su} = 2,50 \text{ t / m}^2$$



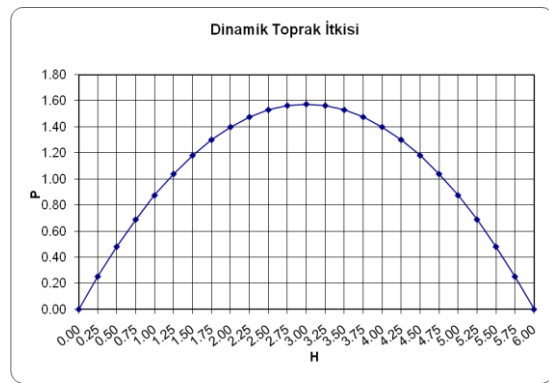
Grafik 5.6 Statik Süřsarj İtkisi



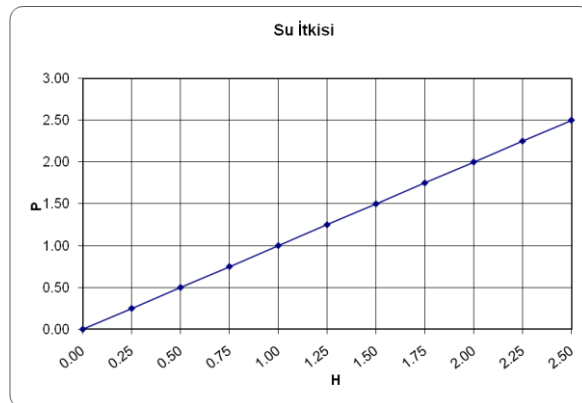
Grafik 5.7 Dinamik Süřsarj İtkisi



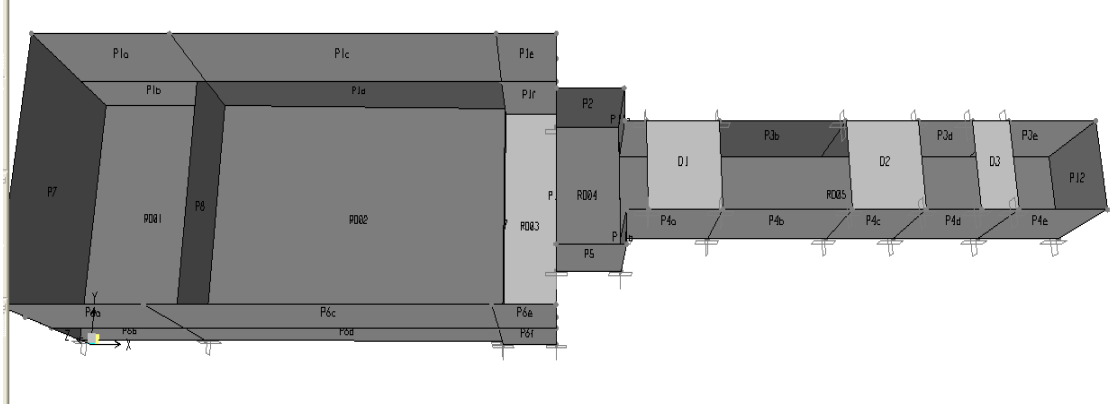
Grafik 5.8 Statik Toprak İtkisi



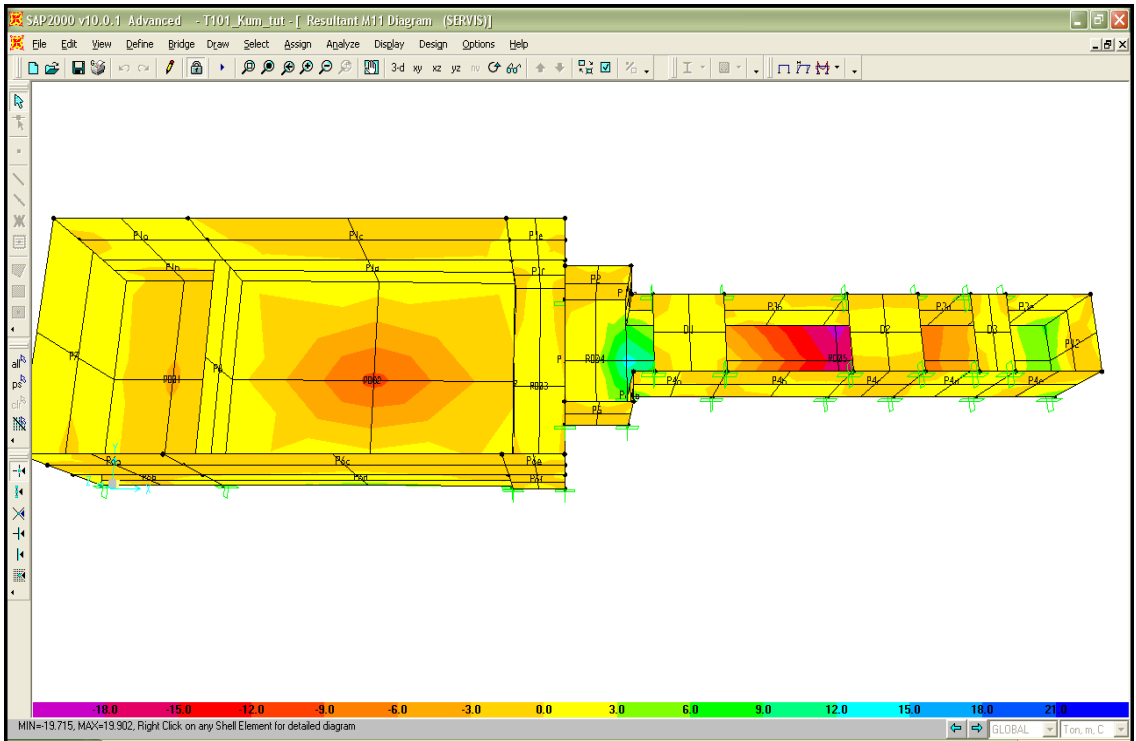
Grafik 5.9 Dinamik Toprak İtkisi



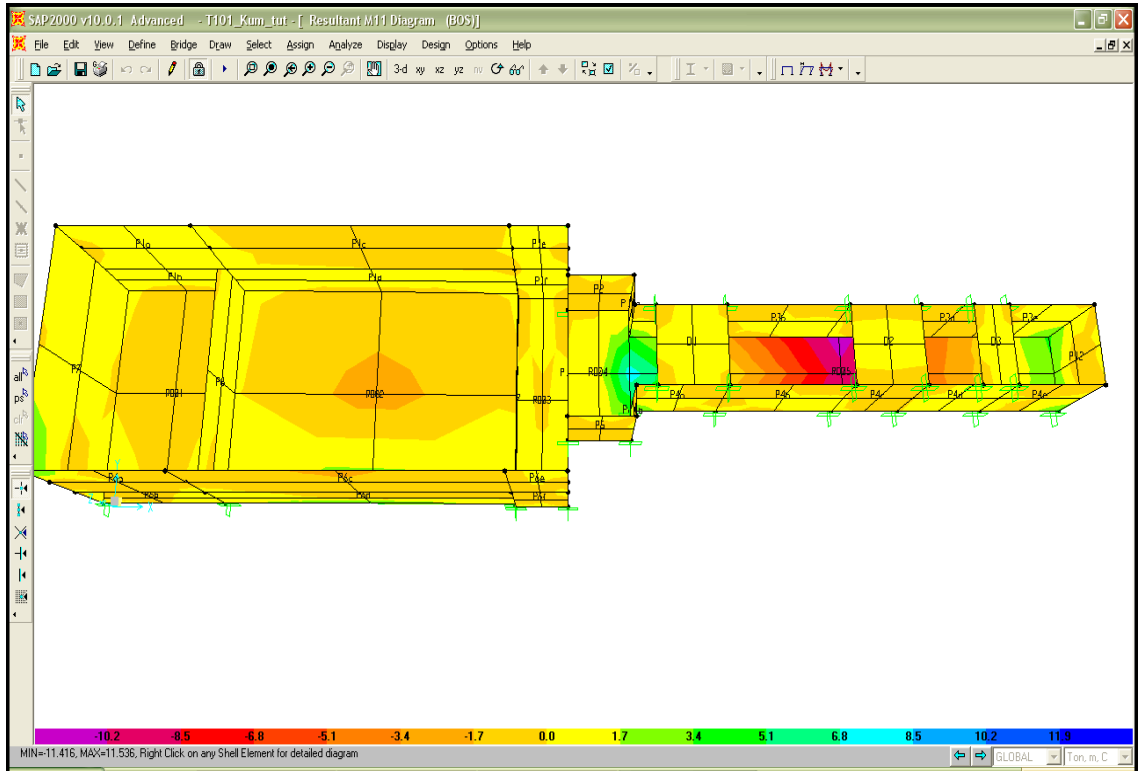
Grafik 5.10 Su İtkisi



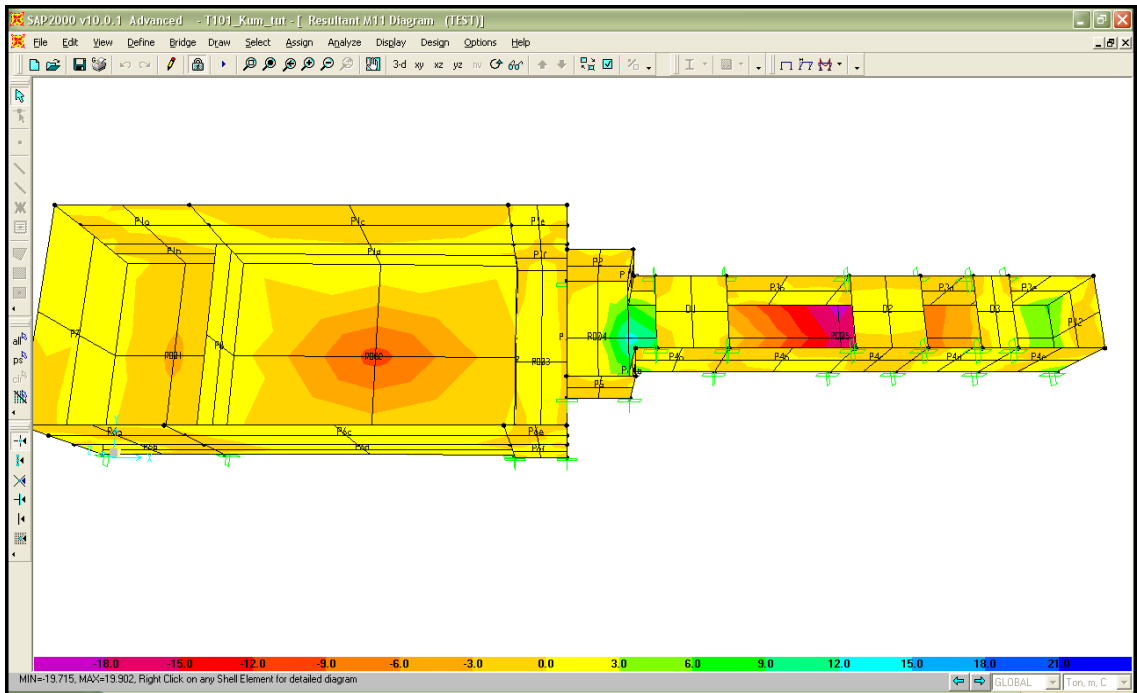
Şekil 5.7 Izgara Kanalı, Havalandırmalı Kum Tutucu ve Terfi Yapısı Hesap Modeli



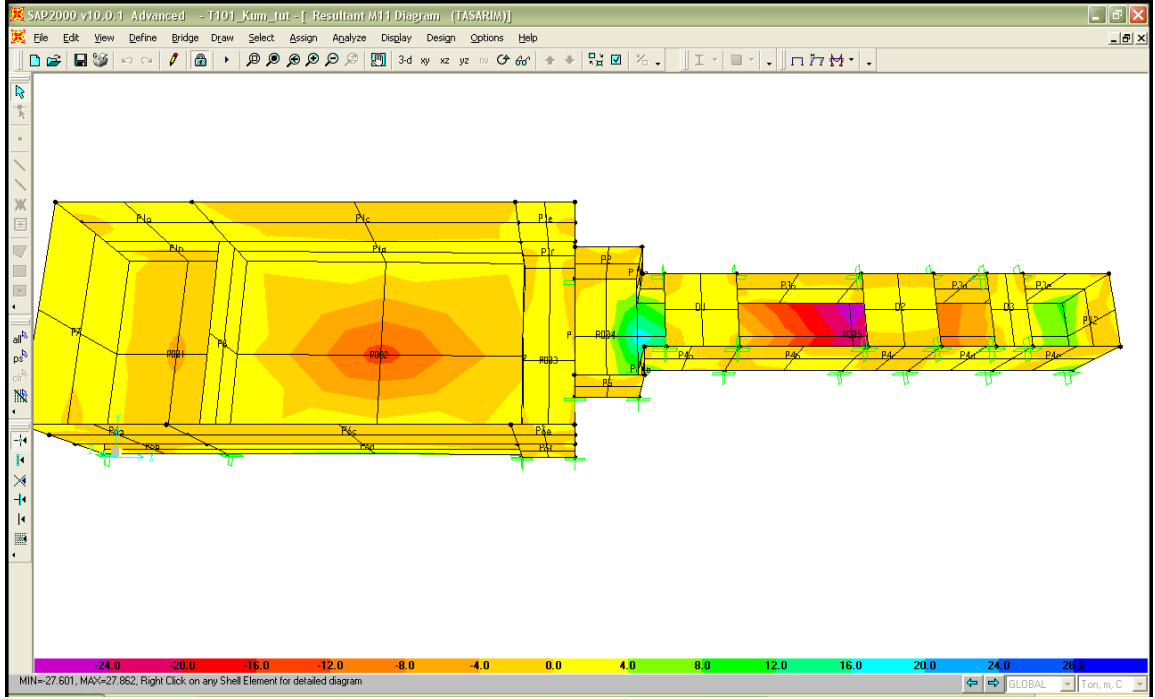
Şekil 5.8 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



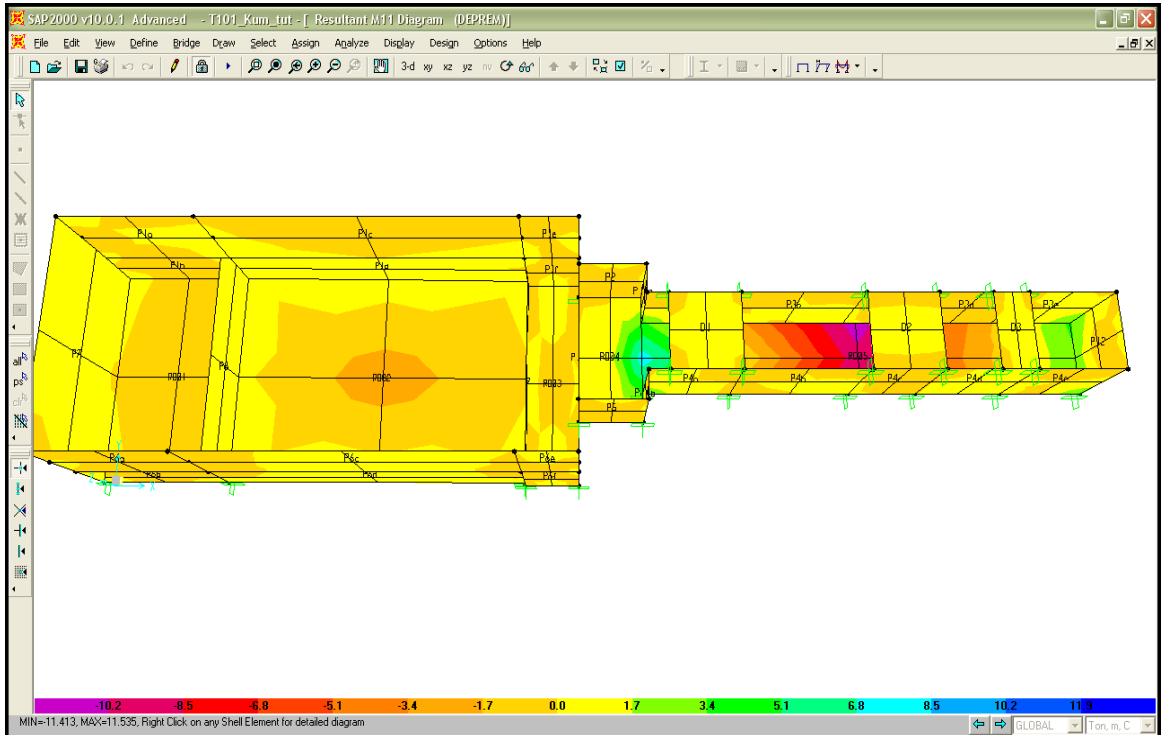
Şekil 5.9 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.10 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.11 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.12 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:

Dış perde donatıları;

Tablo 5.7 Izgara Kanalı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P6e	2.938	8.402	6.101	0.066	0.214	8.404	12.741

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{11\max} = 8.40 \text{ tm (P6)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{840} = 145.8 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{840}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 35} = 6.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 * b_w * h = 0.00125 * 100 * 40 = 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 14/20 Yatay/iç/dış ϕ 14/20

İç perde donatıları;

Tablo 5.8 Giriş Bacası Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P3e	-2.719	1.387	0.227	-0.138	1.403	0.211	1.204

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{11\max} = 1.40 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{140} = 875 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{140}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 35} = 1.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 * b_w * h = 0.00125 * 100 * 40 = 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

Radye donatısı;

Tablo 5.9 Izgara Kanalı Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD	8.696	8.402	-14.257	-9.599	-9.359	8.404	9.293

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{\max} = 9.6 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{960} = 127.6 \quad j = 0.972 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{960}{0,972 \cdot 3,65 \cdot 35} = 7.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 40 = 8.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 14/20

Platform döşemesi donatısı;

$$h / d = 15 / 12,5$$

$$M_{\max} = 1.1 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 12,5^2}{110} = 142.0 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{110}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 12,5} = 2.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt/üst ϕ 10/25

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.10 Izgara Kanalı Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	1.277E-13	66.973	715.2791	2131.15875	-7671.92443
BOS	Combination	-1.616E-14	99.5336	443.518	1221.04173	-5246.54502
TEST	Combination	1.693E-13	-32.5606	715.2791	2329.37468	-7671.92443
TASARIM	Combination	1.705E-13	113.6689	1002.1257	2946.33106	-10757.0112
DEPREM	Combination	-36.3402	12.9208	443.518	1399.42421	-5384.3288

Maksimum toplam yük, $W = 1002,0$ ton

Radye alanı, $A = 159,66$ m²

$$\sigma = W / A = 1002,0 / 159,66 = 6,27 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12,7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.11 Izgara Kanalı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 13	11.84	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		6.7	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		6.70	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01184	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		905.30007	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.00884	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.15	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **DIŞ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\phi 14/13$** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.15$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.12 Izgara Kanalı İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 16	9.62	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		6.7	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		6.70	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00962	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1114.21547	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01336	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.23	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **İÇ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\Phi 14/16$**

olarak belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.23$ mm < 0.25 mm ✓

Tablo 5.13 Izgara Kanalı Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 14 / 13$	11.84	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		7.7	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		7.70	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01184	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}}\right) * 1600$		1040.41948	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01075	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.18	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

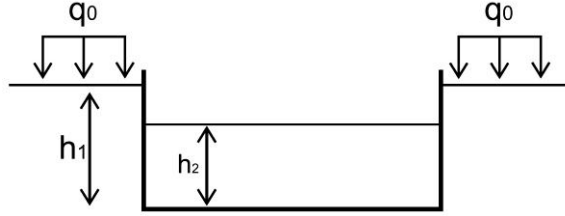
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde $\Phi 14/13$ olarak belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.18$ mm < 0.20 mm ✓

5.3. T103 – Debimetre Yapısı

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
γ_n	= 1.72 t/m ³	
φ	= 17,00°	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 2.10 m	Perde duvar yüksekliği
h_1	= 1.60 m	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 0.00 m	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

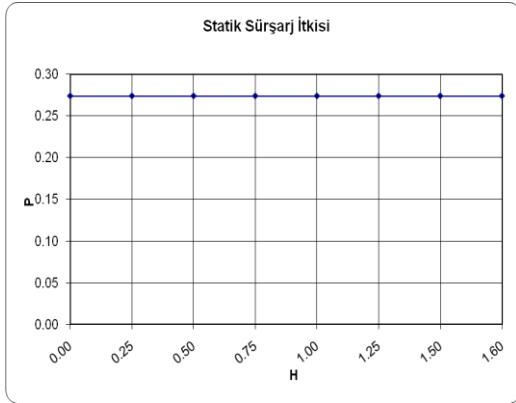
$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

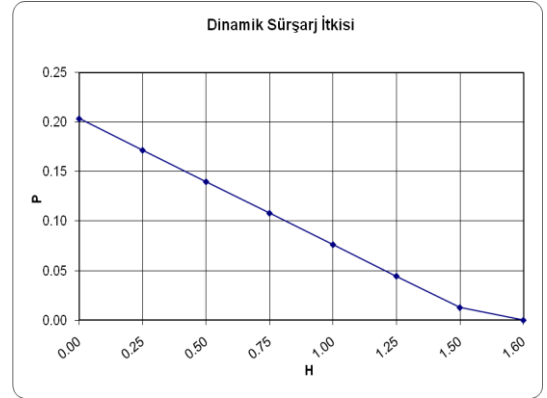
$$P_{top-s} = 1,51 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

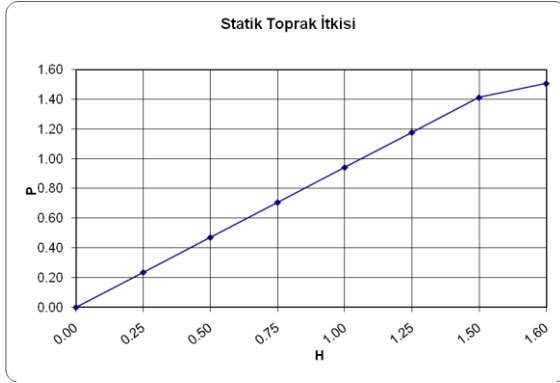
$$P_{top-d} = 0,42 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$



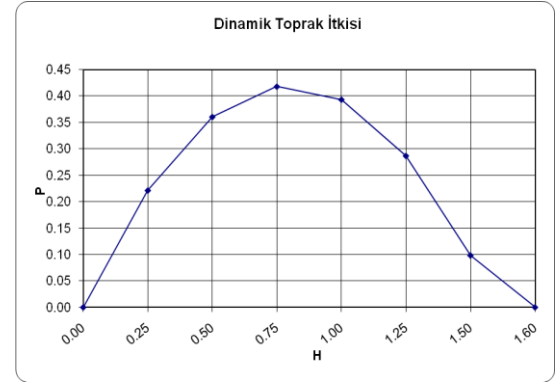
Grafik 5.11 Statik Sürsarj İtkisi



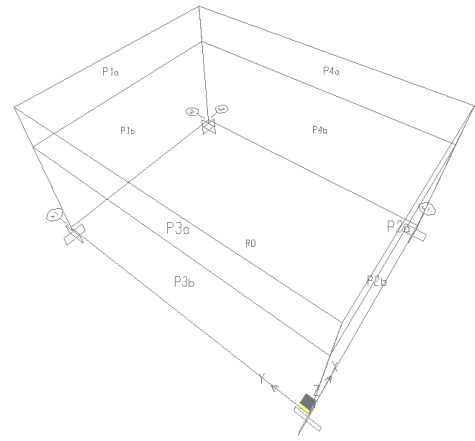
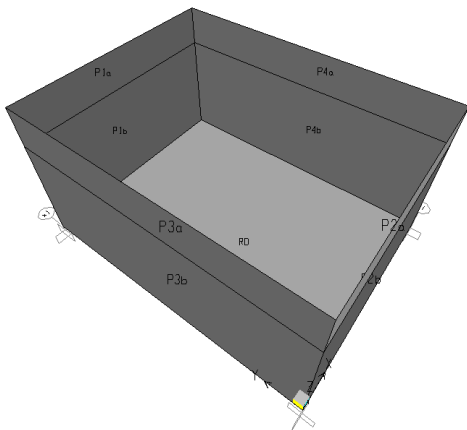
Grafik 5.12 Dinamik Sürsarj İtkisi



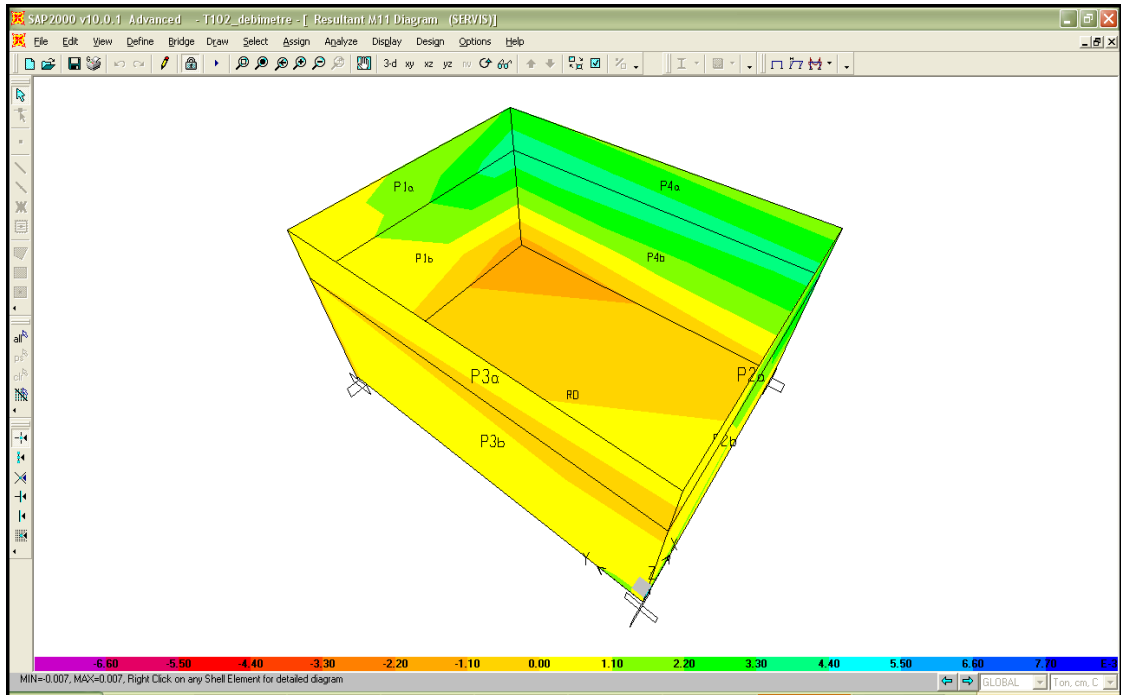
Grafik 5.13 Statik Toprak İtkisi



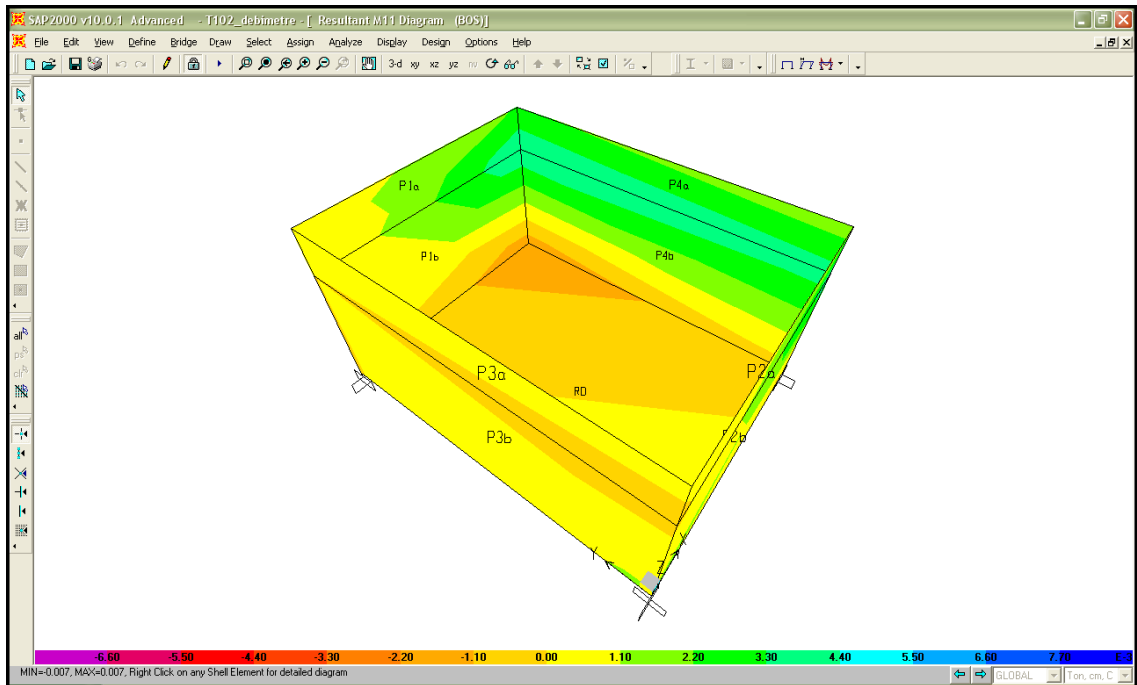
Grafik 5.14 Dinamik Toprak İtkisi



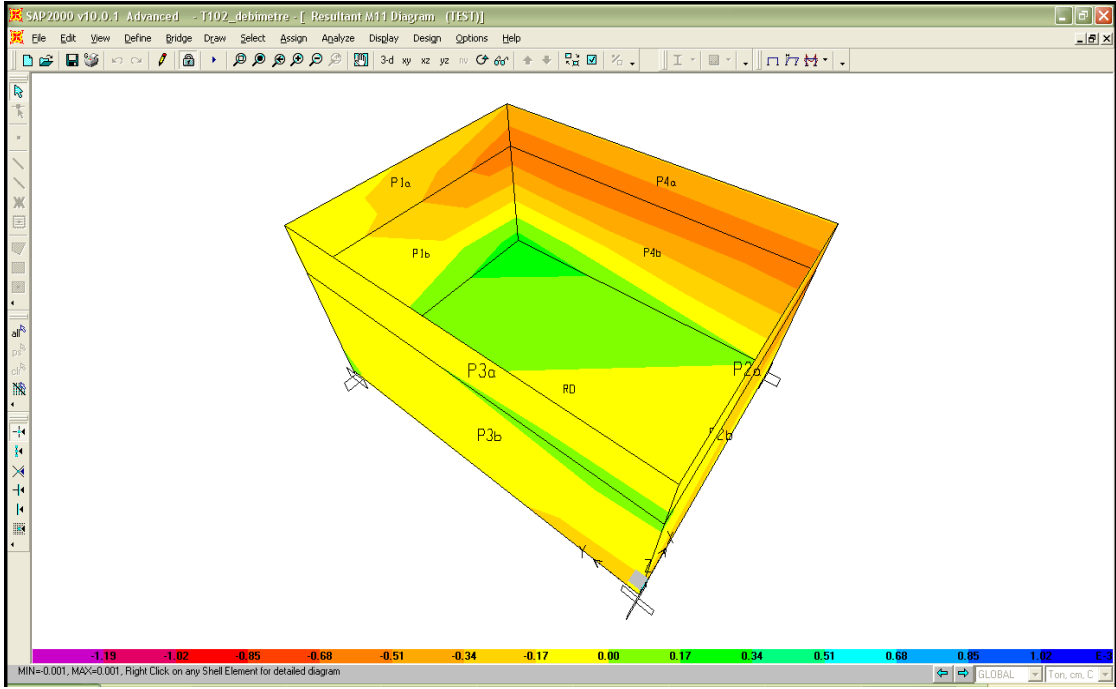
Şekil 5.13 Debimetre Yapısı Hesap Modeli



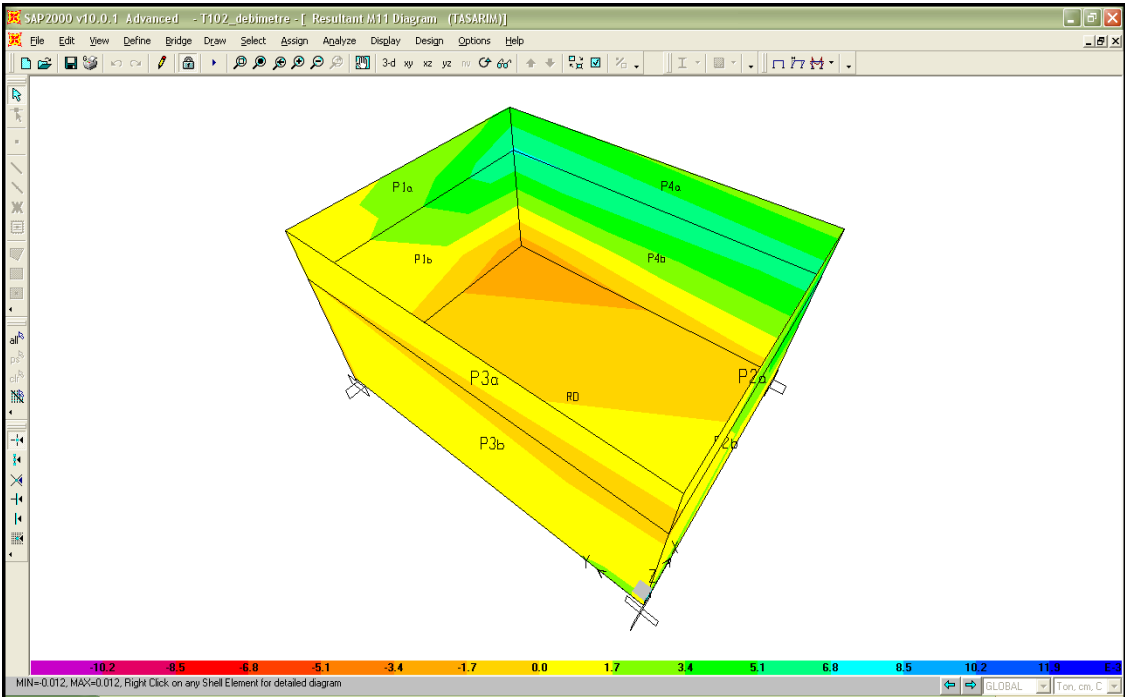
Şekil 5.14 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



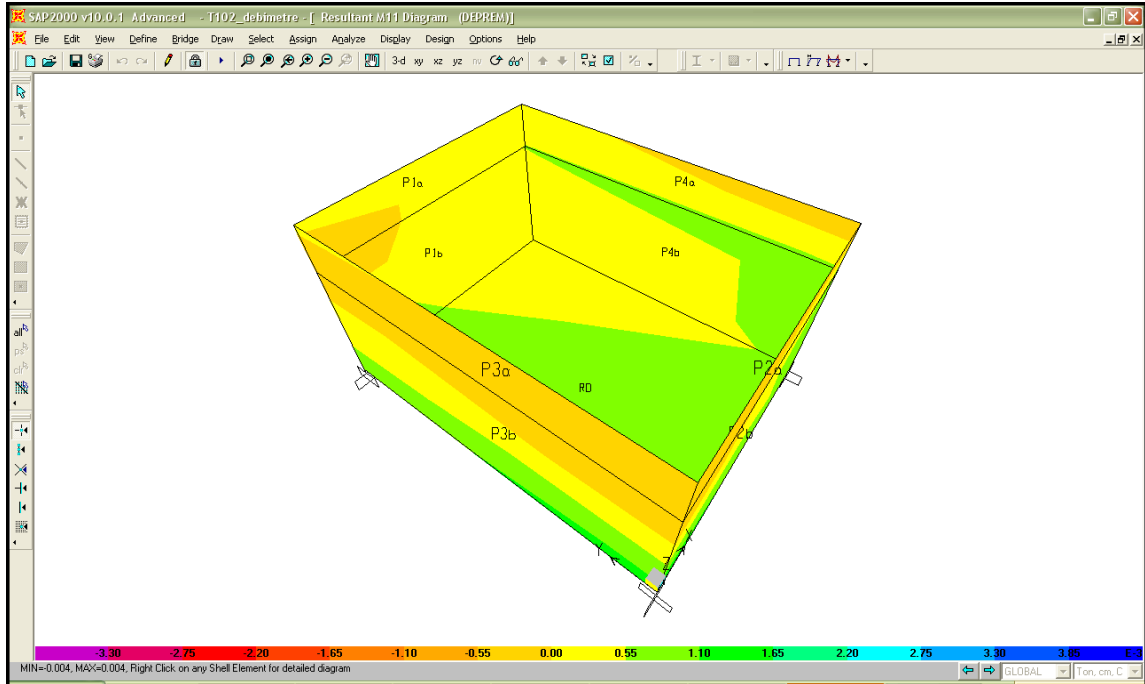
Şekil 5.15 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.16 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.17 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.18 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:

Perde donatıları;

Tablo 5.14 Debimetre Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P1a	-0.337	0.012	0.062	0.000	0.062	0.012	0.063

$$h / d = 25 / 20$$

$$M_{11\max} = 0.1 \text{ tm (P01)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 20^2}{10} = 4000 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{10}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 20} = 0.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 25 = 3.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı : Düşey/Yatay/iç/dış ϕ 10/20

Radye donatısı;

Tablo 5.15 Debimetre Yapısı Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD	0	0	0	0	0.1	0	0

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{\max} = 0.1 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{10} = 6250 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{10}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 0.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{smi}} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 30 = 6.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 12/20

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.16 Debimetre Yapısı Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	-1.63E-15	0.936	41.5673	86.50535	-67.54689	1.521
BOS	Combination	-1.63E-15	0.936	41.5673	86.50535	-67.54689	1.521
TEST	Combination	-1.314E-16	-2.082E-16	41.5673	88.33055	-67.54689	-6.569E-16
TASARIM	Combination	-2.582E-15	1.4976	59.1611	122.79706	-96.13682	2.4336
DEPREM	Combination	-2.6577	0.78	41.5673	86.80955	-72.35732	6.9151

Maksimum toplam yük, $W = 59,2$ ton

Radye alanı, $A = 15,75 \text{ m}^2$

$$\sigma = W / A = 59,2 / 15,75 = 3.76 \text{ t/m}^2 < \sigma_{\text{em}} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:

Tablo 5.17 Debimetre Yapısı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 12 / 20$	5.65	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		5	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		5.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		25	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		20	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00565	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1414.71180	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.02311	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.39	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

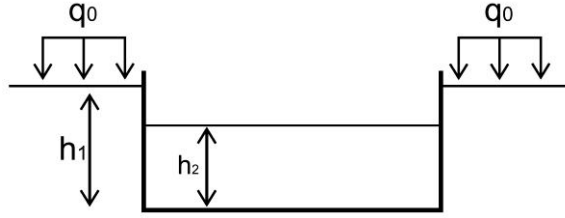
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı $\phi 12/20$ olarak belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.39$ mm < 0.40 mm ✓

5.4. T104 – Biofosfor Havuzu

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



γ_n	=	1.72 t/m ³	:	(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
φ	=	17,00°	:	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	=	2.160 t/m ³	:	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	=	12.7 t/m ²	:	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	=	0.5475	:	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	=	0.2034	:	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	=	4.00 m	:	Perde duvar yüksekliği
h_1	=	1.20 m	:	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	=	3.65 m	:	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

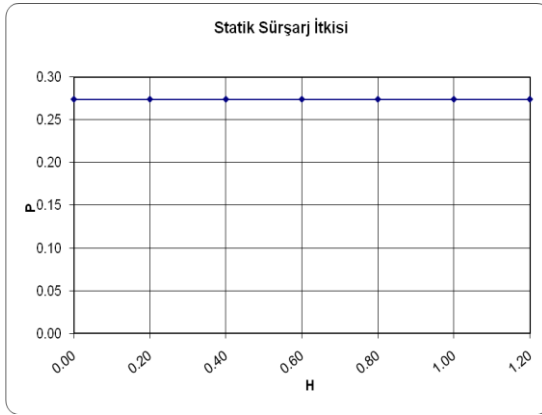
$$P_{top-s} = 1,13 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

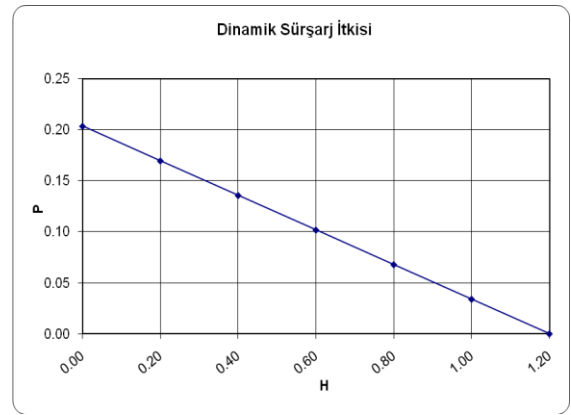
$$P_{top-d} = 0,31 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

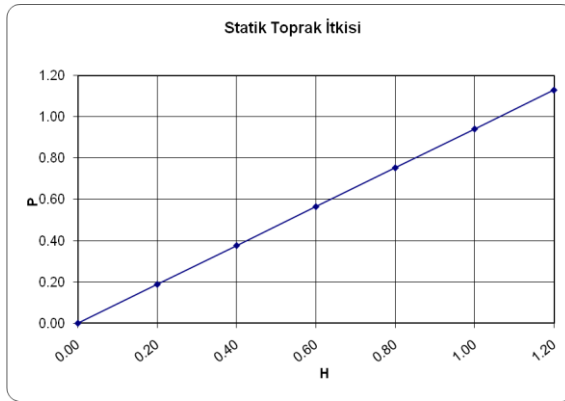
$$P_{su} = 3,65 \text{ t / m}^2$$



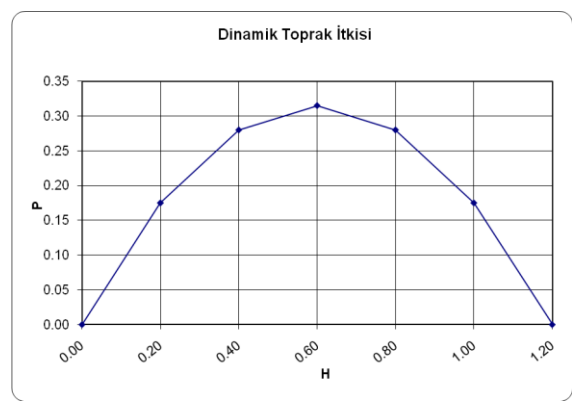
Grafik 5.15 Statik Sürşarj İtkisi



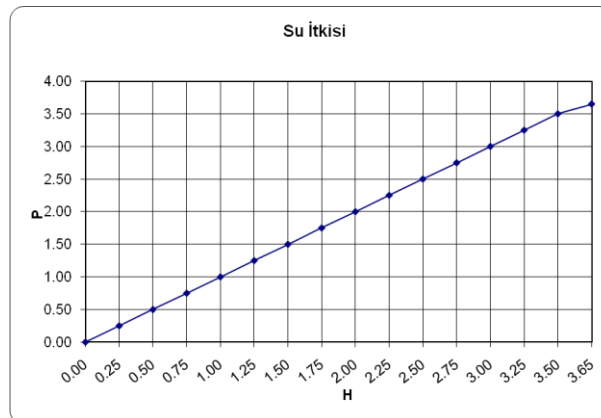
Grafik 5.16 Dinamik Sürşarj İtkisi



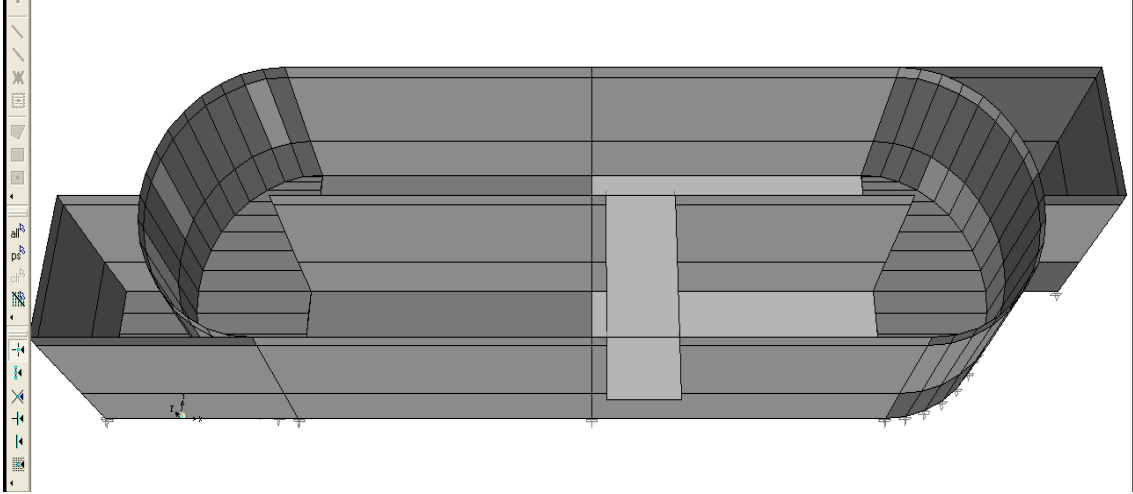
Grafik 5.17 Statik Toprak İtkisi



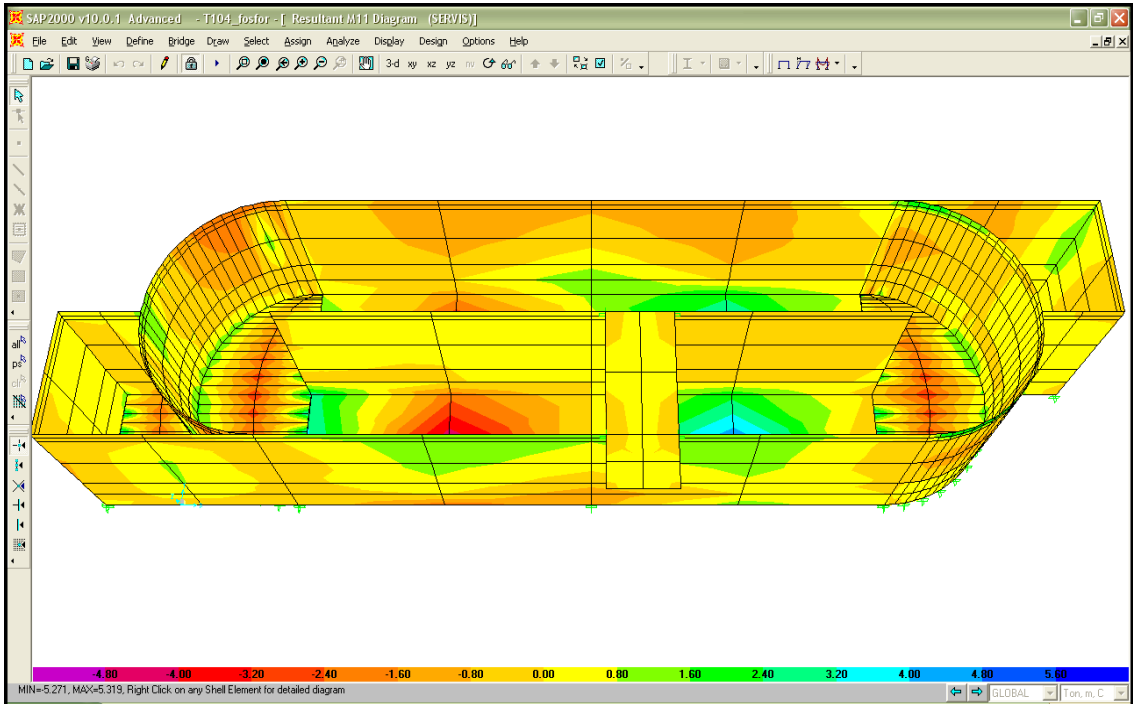
Grafik 5.18 Dinamik Toprak İtkisi



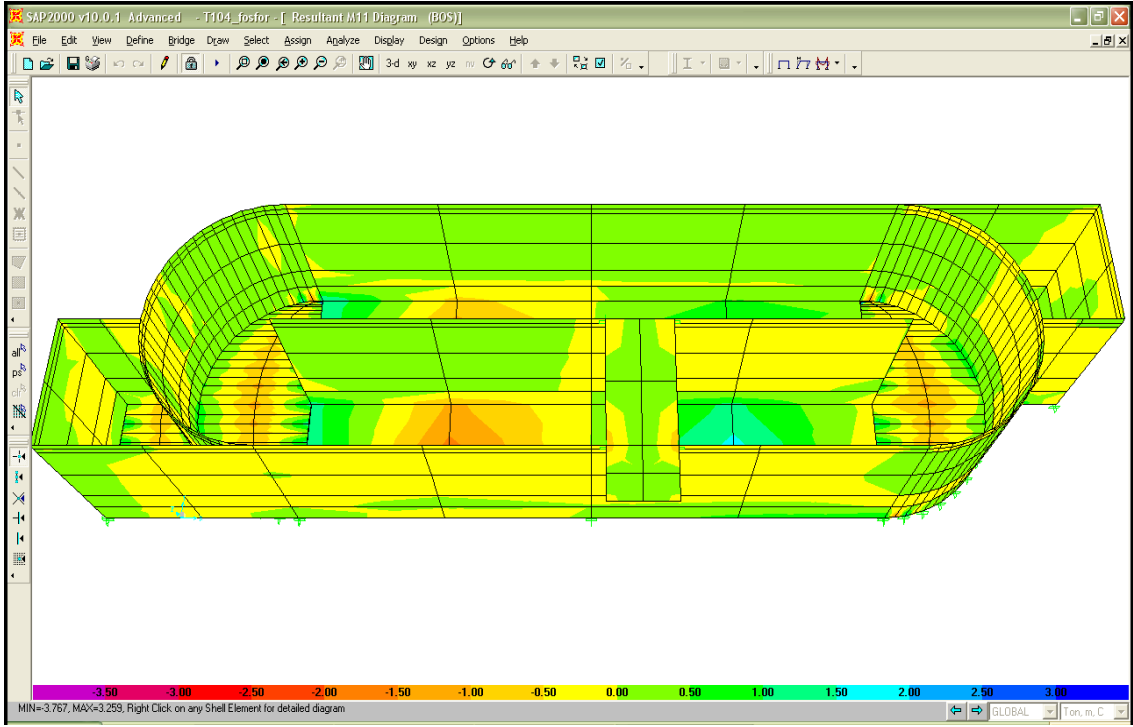
Grafik 5.19 Su İtkisi



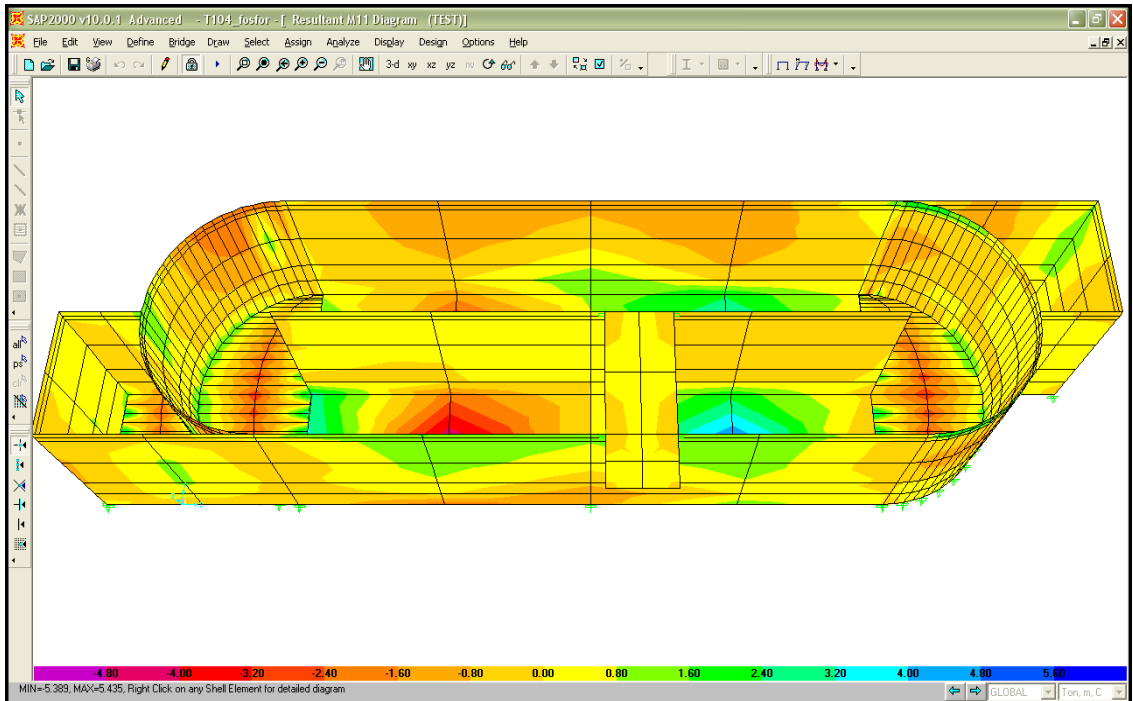
Şekil 5.19. Biofosfor Havuzu Hesap Modeli



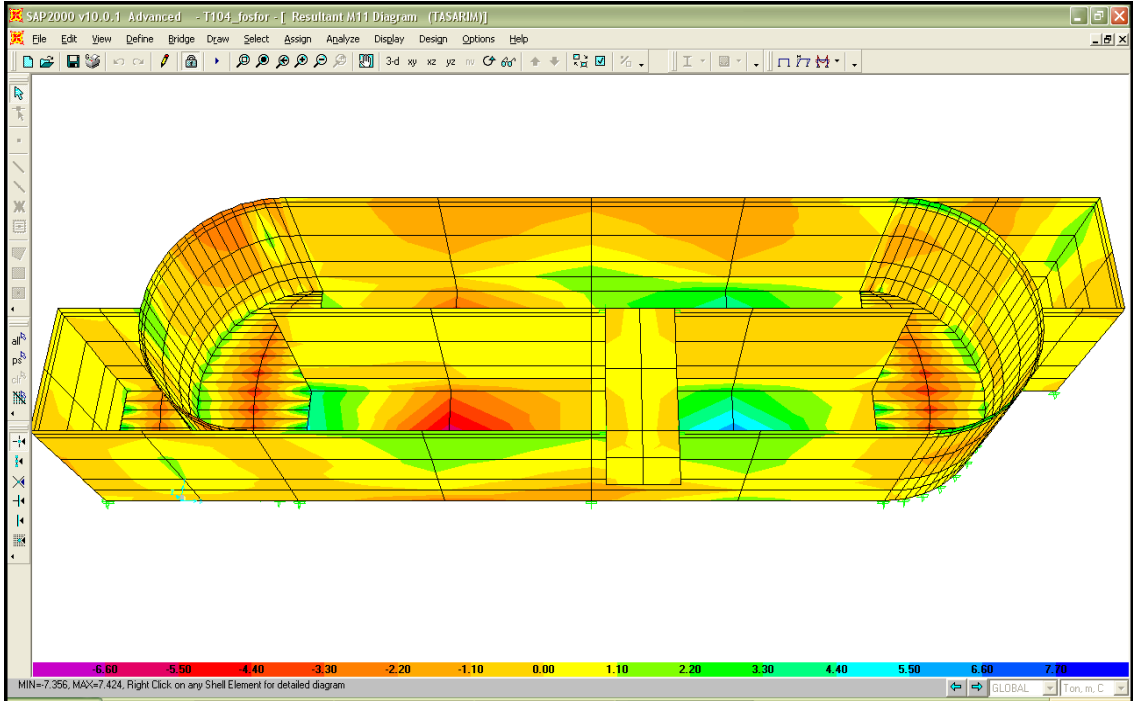
Şekil 5.20 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



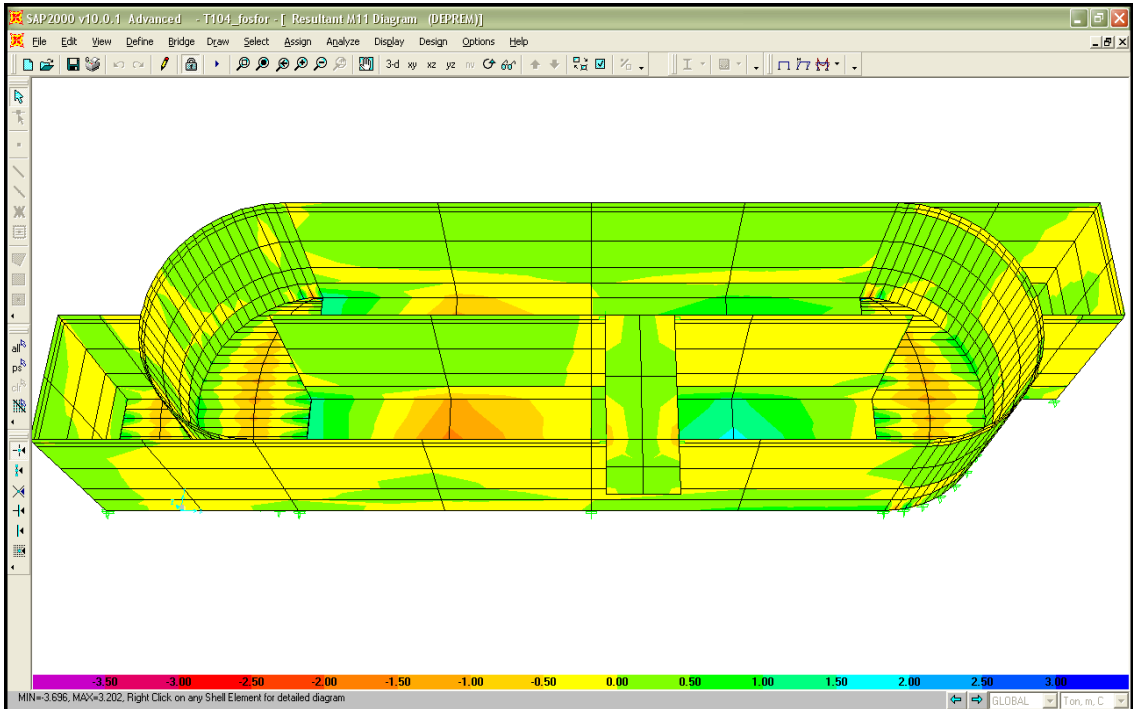
Şekil 5.21 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.22 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.23 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.24 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:

Dış perde donatıları;

Tablo 5.18 Biofosfor Havuzu Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P1j	-4.302	-2.948	-14.374	-0.513	-2.925	-14.397	20.729

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 14.4 \text{ tm (P3)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{1440} = 43.4 \quad j = 0.914 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{1440}{0,914 \cdot 3,65 \cdot 25} = 17.3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 16/20 Yatay/iç/dış ϕ 16/20

İç perde donatısı;

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 1.1 \text{ tm (P2)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{110} = 568.2 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{110}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 1.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

Radye donatısı;

Tablo 5.19 Biofosfor Havuzu Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD8	6.091	-0.580	-7.334	-1.356	-0.317	-7.597	18.539

$$h / d = 50 / 45$$

$$M_{\max} = 7.3 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 45^2}{730} = 277.4 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{730}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 45} = 4.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 50 = 10.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 14/15

Platform donatısı;

Tablo 5.20 Biofosfor Havuzu Platform Döşemesi İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
D2	0	-1.193	-1.681	-0.042	-1.189	-1.684	3.809

$$h / d = 15 / 12.5$$

$$M_{\max} = 1.2 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 12.5^2}{120} = 130.1 \quad j = 0.973 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{120}{0,973 \cdot 3,65 \cdot 12.5} = 2.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 12/20

Ara kolon donatıları;

$$b / h = 30 / 60$$

Gerekli olan donatı miktarı = 18 cm² (Kolon analiz sonuçları)

Seçilen Donatı : 10φ16

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0.65 \cdot 0.0125 \cdot 30 \cdot 55 = 13.4 \text{ t}$$

$$V_{max} = 11 \text{ t} \quad V_{max} < V_{cr} \quad \text{Minimum kesme donatısı yeterlidir.}$$

$$A_{sw} = 0.3 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot s / f_{yd} = 0.3 \cdot 0.0125 \cdot 30 \cdot 15 / 3.65 = 0.5 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı : φ 8/15-10 etriye,

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.21 Biofosfor Havuzu Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	-23.1097	-66.0794	1189.9857	3434.73157	-11700.1738	-590.71231
BOS	Combination	6.8812	7.9715	765.1458	2121.5877	-7497.99415	11.36364
TEST	Combination	-29.9909	-74.0509	1189.9737	3440.6493	-11708.4108	-602.07595
TASARIM	Combination	-30.9774	-90.9169	1666.3972	4807.78282	-16383.096	-824.72451
DEPREM	Combination	3.3891	3.9261	765.1364	2124.10582	-7502.60424	5.59681

Maksimum toplam yük, W = 1666 ton

Radye alanı, A = 148.0 m²

$$\sigma = W / A = 1666 / 148,00 = 11.2 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.22 Biofosfor Havuzu Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 16 / 10$	20.11	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		17.3	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		12.36	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.6	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.02011	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		983.35101	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.00805	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.14	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **DIŞ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\phi 16/10$** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.14$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.23 Biofosfor Havuzu İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 12 / 18$	6.28	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		3.75	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		3.75	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00628	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		954.93047	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01300	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.22	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **İÇ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\phi 12/18$** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.22$ mm < 0.25 mm ✓

Tablo 5.24 Biofosfor Havuzu Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 10	15.39	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		10	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		10.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	b_w	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		50	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		45	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{b_w * 2 * (h - d)}$		0.01539	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1039.38010	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.00928	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.16	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

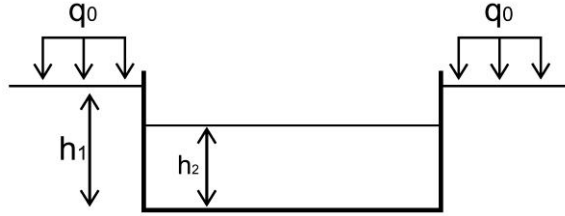
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde ϕ **14/10** olarak belirlenmiştir

Çatlak miktarı $w=0.16$ mm < 0.20 mm ✓

5.5. T105 – Havalandırma Havuzu

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim
γ_n	= 1.72 t/m ³	: ağırlığı)
φ	= 17,00°	: (Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	: (Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	: (Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	: (Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	: (Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 6.00 m	: Perde duvar yüksekliği
h_1	= 4.10 m	: Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 5.60 m	: Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

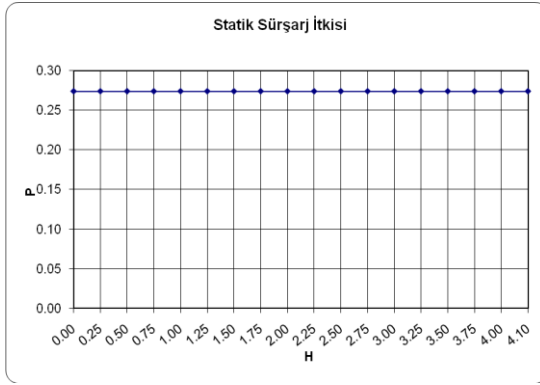
$$P_{top-s} = 3,86 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

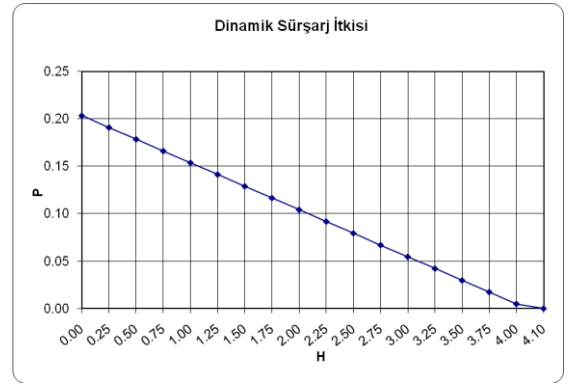
$$P_{top-d} = 1,07 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

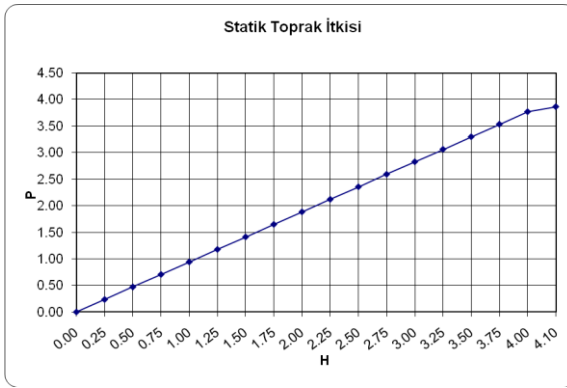
$$P_{su} = 5,60 \text{ t / m}^2$$



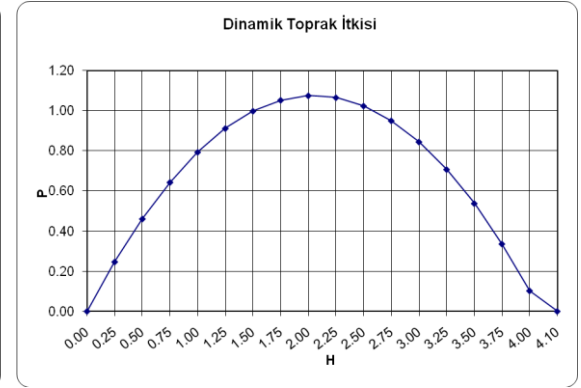
Grafik 5.20 Statik Süřsarj İtkisi



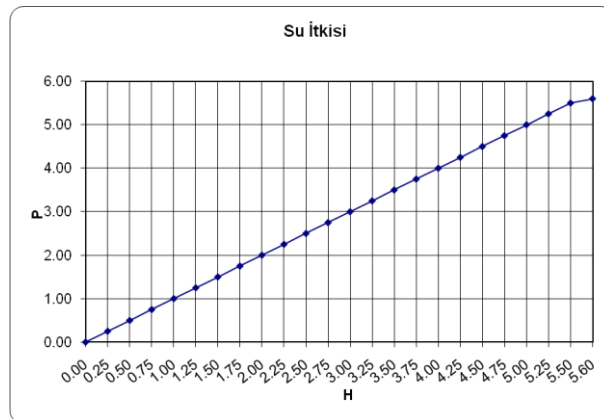
Grafik 5.21 Dinamik Süřsarj İtkisi



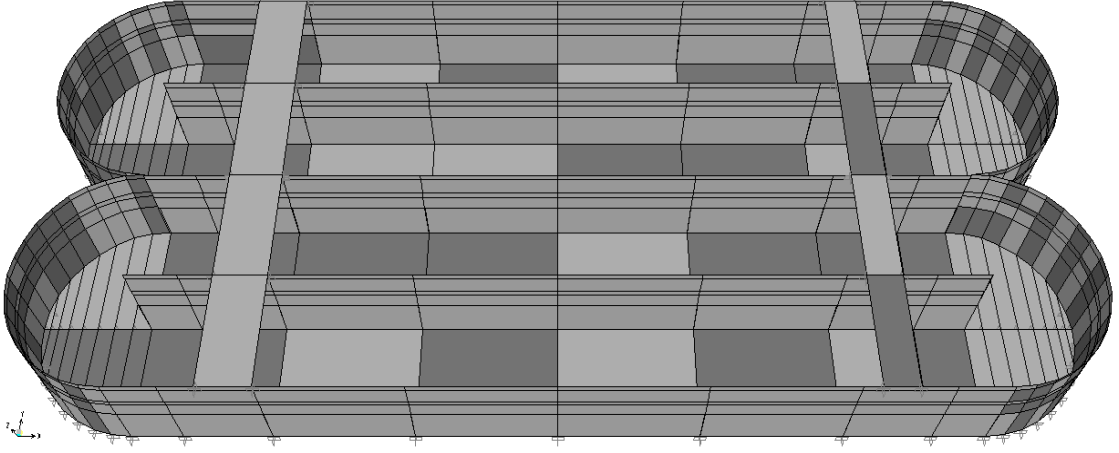
Grafik 5.22 Statik Toprak İtkisi



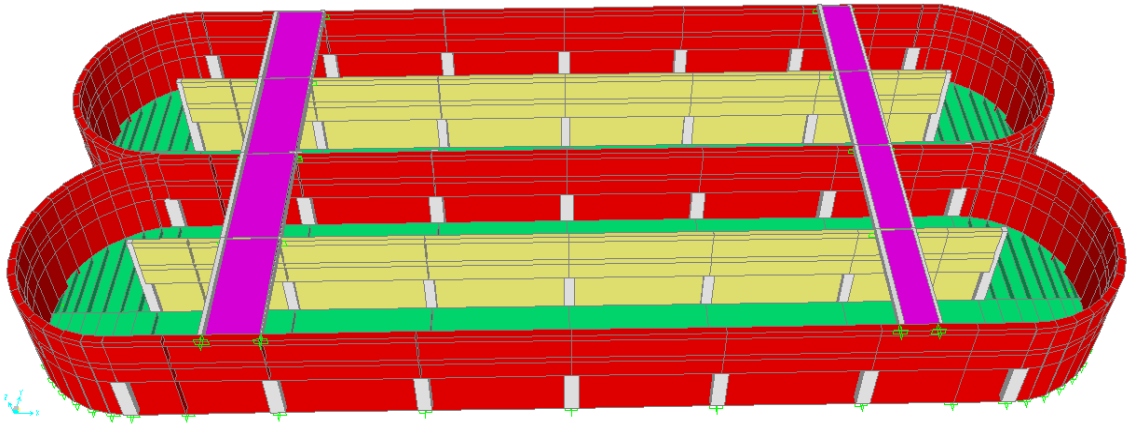
Grafik 5.23 Dinamik Toprak İtkisi



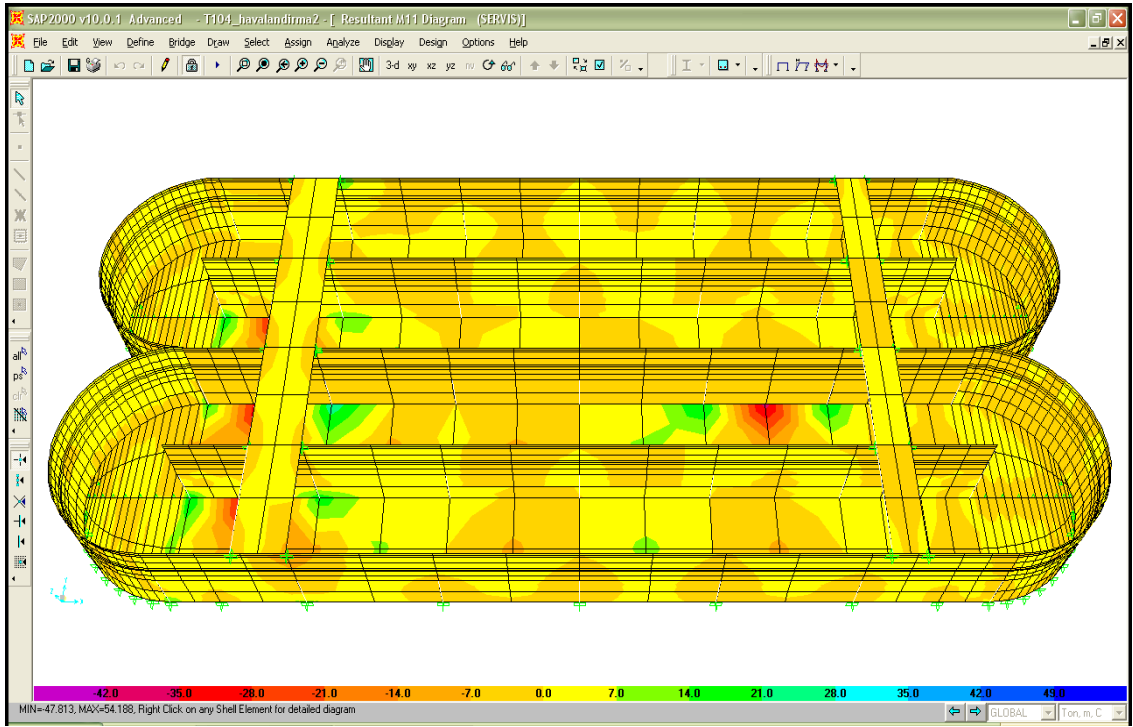
Grafik 5.24 Su İtkisi



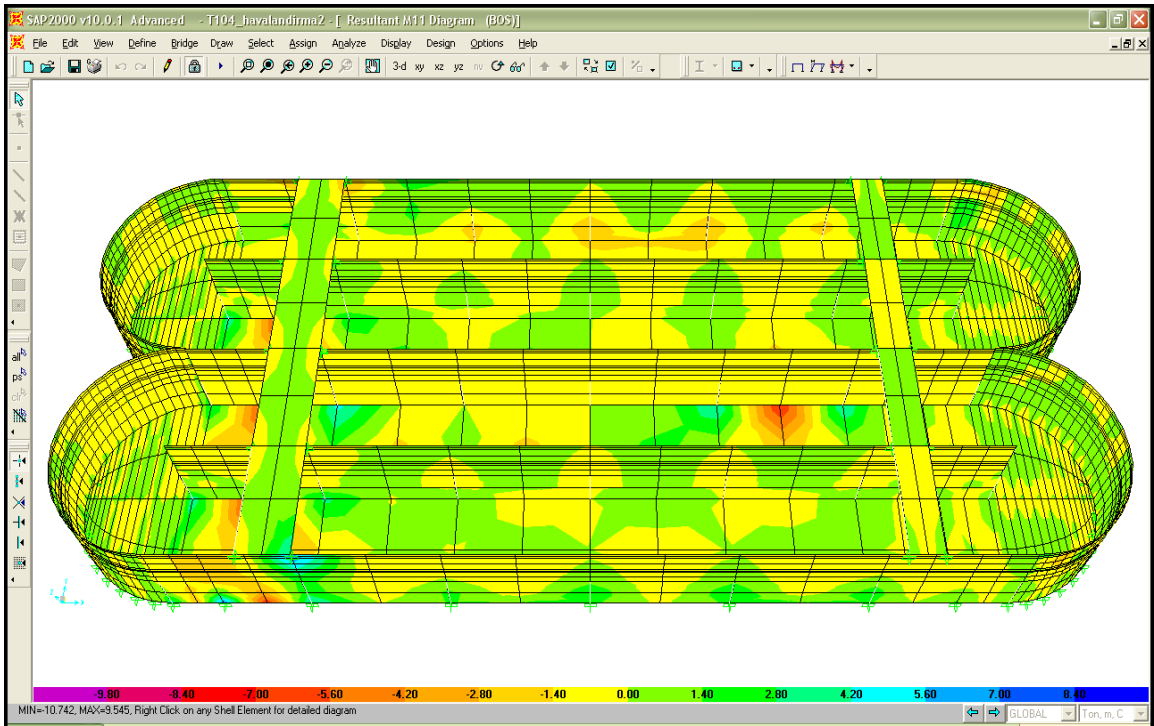
Şekil 5.25 Havalandırma Havuzu Hesap Modeli



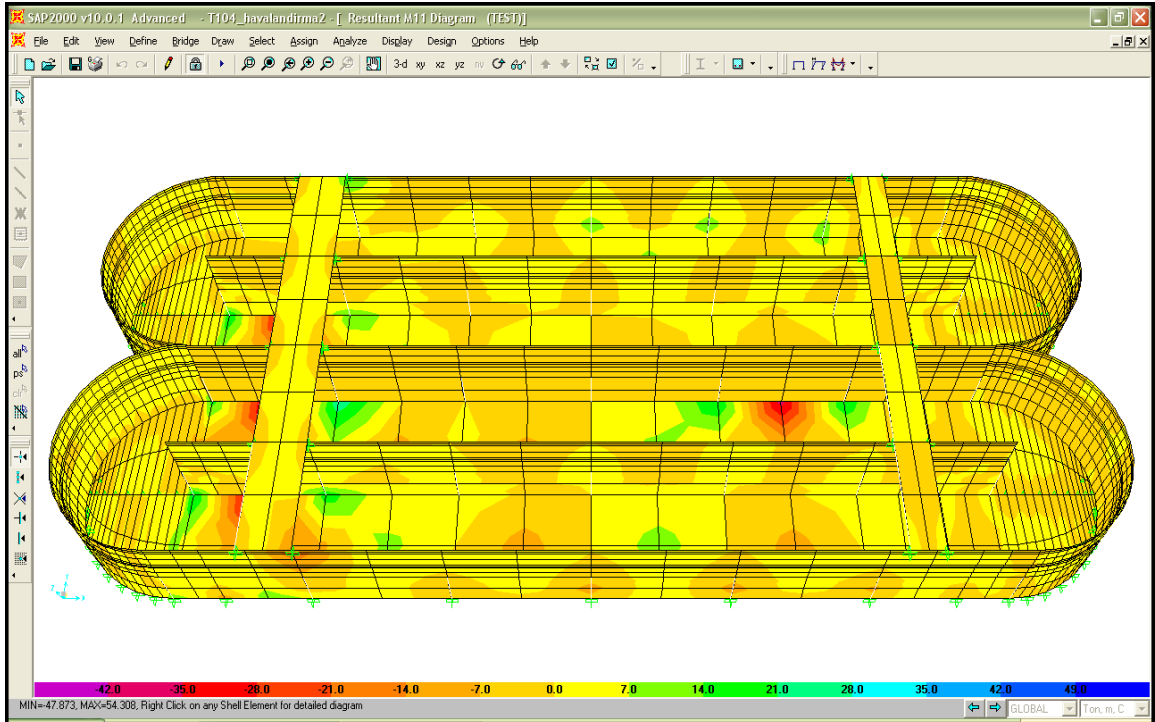
Şekil 5.26 Havalandırma Havuzu 3 Boyutlu Hesap Modeli



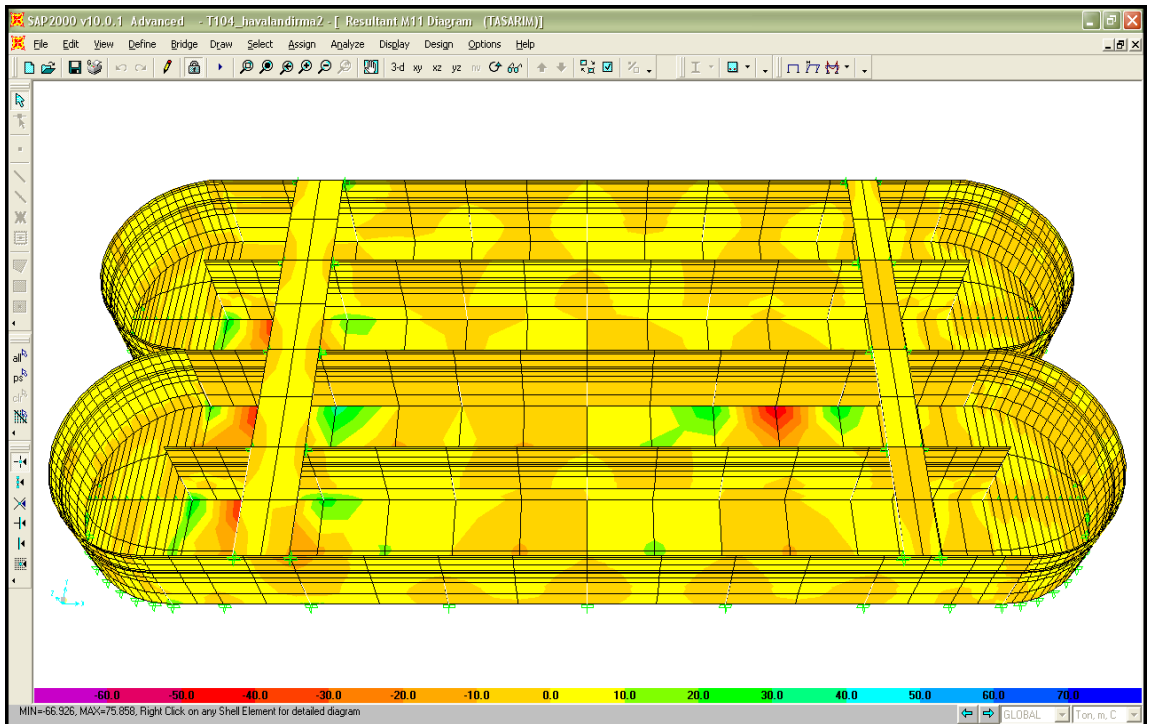
Şekil 5.27 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



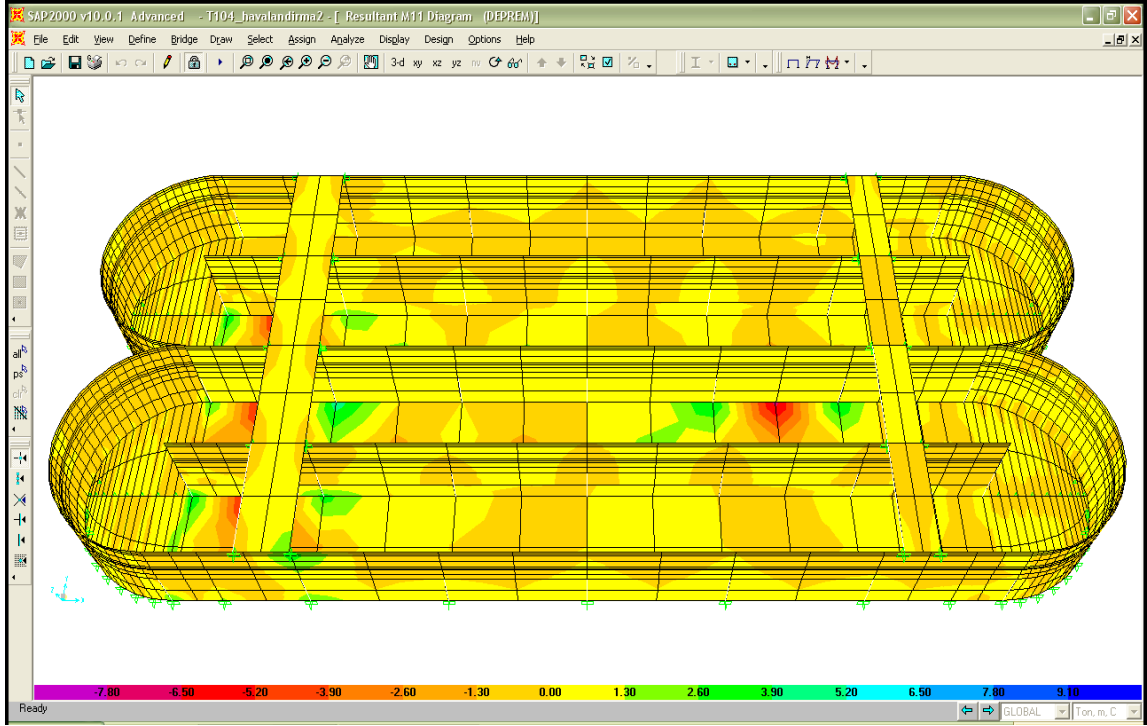
Şekil 5.28 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



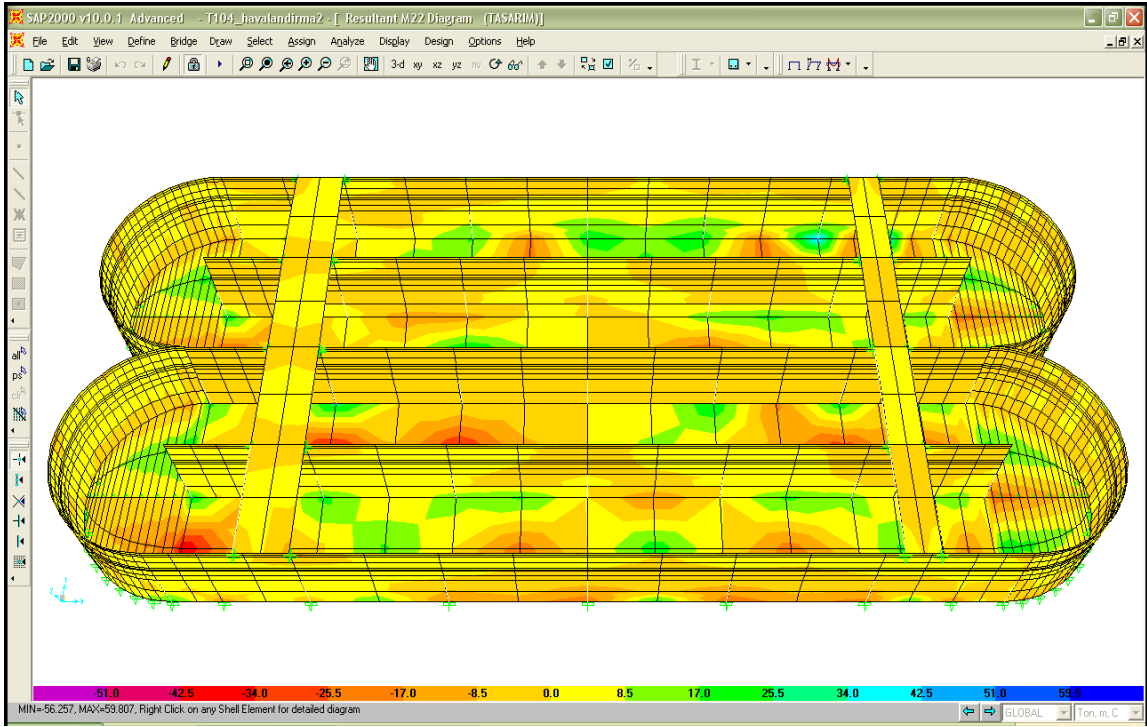
Şekil 5.29 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.30 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.31 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.32 Radye Temel Tasarım Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:**Dış perde donatıları;**

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{11\max} = 16.6 \text{ tm (P7)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{1660} = 73.8 \quad j = 0.951 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{1660}{0,951 \cdot 3,65 \cdot 35} = 13.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 40 = 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı : Düşey/iç/dış ϕ 14/15 Yatay/iç/dış ϕ 14/15

İç perde donatıları;

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 1.2 \text{ tm (P2)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{120} = 520.8 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{120}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 1.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

40x80 kolon donatıları;

$$b / h = 40 / 80$$

Gerekli olan donatı miktarı = 32 cm² (Kolon analiz sonuçları)

Seçilen Donatı : 16 ϕ 16

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0.65 \cdot 0.0125 \cdot 40 \cdot 75 = 2.7 \text{ t}$$

$$V_{\max} = 8.2 \text{ t} \quad V_{\max} < V_{cr} \text{ Minimum kesme donatısı yeterlidir.}$$

$$A_{sw} = 0.3 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot s / f_{yd} = 0.3 \cdot 0.0125 \cdot 40 \cdot 15 / 3.65 = 0.6 \text{ cm}^2$$

Seçilen Etriye : ϕ 8/10-15

30x60 kolon donatıları;

$$b / h = 30 / 55$$

Gerekli olan donatı miktarı = 18 cm² (Kolon analiz sonuçları)

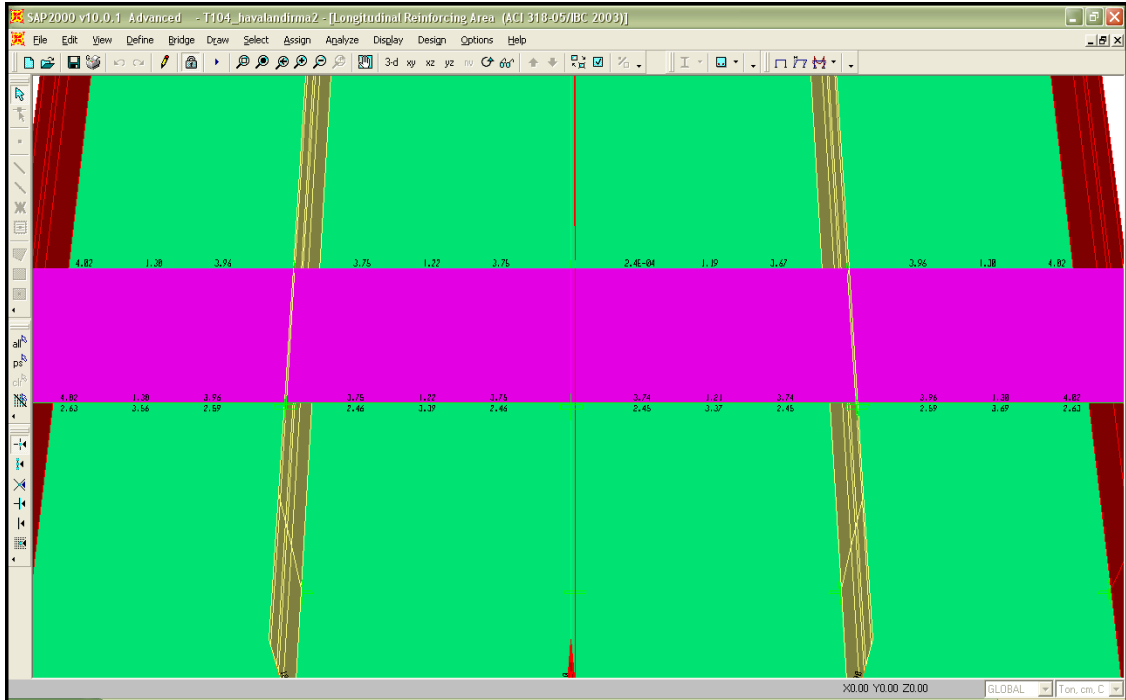
Seçilen Donatı : 10φ16

$$V_{cr} = 0.65 * f_{ctd} * b_w * d = 0.65 * 0.0125 * 30 * 55 = 13.4 \text{ t}$$

$$V_{max} = 7.9 \text{ t} \quad V_{max} < V_{cr} \text{ Minimum kesme donatısı yeterlidir.}$$

$$A_{sw} = 0.3 * f_{ctd} * b_w * s / f_{yd} = 0.3 * 0.0125 * 30 * 15 / 3.65 = 0.5 \text{ cm}^2$$

Seçilen Etriye : φ8/10-15

Platform kirişlerinin donatısı;

Şekil 5.33 Platform Kirişleri Dizayn Sonucu

Kiriş genişliği $b_w = 25 \text{ cm}$

Kiriş yüksekliği $h = 40 \text{ cm}$

Kiriş açıklık üst donatısı = 1.30 cm²

Kiriş açıklık alt donatısı = 3.6 cm²

Kiriş mesnet üst donatısı = 4.02 cm²

Kiriş mesnet alt donatısı = 3.96 cm²

Seçilen Donatı: Kiriş alt/üst düz - 4 φ 12

$$V_{dmax} = 4.2 \text{ ton}$$

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0.65 \cdot 0.0125 \cdot 25 \cdot 35 = 7.1 \text{ t}$$

$V_{dmax} < V_{cr}$ Minimum kesme donatısı yeterlidir.

Minimum Kesme donatısı;

$$A_{sw} = 0.3 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot s / f_{yd} = 0.001 \cdot b_w \cdot s$$

$$A_{sw} = \text{Minimum kesme donatısı alanı} \quad (\text{cm}^2)$$

$$s = \text{Etriye aralığı} \quad (\text{cm})$$

$$A_{sw} = 0.3 \cdot 12,5 \cdot 25 \cdot 15 / 3650 = 0.4 \text{ cm}^2$$

Seçilen Kesme Donatısı : ϕ 8/15-10 etriye

Platform döşeme donatısı;

$$h / d = 15 / 12.5$$

$$M_{max} = 4.4 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 12,5^2}{440} = 35.5 \quad j = 0.890 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{440}{0,890 \cdot 3,65 \cdot 12,5} = 10.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı : Her iki yönde alt, üst ϕ 10/15

Radye donatısı;

Tablo 5.25 Havalandırma Havuzu Radye Döşemesi İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD84	0.116	55.678	59.807	1.855	65.892	59.593	49.378

$$h / d = 55 / 50$$

$$M_{max} = 59.80 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 50^2}{5980} = 41.8 \quad j = 0.909 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{5980}{0,909 \cdot 3,65 \cdot 50} = 36.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 55 = 11.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 16/10

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.26 Havalandırma Havuzu Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	-3.9404	-150.9033	12100.1066	153868.359	-366762.11
BOS	Combination	3.6345	169.9827	3856.4299	48728.90558	-116540.465
TEST	Combination	-7.5749	-320.886	12100.3865	154092.871	-366771.26
TASARIM	Combination	-4.7897	-177.2681	16950.3549	215501.1226	-513741.3
DEPREM	Combination	-173.158	45.3917	3856.6531	48865.83903	-117336.504

Maksimum toplam yük, $W = 16950,35$ ton

Radye alanı, $A = 1610,3 \text{ m}^2$

$$\sigma = W / A = 16950,35 / 1610,3 = 10.53 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.27 Havalandırma Havuzu Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 16 / 14$	14.36	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		13.7	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		9.79	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.6	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01436	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1090.21228	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01105	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.19	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **DIŞ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\phi 16/14$** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.19$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.28 Havalandırma Havuzu İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 12 / 18	6.28	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		3.8	cm ²
03		Taşıma gücü katsaysız gerekli donatı		3.80	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00628	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		967.66287	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01325	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.23	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı **Wk < 0.1 - 0.2 mm** olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı **Wk < 0.25 mm** olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı **Wk < 0.4 mm** olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **İÇ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **ϕ 12/18** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.23 \text{ mm} < 0.40 \text{ mm}$ ✓

Tablo 5.29 Havalandırma Havuzu Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 20 / 10	31.42	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		36.1	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		25.79	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		55	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		50	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.03142	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1313.25675	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01052	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.18	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

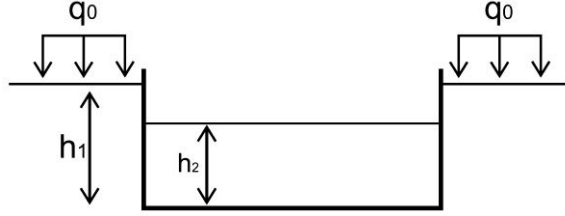
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde Φ **20/10** olarak belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.18$ mm < 0.20 mm ✓

5.6. T106 – Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



γ_n	=	1.72 t/m ³	:	(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
φ	=	17,00°	:	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	=	2.160 t/m ³	:	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	=	12.7 t/m ²	:	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	=	0.5475	:	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	=	0.2034	:	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	=	4.15 m	:	Perde duvar yüksekliği
h_1	=	2.55 m	:	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	=	3.30 m	:	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı; Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

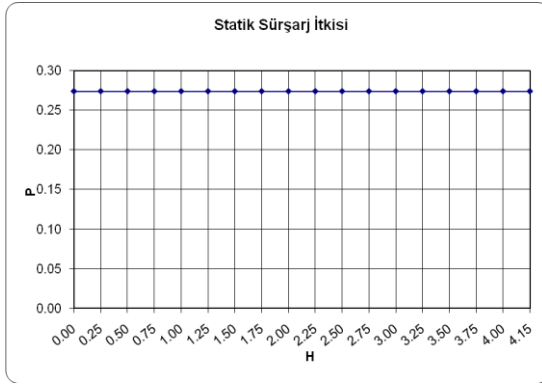
Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

$$P_{top-s} = 3,91 \text{ t / m}^2$$

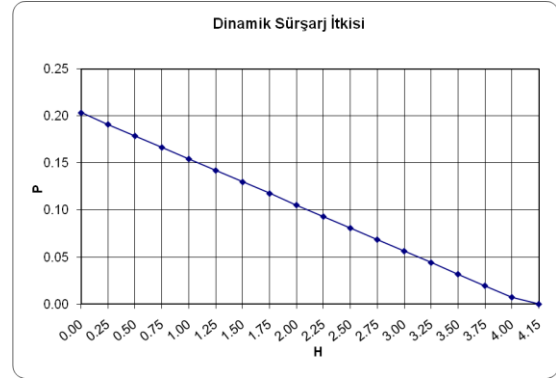
$$P_{top-d} = 1,09 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

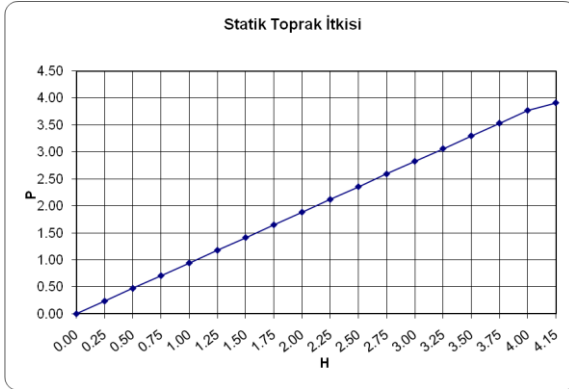
$$P_{su} = 3,30 \text{ t / m}^2$$



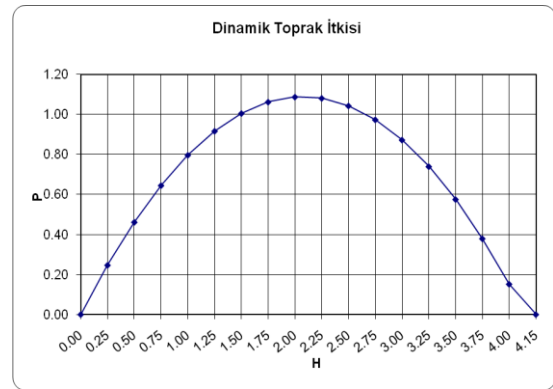
Grafik 5.25 Statik Süřsarj İtkisi



Grafik 5.26 Dinamik Süřsarj İtkisi



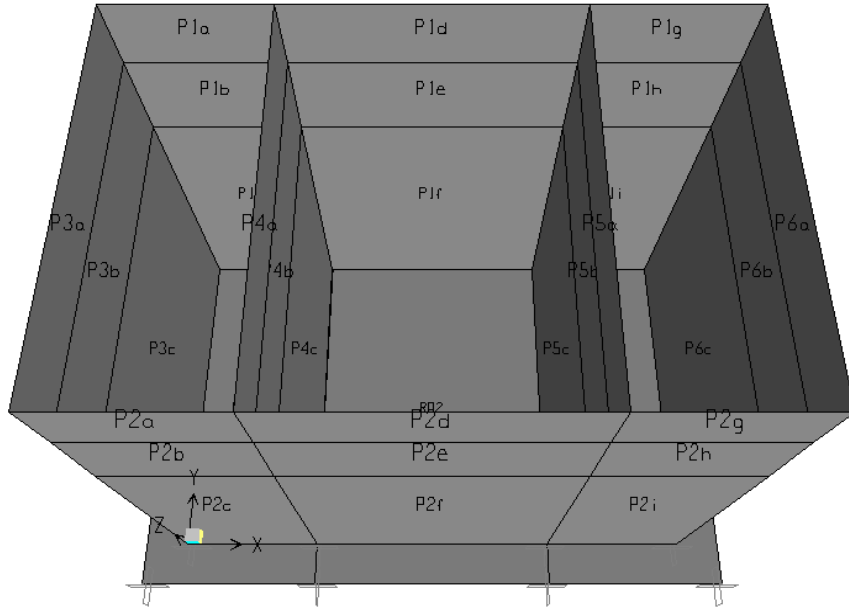
Grafik 5.27 Statik Toprak İtkisi



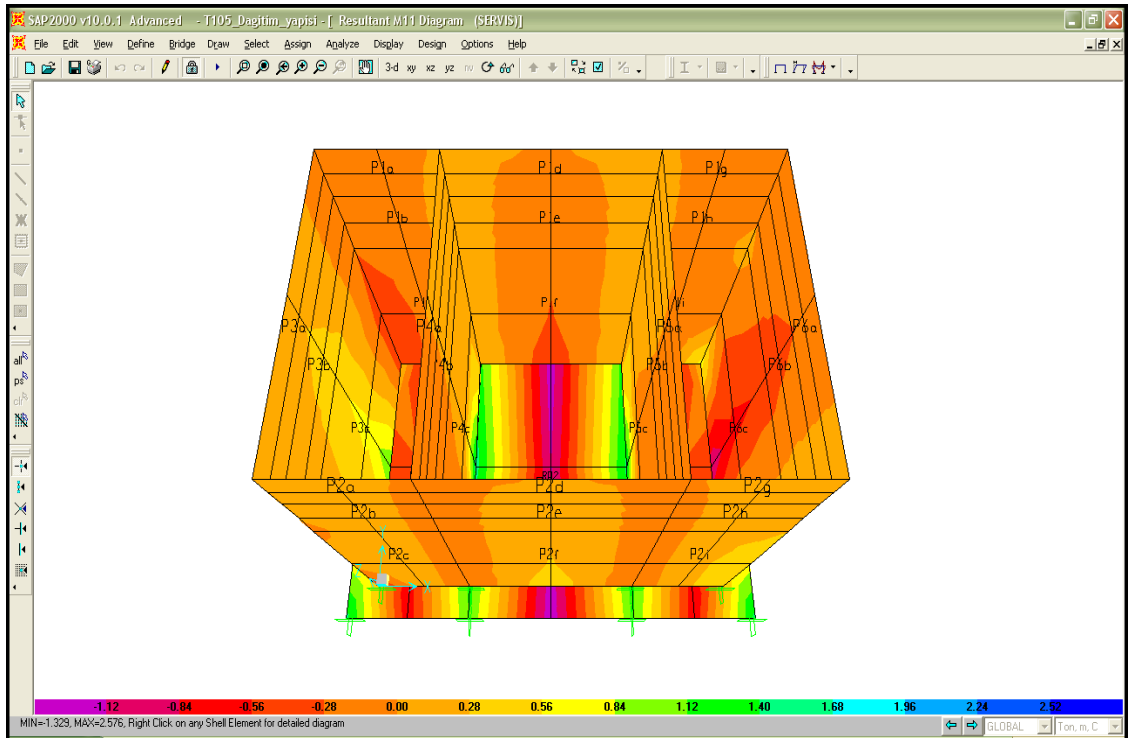
Grafik 5.28 Dinamik Toprak İtkisi



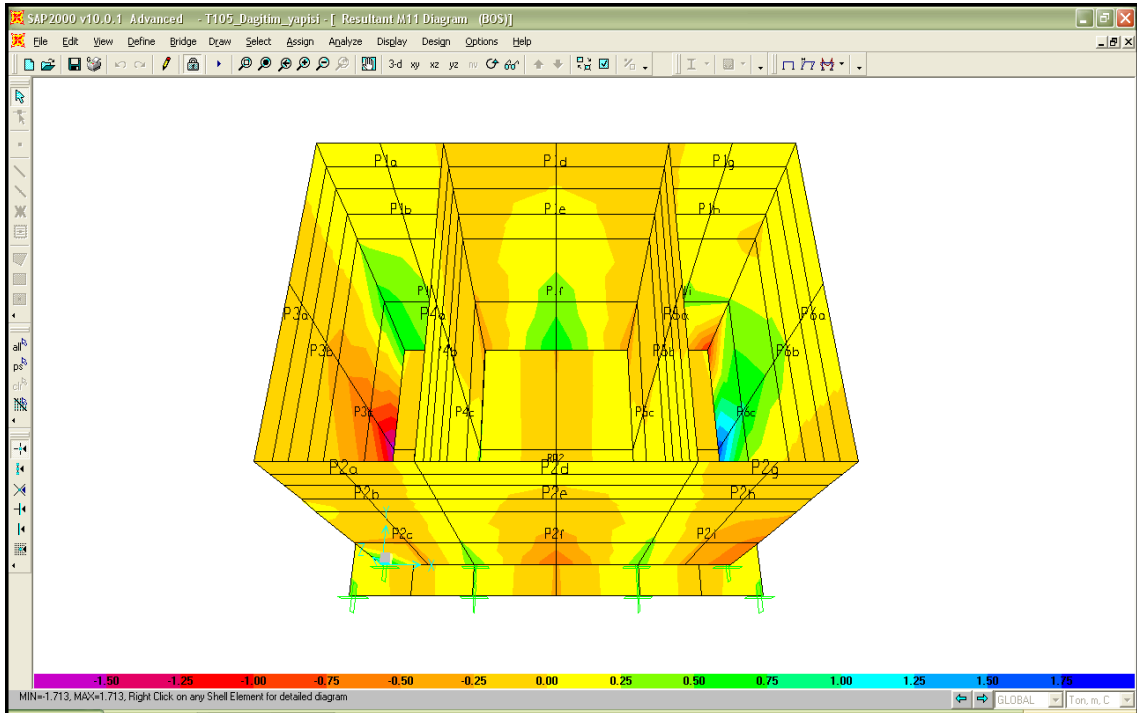
Grafik 5.29 Su İtkisi



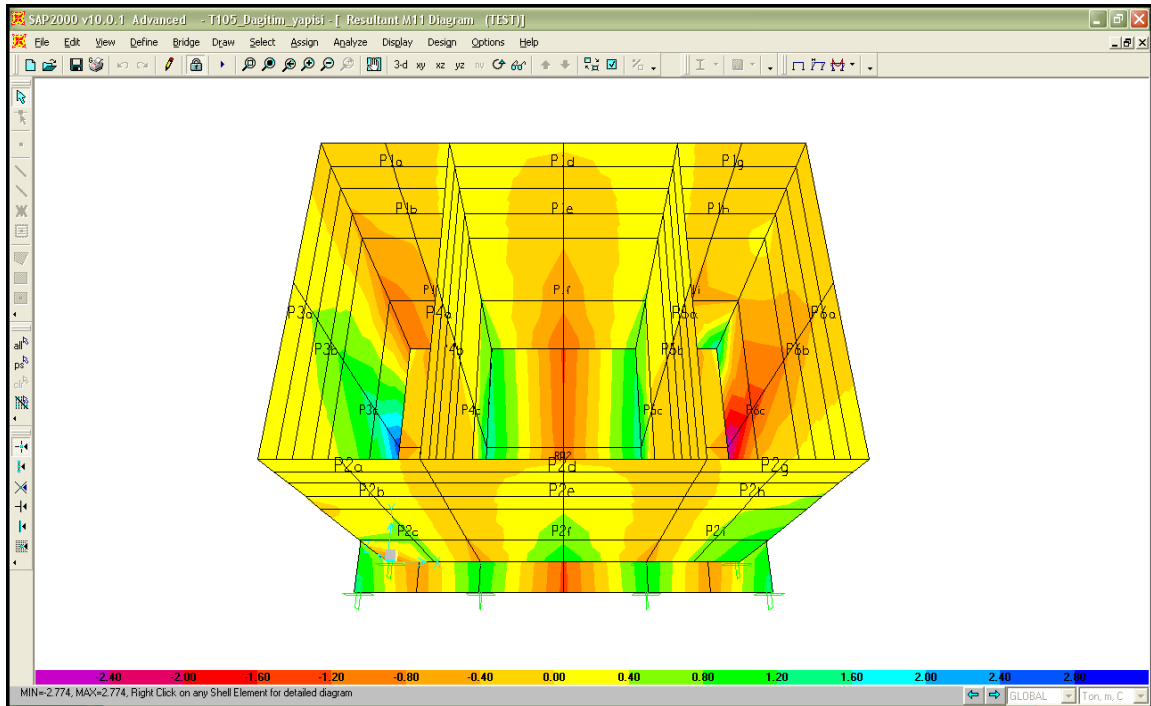
Şekil 5.34 Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Hesap Modeli



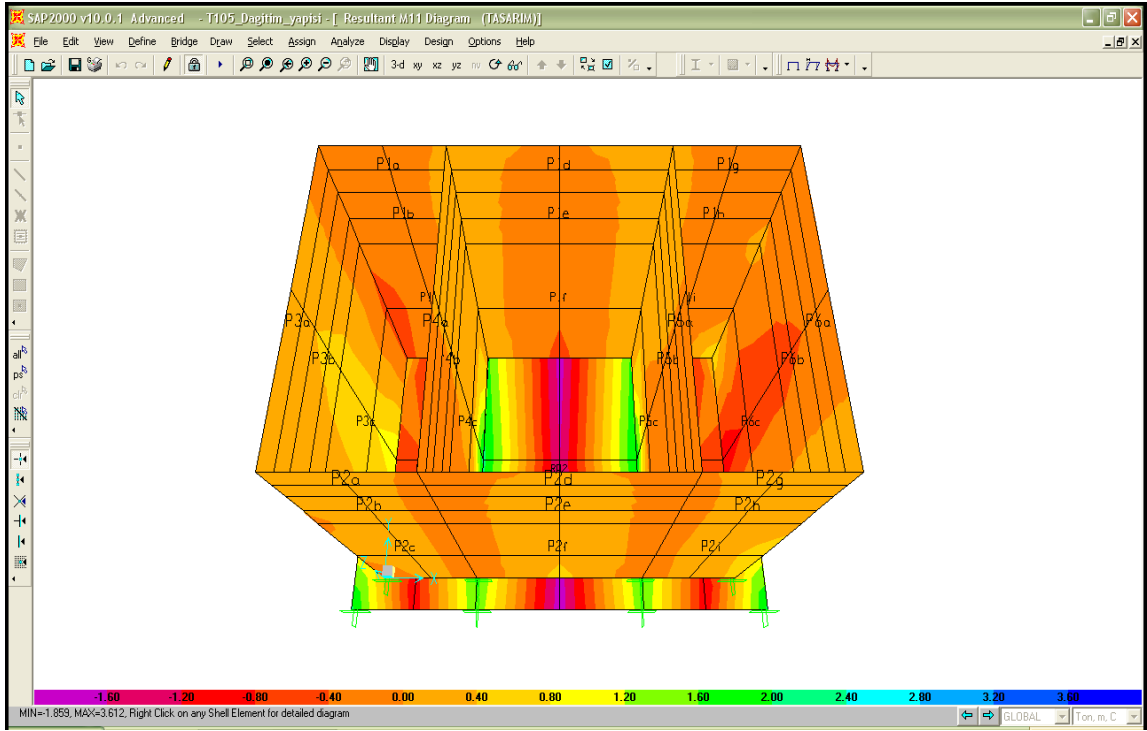
Şekil 5.35 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



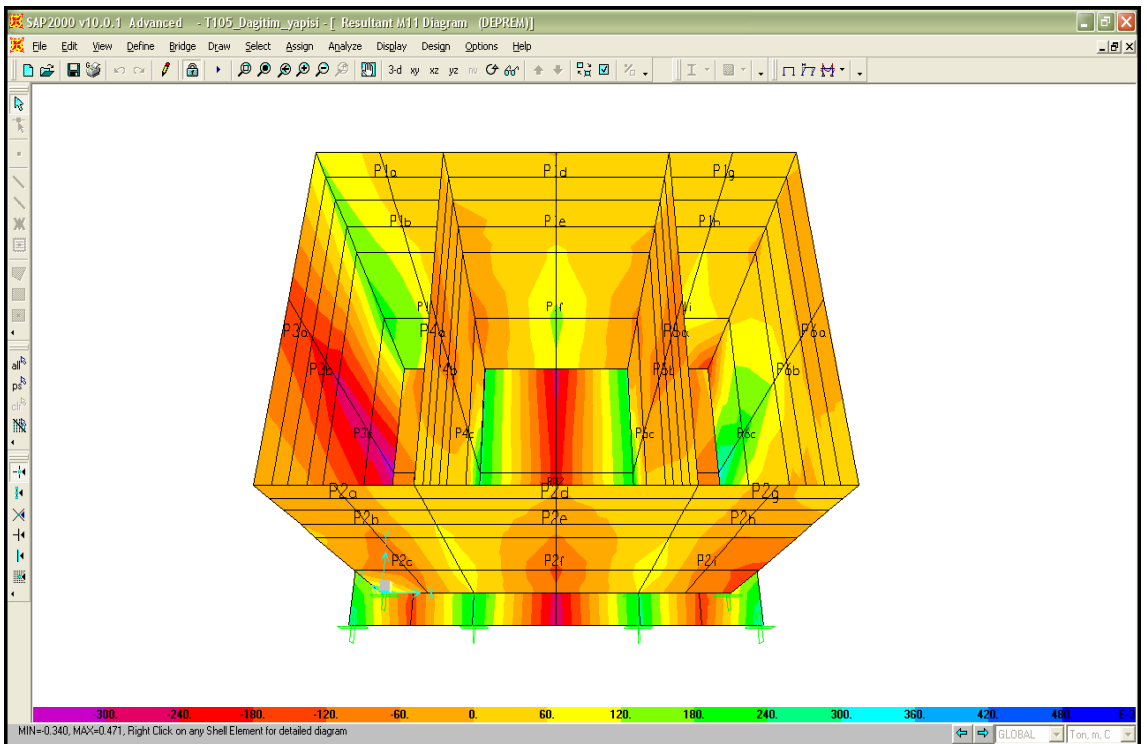
Şekil 5.36 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.37 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.38 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.39 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:

Dış Perde donatıları; (P1, P2, P3, P6)

Tablo 5.30 Çöktürme Dağıtım Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P3c	-0.303	-2.773	-0.644	0.001	-0.644	-2.773	3.372

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 2.8 \text{ tm (P3)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{280} = 232 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{280}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/Yatay/iç/dış ϕ 14/20

İç Perde donatıları; (P4, P5)

Tablo 5.31 Çöktürme Dağıtım Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P5c	4.064	-0.154	-0.017	-0.026	-0.012	-0.159	0.146

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 0.2 \text{ tm (P5)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{20} = 3125 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{20}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 0.3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/Yatay/iç/dış ϕ 12/20

Radye donatısı;

Tablo 5.32 Çöktürme Dağıtım Yapısı Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD1	0.048	-1.031	-5.876	-1.398	-0.657	-6.251	5.843

$$h / d = 35 / 30$$

$$M_{\max} = 5.8 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 30^2}{580} = 155 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{580}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 30} = 5.4 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 35 = 7.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 14/20

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.33 Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	2.872E-14	-1.118E-14	173.1798	285.74663	-424.29045
BOS	Combination	3.848E-15	2.528E-16	91.3848	150.78488	-223.8927
TEST	Combination	3.133E-14	-1.454E-14	173.1798	285.74663	-424.29045
TASARIM	Combination	3.968E-14	-1.498E-14	242.4517	400.04528	-594.00663
DEPREM	Combination	-7.6139	-7.899E-16	91.3848	150.78488	-246.62639

Maksimum toplam yük, $W = 242,5 \text{ ton}$

Radye alanı, $A = 23.3 \text{ m}^2$

$$\sigma = W / A = 242,5 / 23,3 = 10.3 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.34 Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 15	10.26	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		6	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		6.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01026	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		935.44209	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01011	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.17	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **DIŞ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **ϕ 14/15** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.17$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.35 Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı İç Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 12 / 13$	8.70	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		6	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		6.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00870	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1103.47520	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01275	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.22	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **İÇ** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\phi 12/13$** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.22$ mm < 0.25 mm ✓

Tablo 5.36 Çöktürme Havuzu Dağıtım Yapısı Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 14 / 14$	11.00	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		7	cm ²
03		Taşıma gücü katsaysız gerekli donatı		7.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		35	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		30	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{b_w * 2 * (h - d)}$		0.01100	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1018.59250	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01092	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.19	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

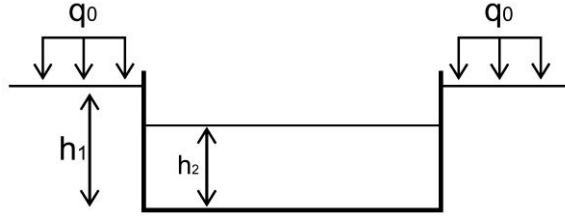
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde $\phi 14/14$ belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.19$ mm < 0.20 mm ✓

5.7. T107 – Çöktürme Havuzu

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
γ_n	= 1.72 t/m ³	
φ	= 17,00°	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 4.25 m	Perde duvar yüksekliği
h_1	= 3.20 m	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 3.50 m	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

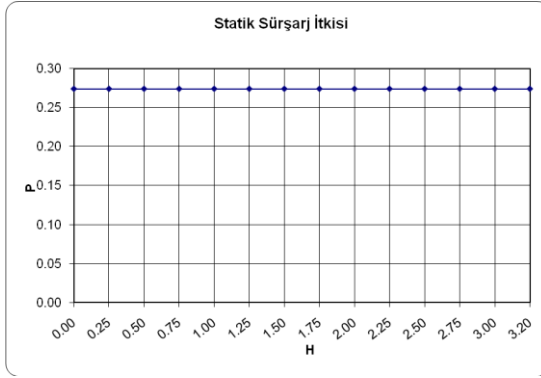
$$P_{top-s} = 3,01 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

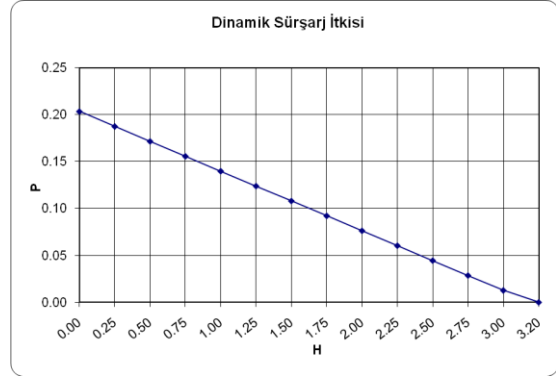
$$P_{top-d} = 0,84 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

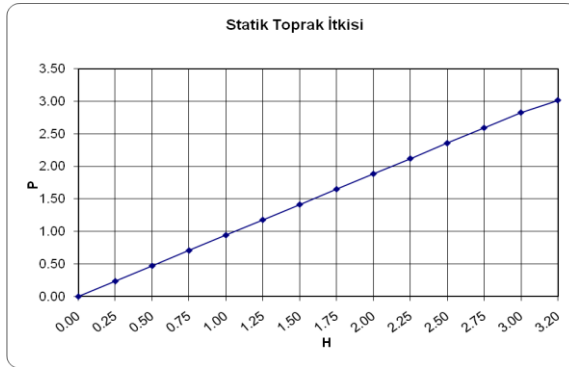
$$P_{su} = 3,50 \text{ t / m}^2$$



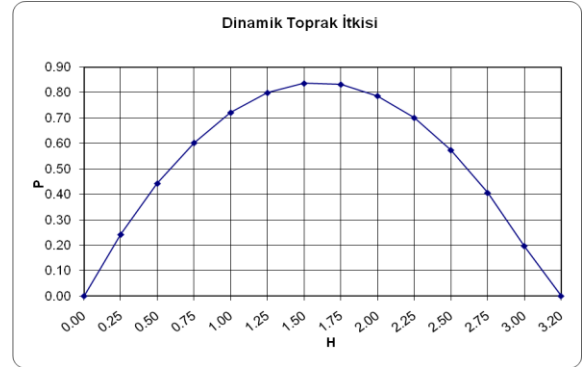
Grafik 5.30 Statik Süřsarj İtkisi



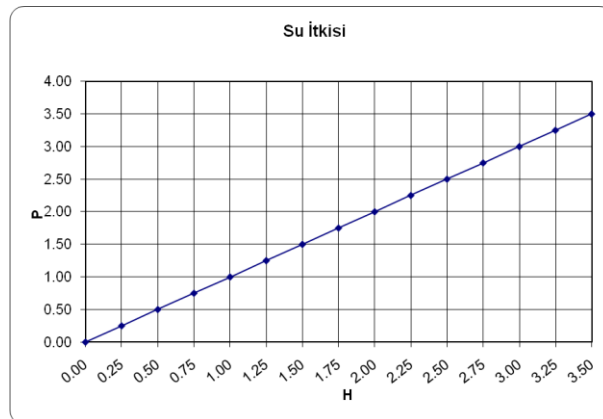
Grafik 5.31 Dinamik Süřsarj İtkisi



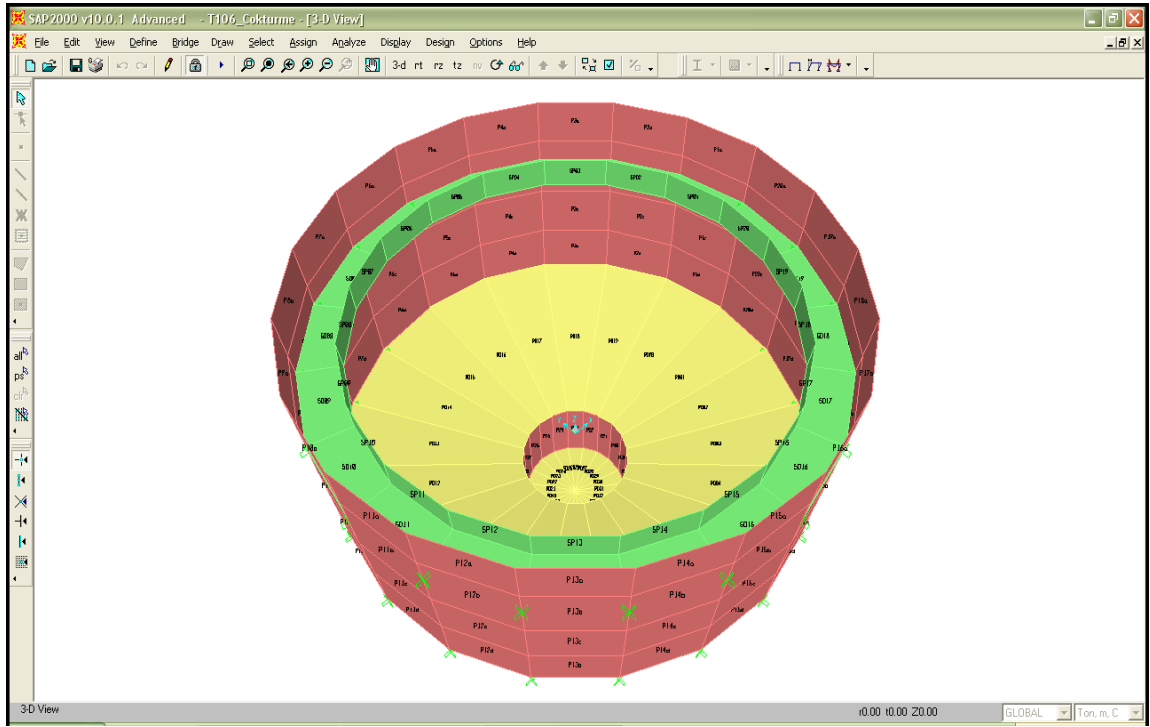
Grafik 5.32 Statik Toprak İtkisi



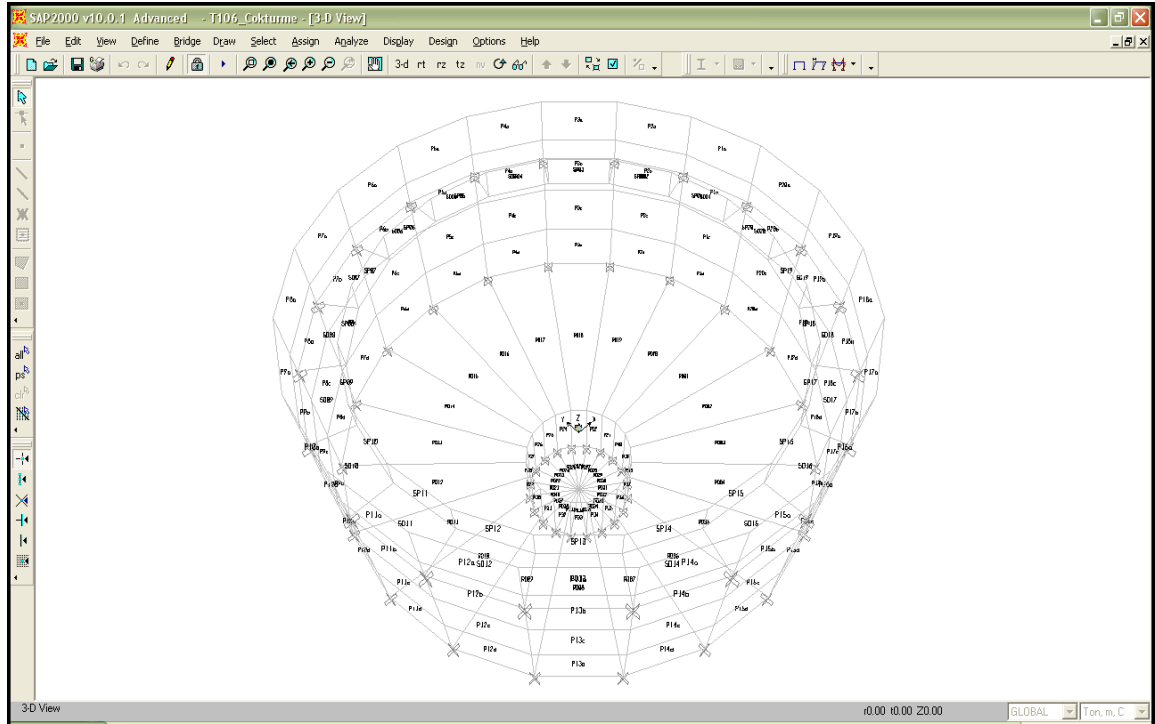
Grafik 5.33 Dinamik Toprak İtkisi



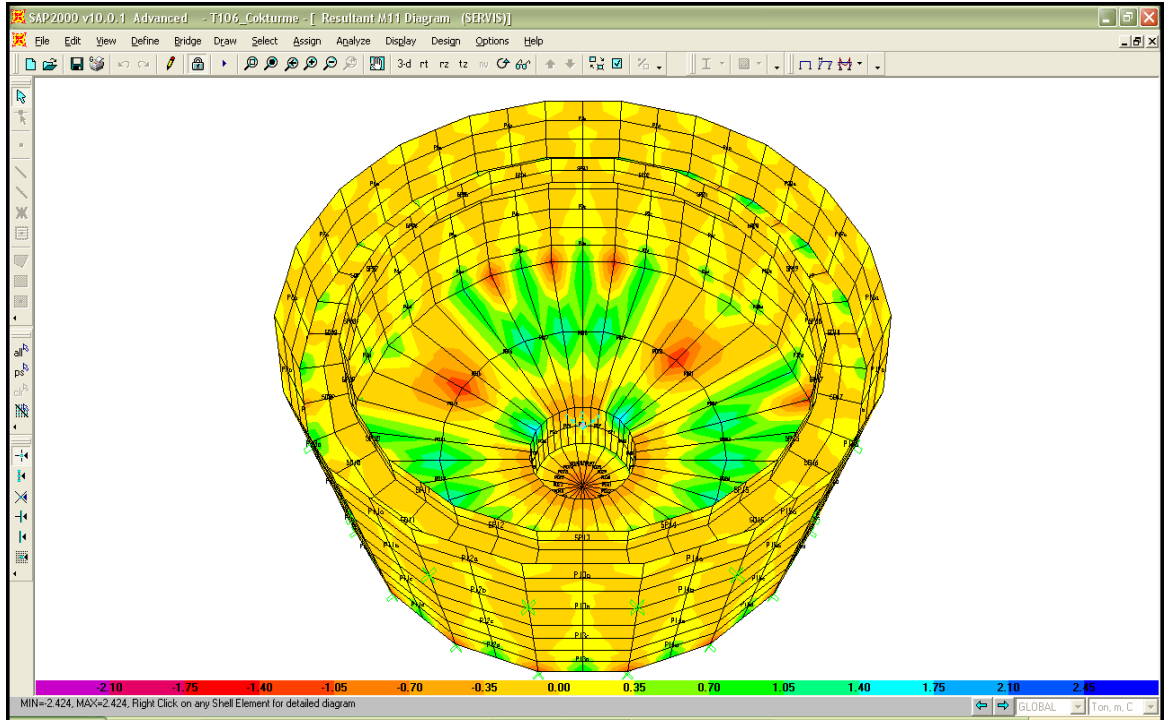
Grafik 5.34 Su İtkisi



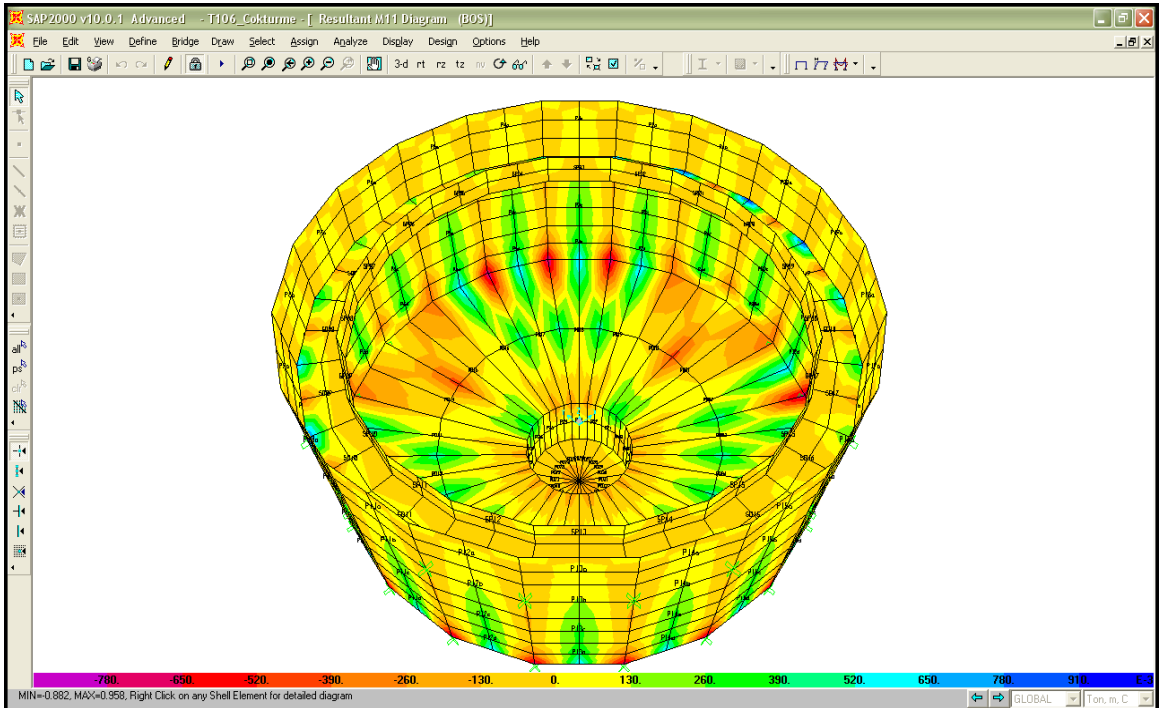
Şekil 5.40 Çöktürme Havuzu Hesap Modeli



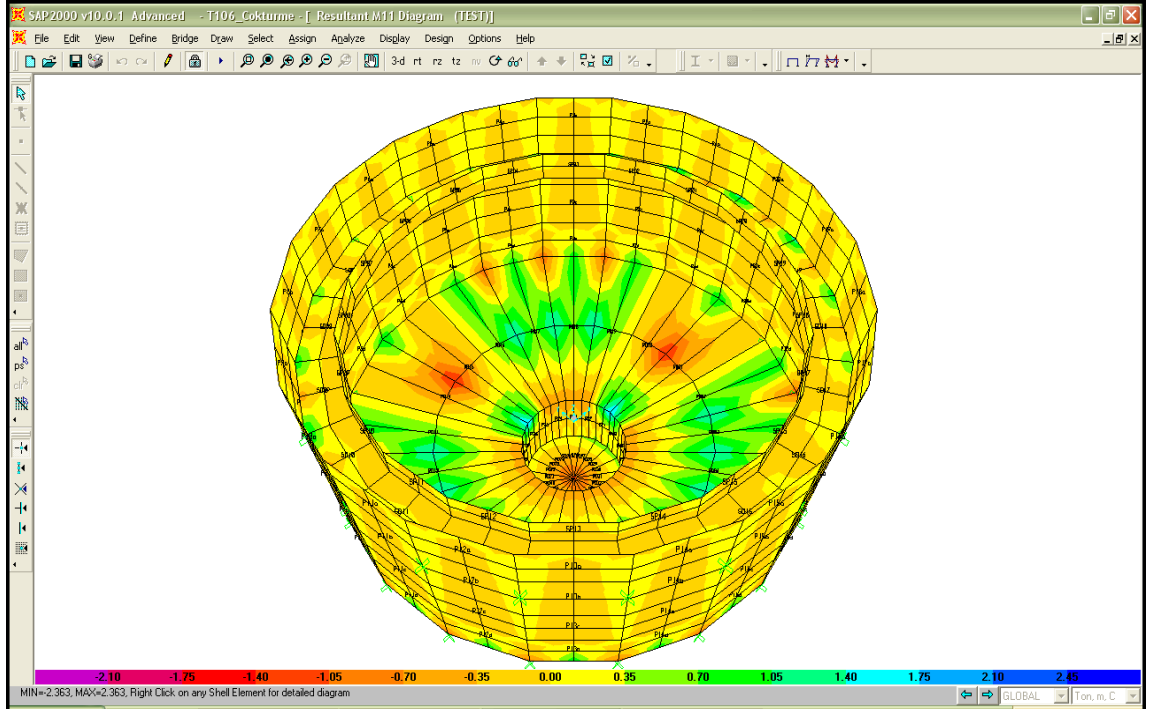
Şekil 5.41 Çöktürme Havuzu Hesap Modeli



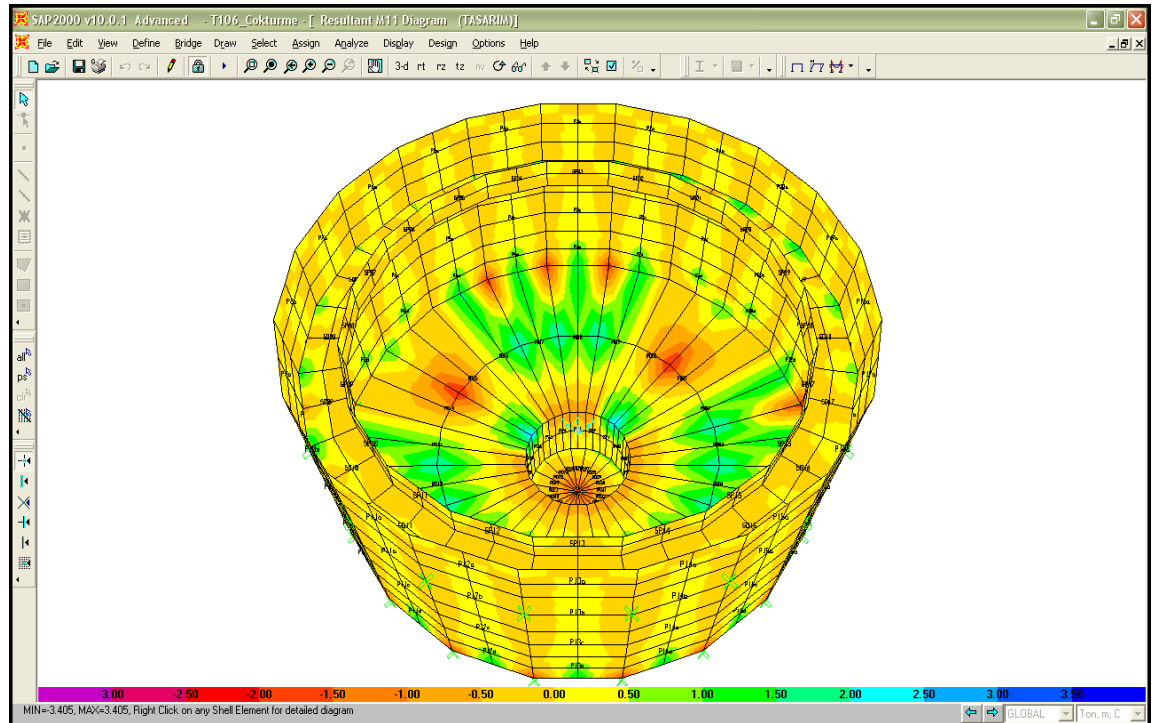
Şekil 5.42 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



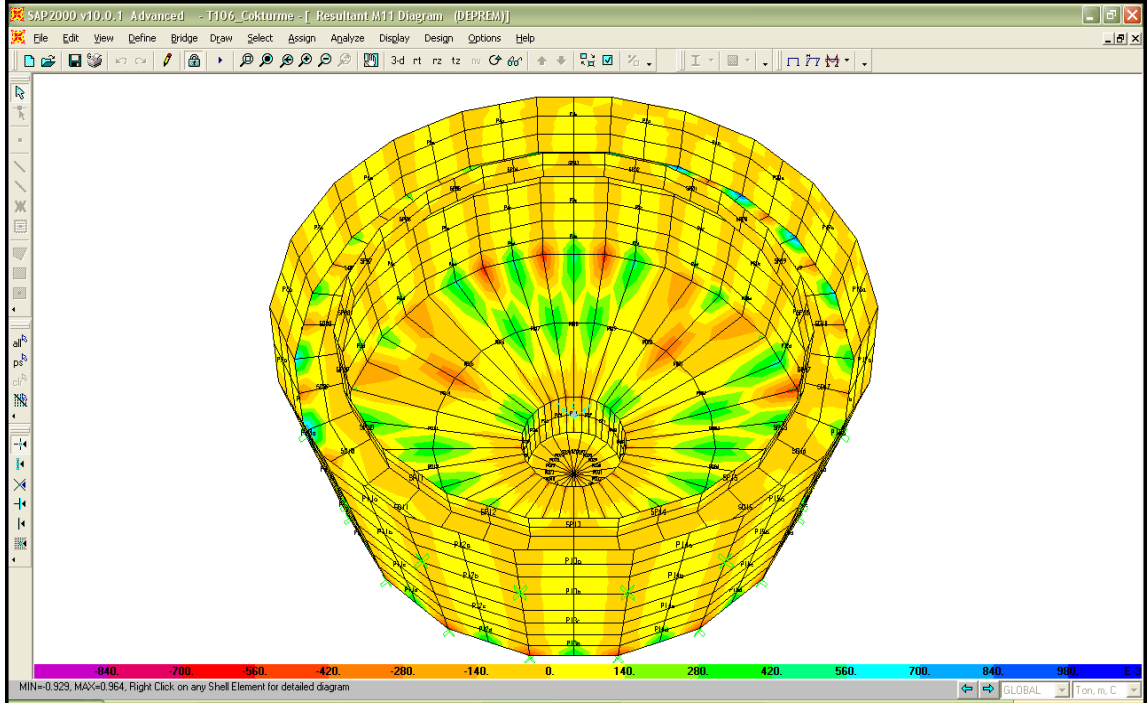
Şekil 5.43 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.44 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.45 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.46 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:

Perde donatısı;

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{11\max} = 6.7 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{760} = 161 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{760}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 35} = 6.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 40 = 5.00 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/yatay/iç/dış ϕ 14/20

Radye donatısı;

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{\max} = 6.30 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{630} = 194 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{630}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 35} = 5.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 40 = 8.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 14/20

Savak perde donatısı;

$$h / d = 15 / 10$$

$$M_{11\max} = 0.4 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 10^2}{40} = 250 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{40}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 10} = 1.1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 15 = 1.80 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/yatay/iç/dış ϕ 12/20

Savak döşeme donatısı;

$$h / d = 15 / 10$$

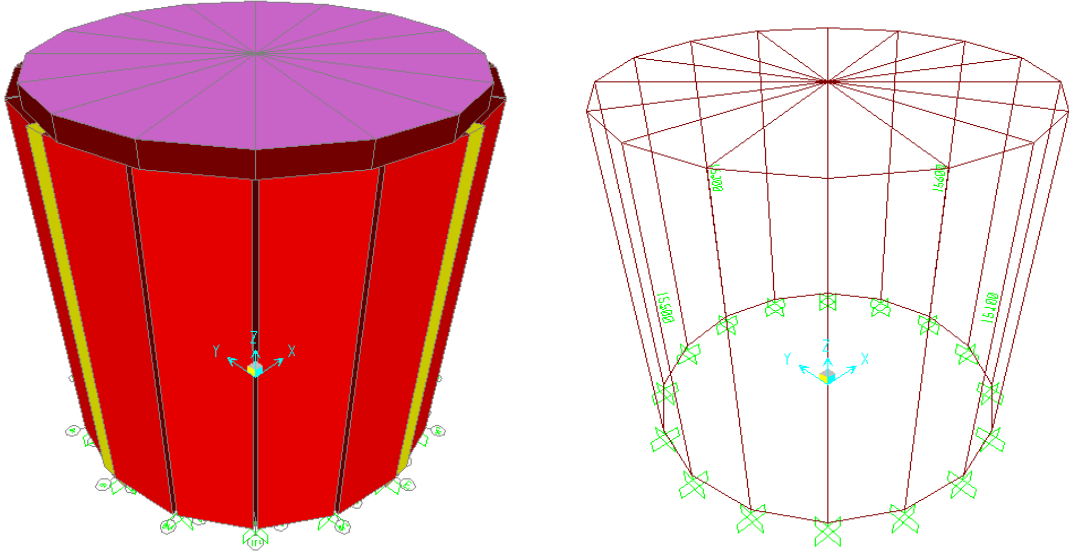
$$M_{\max} = 1.9 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 10^2}{190} = 53 \quad j = 0.931 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{190}{0,931 \cdot 3,65 \cdot 10} = 5.6 \text{ cm}^2$$

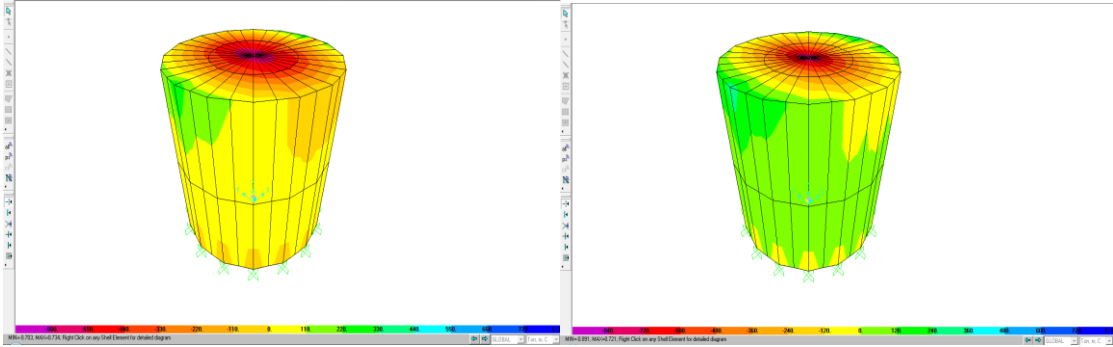
$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt/üst ϕ 12/25

DEFLEKTÖR YAPISI

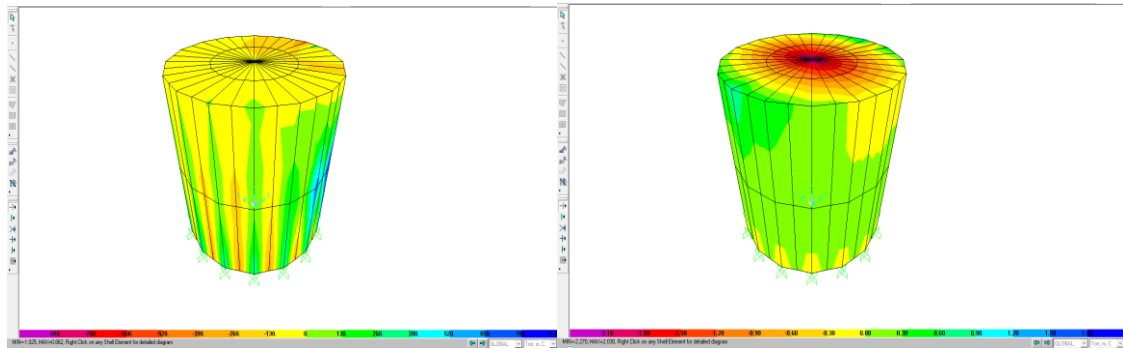


Şekil 5.47. Deflektör Yapısı Hesap Modeli



Şekil 5.48. Zati ve Hareketli Yük Durumları İçin Analiz Sonucu

$$(M_{\max\text{-zati}} = 0.734 \text{ t-m} / M_{\max\text{-har}} = 0.891 \text{ t-m})$$



Şekil 5.49. Su ve Deprem Yük Durumları İçin Analiz Sonucu

$$(M_{\max\text{-su}} = 1.025 \text{ t-m} / M_{\max\text{-dep}} = 2.270 \text{ t-m})$$

Deflektör perde ve döşeme donatısı;

$$h / d = 25 / 20$$

$$M_{\max} = 2.27 \text{ t-m}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 20^2}{227} = 177 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{227}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 20} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 25 = 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı (Döşeme) : Her iki yönde alt/üst ϕ 12/25

Seçilen Donatı (Perde) : Her iki yönde iç/dış ϕ 14/20

Deflektör kolonları donatısı;

$$b / h = 25 / 50$$

Gerekli olan donatı miktarı = 15 cm^2 (Kolon analiz sonuçları)

Seçilen Donatı : 6 ϕ 16

$$V_{cr} = 0.65 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot d = 0.65 \cdot 0.0125 \cdot 25 \cdot 45 = 9.14 \text{ t}$$

$$V_{\max} = 0.631 \text{ t} \quad V_{\max} < V_{cr} \quad \text{Minimum kesme donatısı yeterlidir.}$$

$$A_{sw} = 0.3 \cdot f_{ctd} \cdot b_w \cdot s / f_{yd} = 0.3 \cdot 0.0125 \cdot 25 \cdot 15 / 3.65 = 0.4 \text{ cm}^2$$

Seçilen Donatı : ϕ 8/15-10 etriye,

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.37 Çöktürme Havuzu Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	0.5006	-0.0793	552.5207	-0.12686	-0.80097	9.354E-13
BOS	Combination	-2.1415	0.3392	245.8598	0.54269	3.42638	7.21E-14
TEST	Combination	2.6421	-0.4185	552.5207	-0.66955	-4.22735	1.384E-12
TASARIM	Combination	0.2726	-0.0432	773.529	-0.06907	-0.43608	1.22E-12
DEPREM	Combination	-20.7624	0.044	245.8598	0.07048	-43.5823	2.609E-13

Maksimum toplam yük, $W = 773,5$ ton

Radye alanı, $A = \pi * 10,9^2 = 373 \text{ m}^2$

$\sigma = W / A = 773,5 / 373 = 2.1 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$

Çatlak Tahkiki:

Tablo 5.38 Çöktürme Havuzu Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 16 / 15$	13.40	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		8	cm ²
03		Taşıma gücü katsaysız gerekli donatı		8.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.6	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	b_w	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	F_{ck}	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	E_s	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	P_r	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01340	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		954.93047	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{F_{ck}}$		474.34165	kg/cm ²
15	W_m	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	W_m	Çatlak tahkiki		0.00961	cm
16	W_k	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.16	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2 \text{ mm}$ olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25 \text{ mm}$ olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4 \text{ mm}$ olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı **$\phi 16/15$** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.16 \text{ mm} < 0.20 \text{ mm} \checkmark$

Tablo 5.39 Çöktürme Havuzu Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 13	11.84	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		8	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		8.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{b_w * 2 * (h - d)}$		0.01184	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1080.95530	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01131	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.19	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

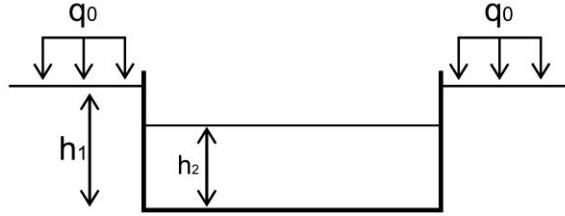
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde Φ **14/13** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.19$ mm < 0.20 mm ✓

5.8. T108 – Çamur Geri Devir Terfi Merkezi

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
γ_n	= 1.72 t/m ³	
φ	= 17,00°	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 2.50-5.50 m	Perde duvar yüksekliği
h_1	= 2.35-5.35 m	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 0.00-2.00 m	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 - 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-d} = 0,20 - 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

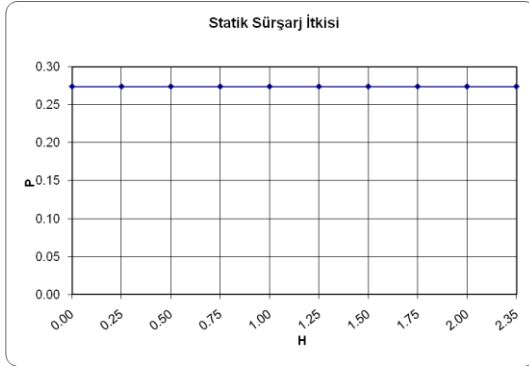
$$P_{top-s} = 2,21 - 5,04 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

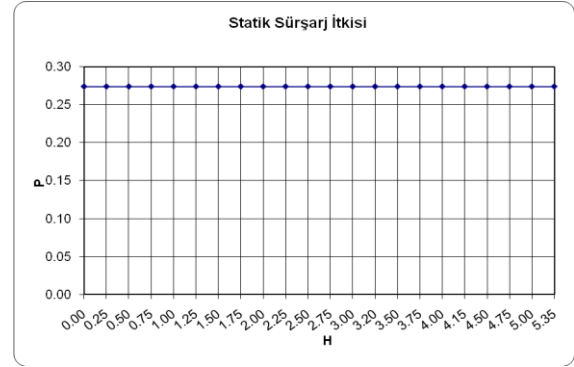
$$P_{top-d} = 0,61 - 1,40 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

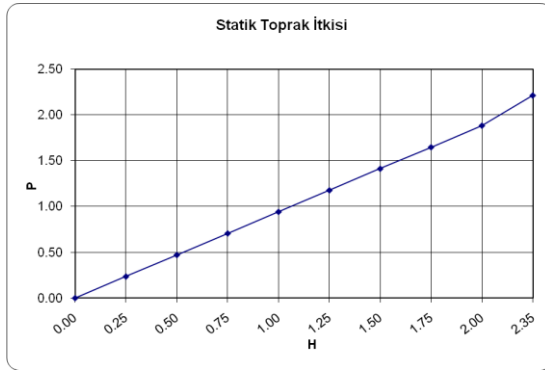
$$P_{su} = 0,00 - 2,00 \text{ t / m}^2$$



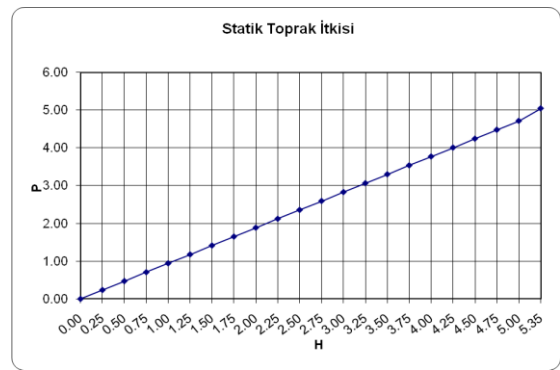
Grafik 5.35(a) Statik Sürşarj İtkisi



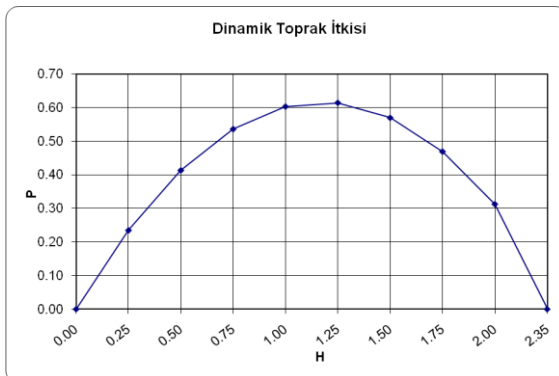
Grafik 5.35(b) Statik Sürşarj İtkisi



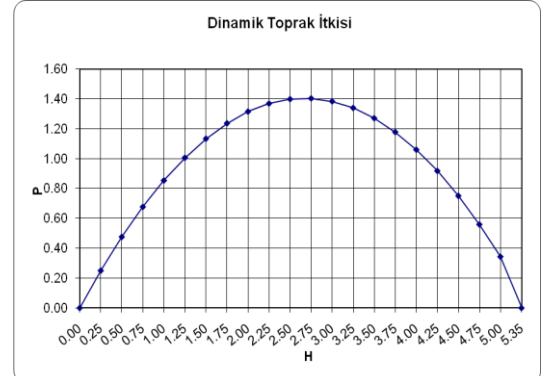
Grafik 5.36(a) Statik Toprak İtkisi



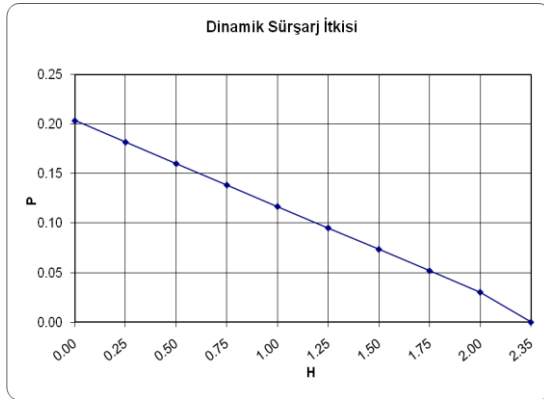
Grafik 5.36(b) Statik Toprak İtkisi



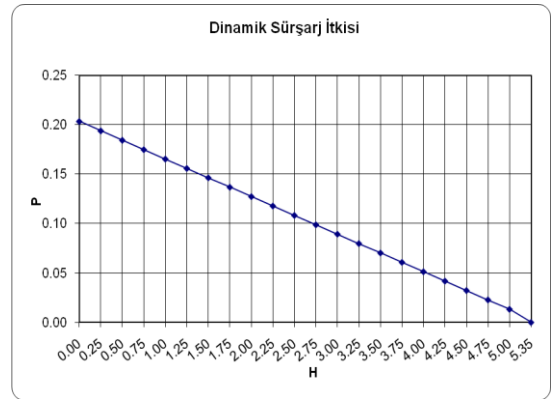
Grafik 5.37(a) Dinamik Toprak İtkisi



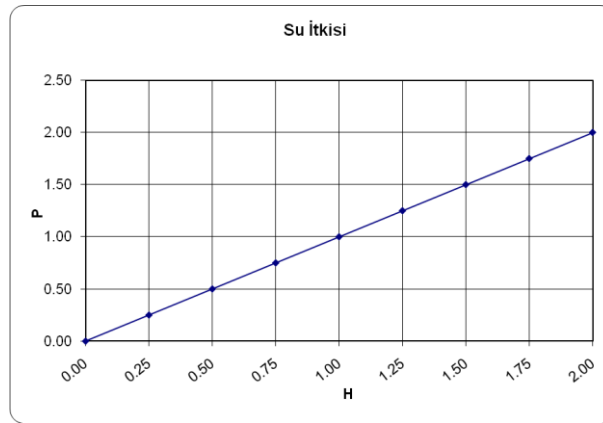
Grafik 5.37(b) Dinamik Toprak İtkisi



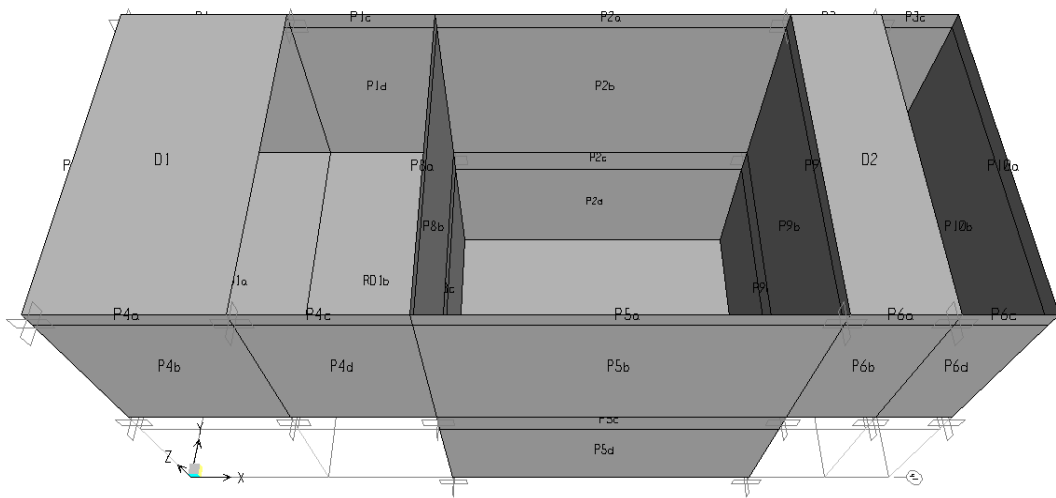
Grafik 5.38(a) Dinamik Sürsarj İtkisi



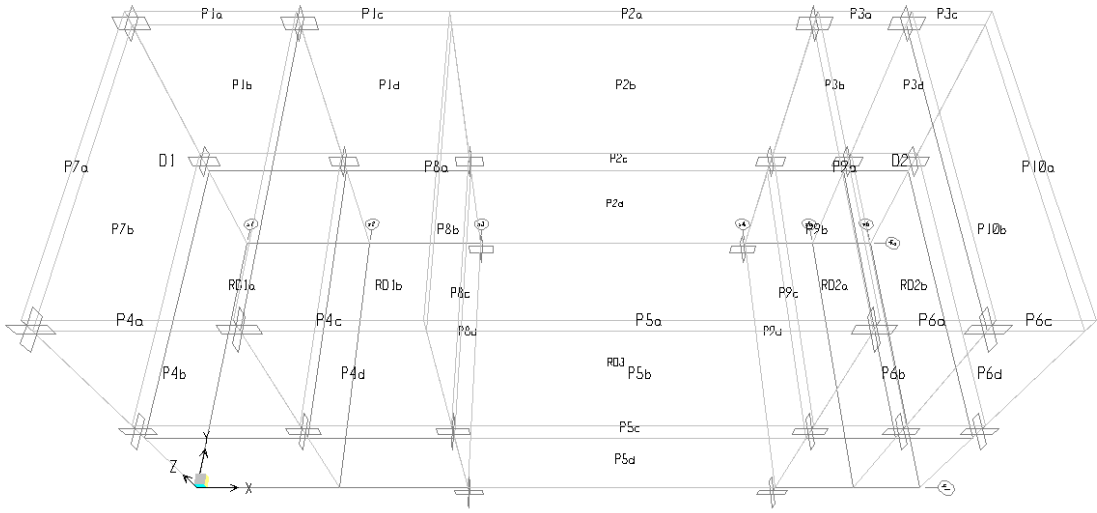
Grafik 5.38(b) Dinamik Sürsarj İtkisi



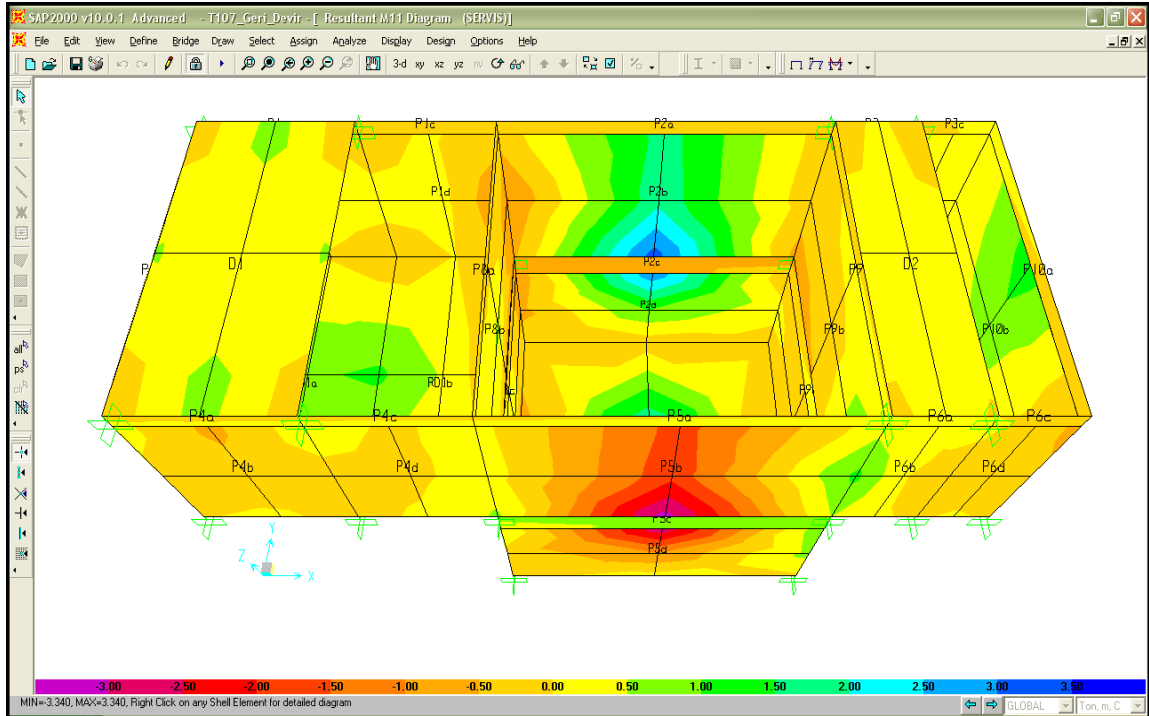
Grafik 5.39 Su İtkisi



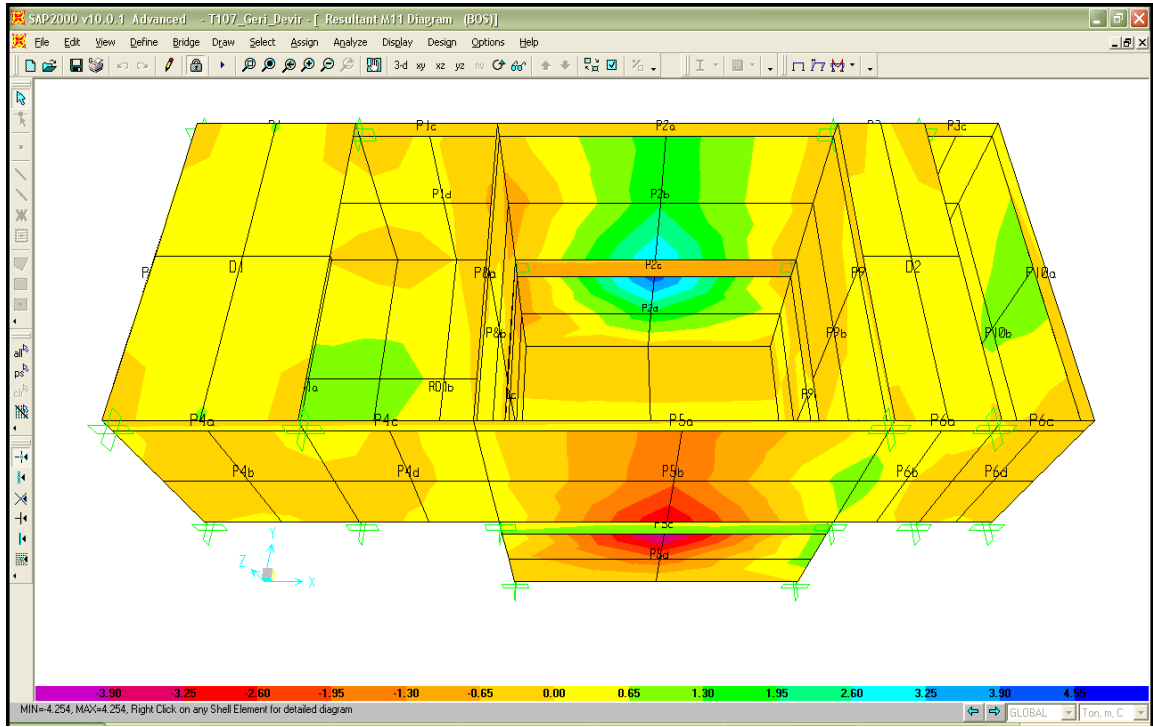
Şekil 5.50 Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Hesap Modeli



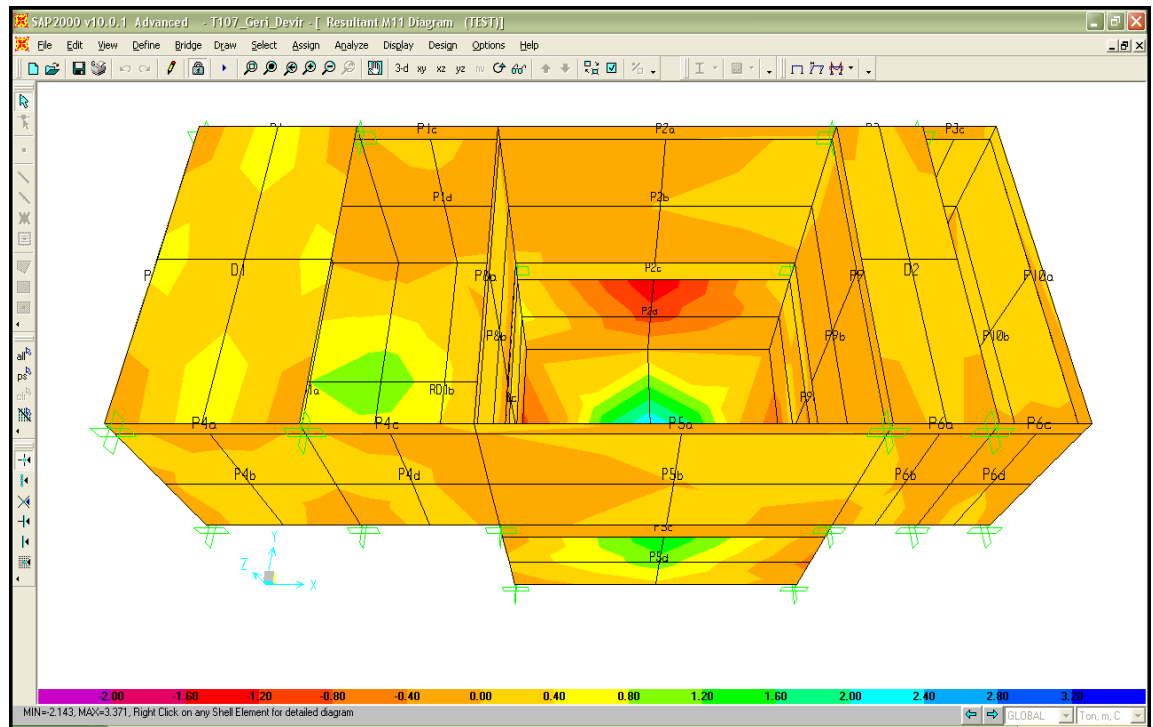
Şekil 5.51 Geri Devir Terfi Merkezi Hesap Modeli



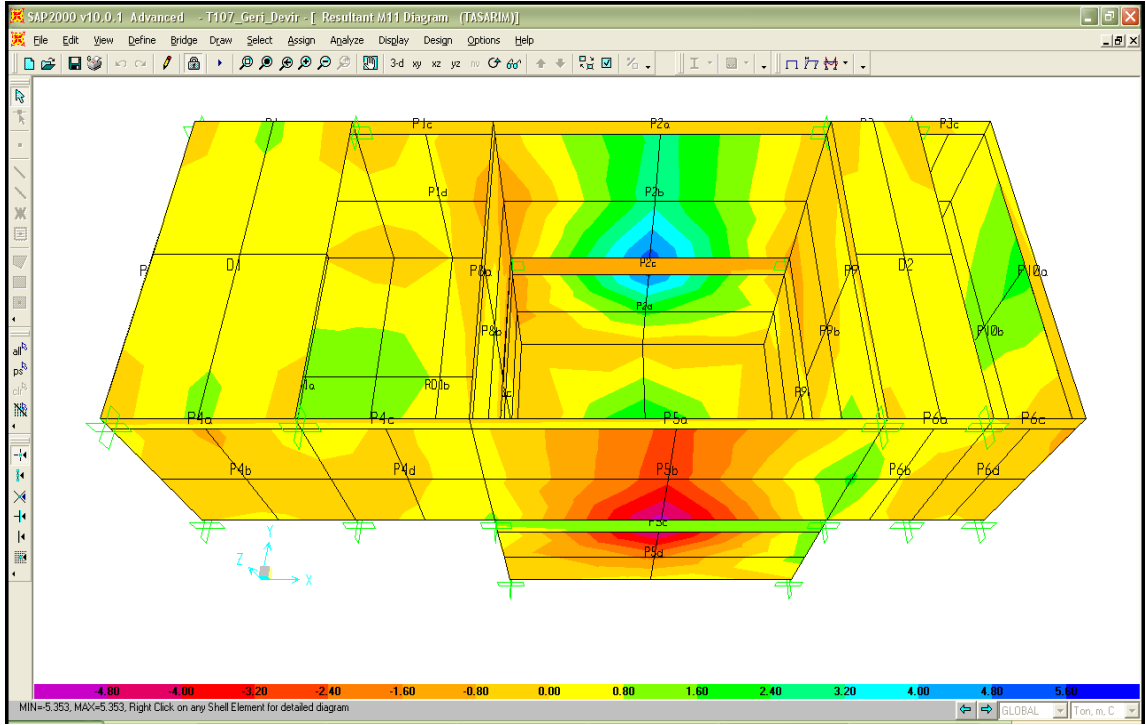
Şekil 5.52 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



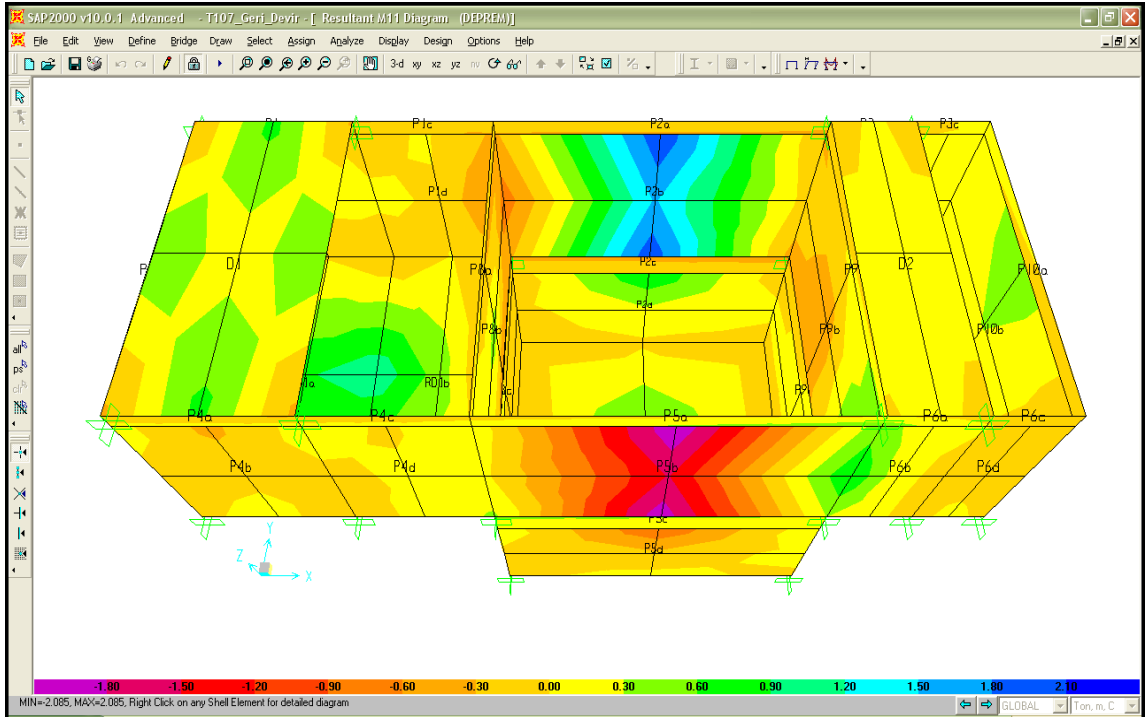
Şekil 5.53 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.54 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.55 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.56 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:

Perde donatıları (P1, P3, P4, P6, P7 ve P10);

Tablo 5.40 Geri Devir Terfi Merkezi Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P7b	1.813	-2.29	-0.180	0.180	-0.165	-2.225	1.967

$$h / d = 25 / 20$$

$$M_{11\max} = 2.29 \text{ tm (P7)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 20^2}{229} = 174 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{229}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 20} = 3.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 25 = 3.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20**Yatay/iç/dış ϕ 12/20**

Perde donatıları (P2, P5, P8 ve P9);

Tablo 5.41 Geri Devir Terfi Merkezi Perde Duvarları İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P2b	1.241	-5.353	-1.516	-0.134	-1.511	-5.358	4.469

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{11\max} = 5.35 \text{ tm (P2)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{535} = 228 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{535}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 35} = 4.3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 40 = 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/Yatay/iç/dış ϕ 14/20

Döşeme donatısı;

Tablo 5.42 Geri Devir Terfi Merkezi Döşeme Donatısı İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
D1	0	-1.577	-4.457	-0.508	-1.490	-4.544	4.668

$$h / d = 15 / 12.5$$

$$M_{22max} = 4.4 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 12,5^2}{440} = 35.5 \quad j = 0.890 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{440}{0,890 \cdot 3,65 \cdot 12,5} = 10.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 10/15

Radye donatısı;

Tablo 5.43 Geri Devir Terfi Merkezi Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD2b	1.062	1.356	0.891	0.027	1.358	0.889	1.078

$$h / d = 20 / 15$$

$$M_{max} = 0.9 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 15^2}{90} = 250 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{90}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 15} = 1.7 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 15 = 3.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 10/20

Radye donatısı;

Tablo 5.44 Geri Devir Terfi Merkezi Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD3	7.513	3.493	4.703	-0.354	4.800	3.396	4.539

$$h / d = 40 / 35$$

$$M_{\max} = 4.8 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 35^2}{470} = 260 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{480}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 35} = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 40 = 8.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 14/20

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.45 Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	-2.33E-14	5.929E-15	280.106	651.24648	-1708.5567
BOS	Combination	-3.196E-14	5.929E-15	234.536	545.29623	-1399.81995
TEST	Combination	8.306E-15	-4.185E-14	280.106	651.24648	-1708.5567
TASARIM	Combination	-3.859E-14	1.621E-14	396.3881	921.60222	-2412.40868
DEPREM	Combination	-15.9193	1.987E-14	234.536	545.29623	-1464.38468

Maksimum toplam yük, $W = 396,5 \text{ ton}$

Radye alanı, $A = 57.8 \text{ m}^2$

$$\sigma = W / A = 396,5 / 57,8 = 6.85 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.46 Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 13	11.84	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		8	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		8.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01184	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1080.95530	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01131	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.19	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, **40 cm'lik** perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı

ϕ **14/13** belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w = 0.19$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.47 Çamur Geri Devir Terfi Merkezi Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	Φ 14 / 13	11.84	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		8	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		8.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		40	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		35	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.01184	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1080.95530	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01131	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.19	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

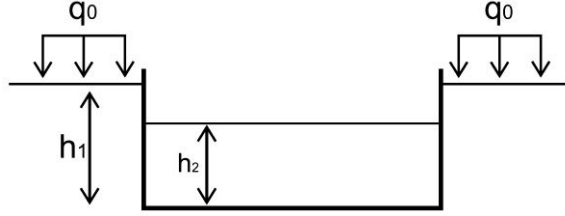
Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temelde kullanılacak donatı her iki yönde ϕ **14/13** olarak belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.19$ mm < 0.20 mm ✓

5.9. T109 – Kum Filtresi

Perde Duvarlara Etkiyen Yanal Kuvvetler



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim ağırlığı)
γ_n	= 1.72 t/m ³	
φ	= 17,00°	(Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	(Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	(Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	(Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	(Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 3.20 m	Perde duvar yüksekliği
h_1	= 3.00 m	Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 0.00 m	Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

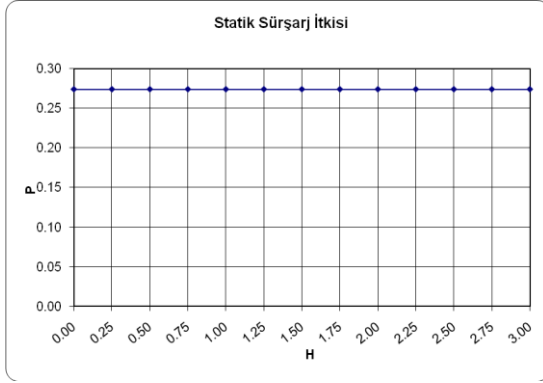
$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

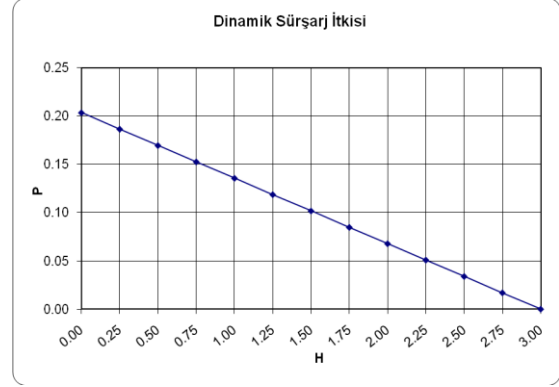
$$P_{top-s} = 2,83 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

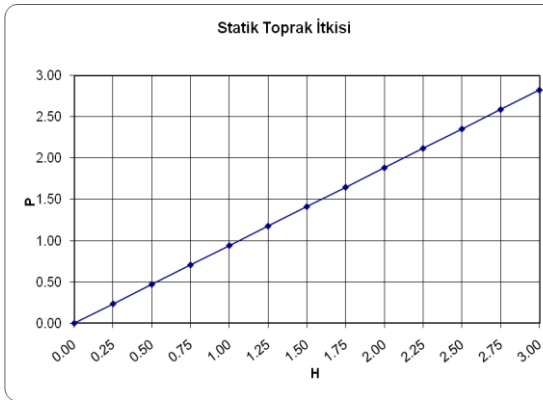
$$P_{top-d} = 0,79 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$



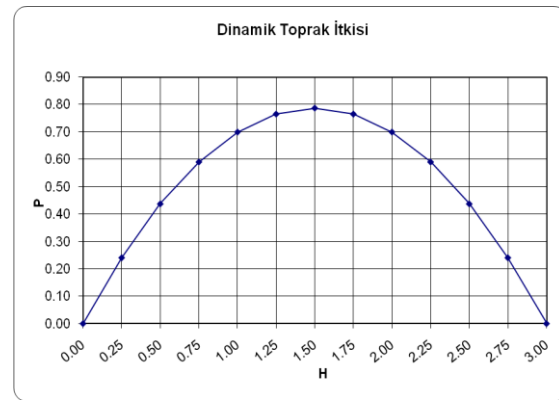
Grafik 5.40 Statik Süřsarj İtkisi



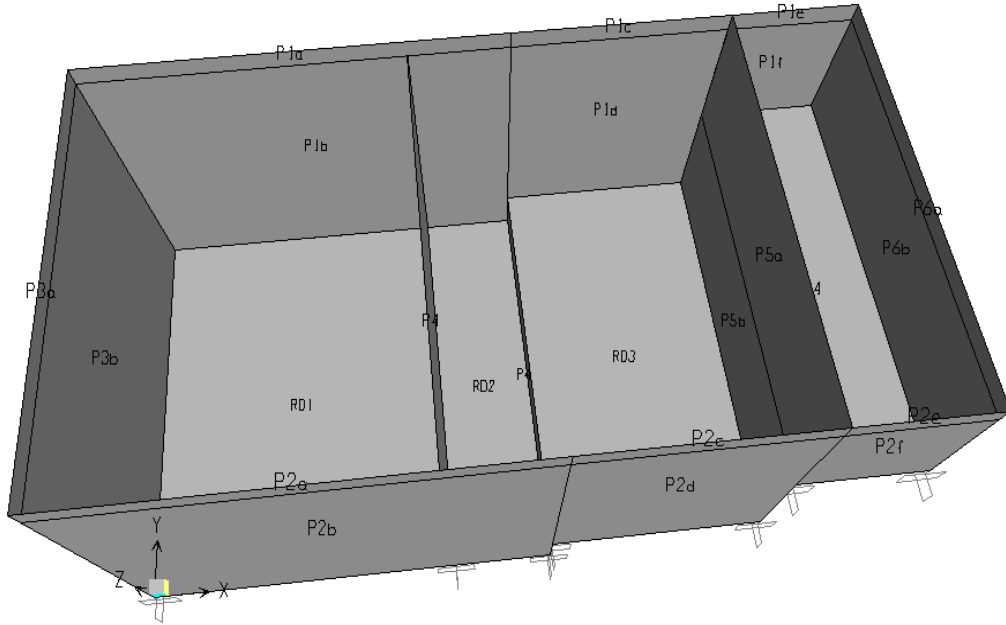
Grafik 5.41 Dinamik Süřsarj İtkisi



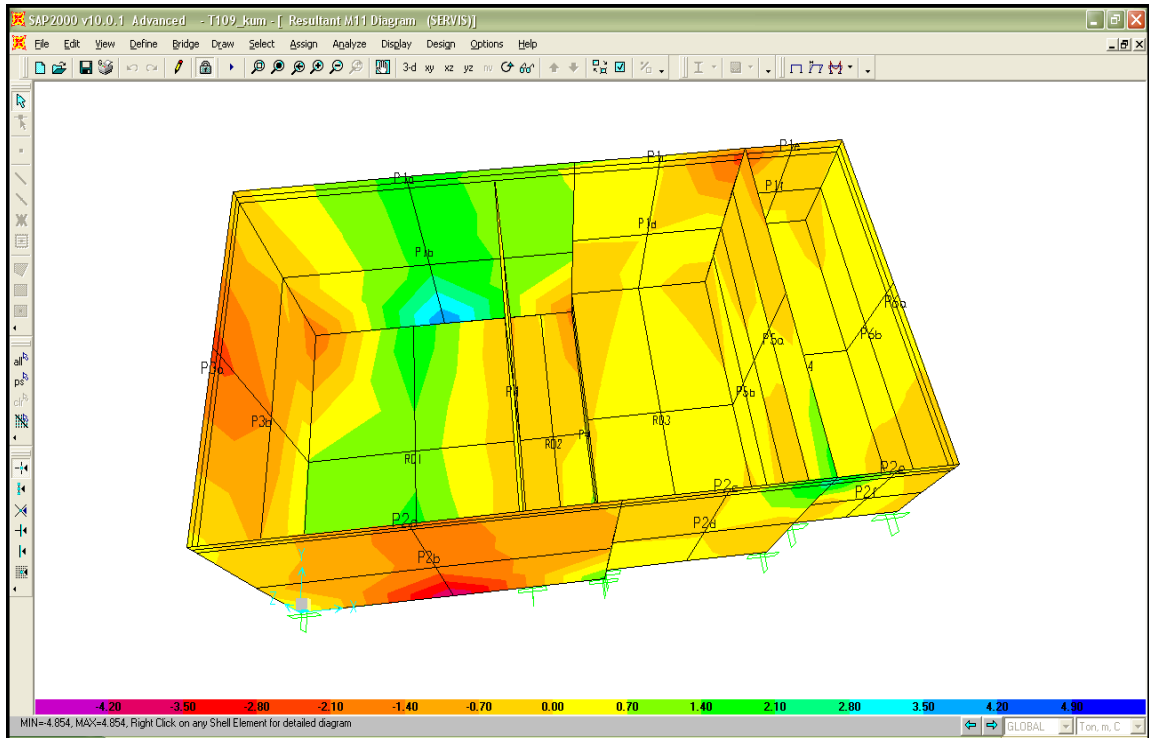
Grafik 5.42 Statik Toprak İtkisi



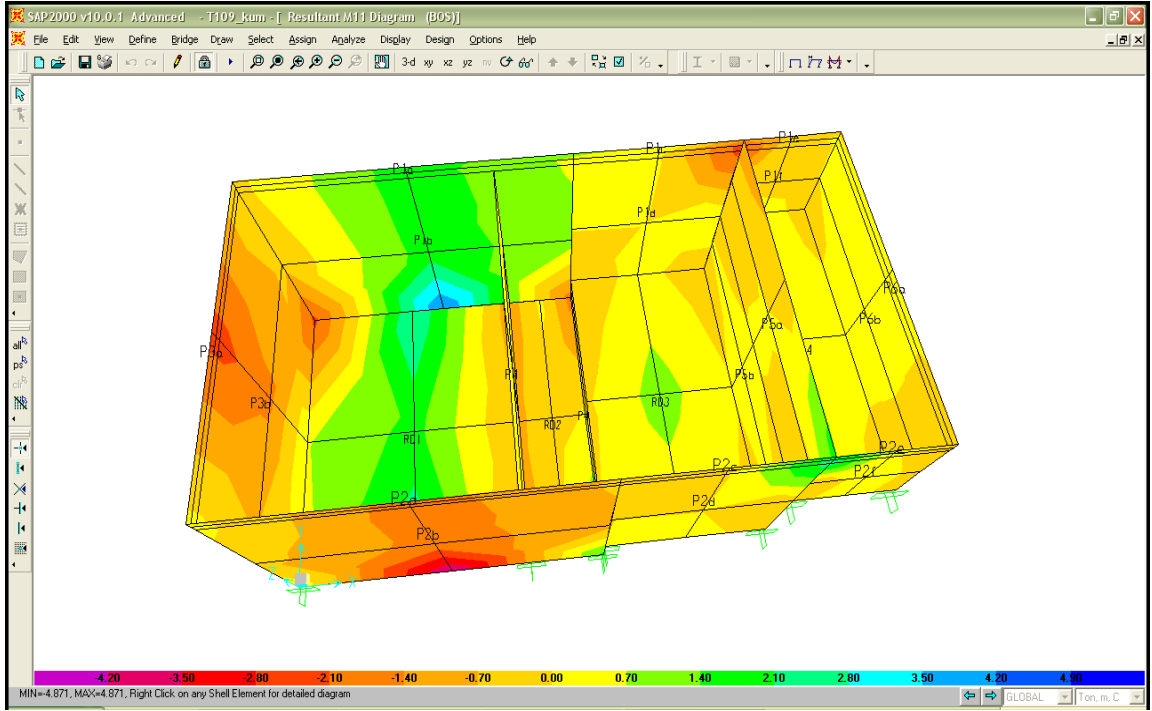
Grafik 5.43 Dinamik Toprak İtkisi



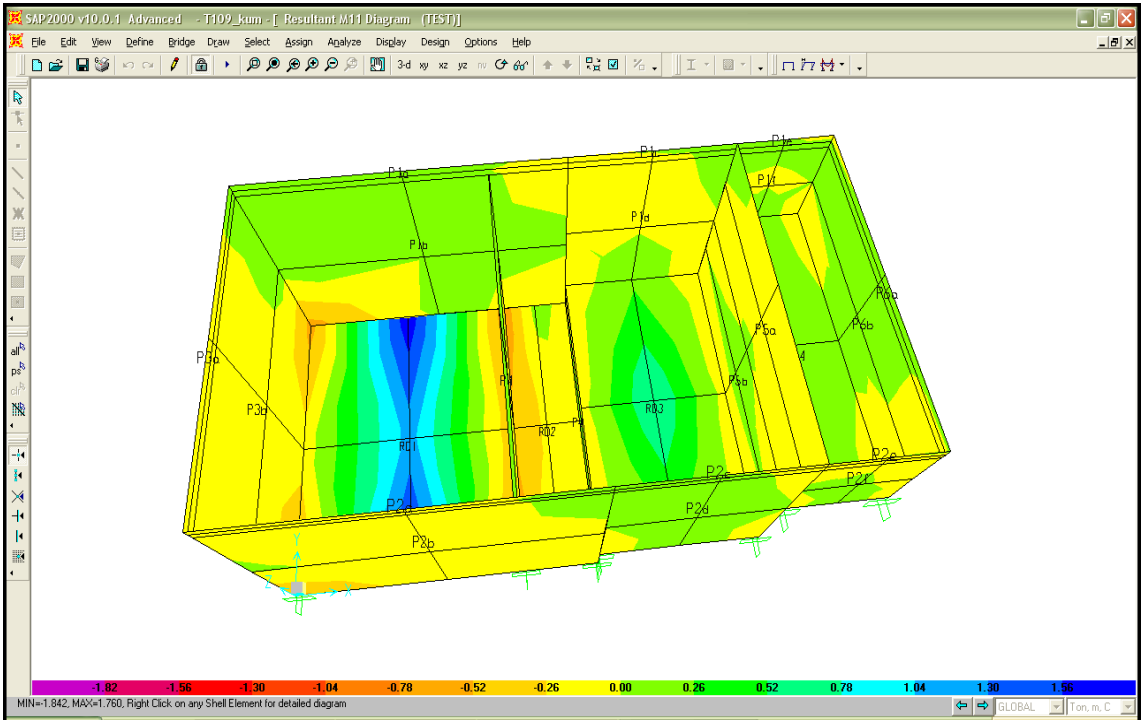
Şekil 5.57 Kum Filtresi Hesap Modeli



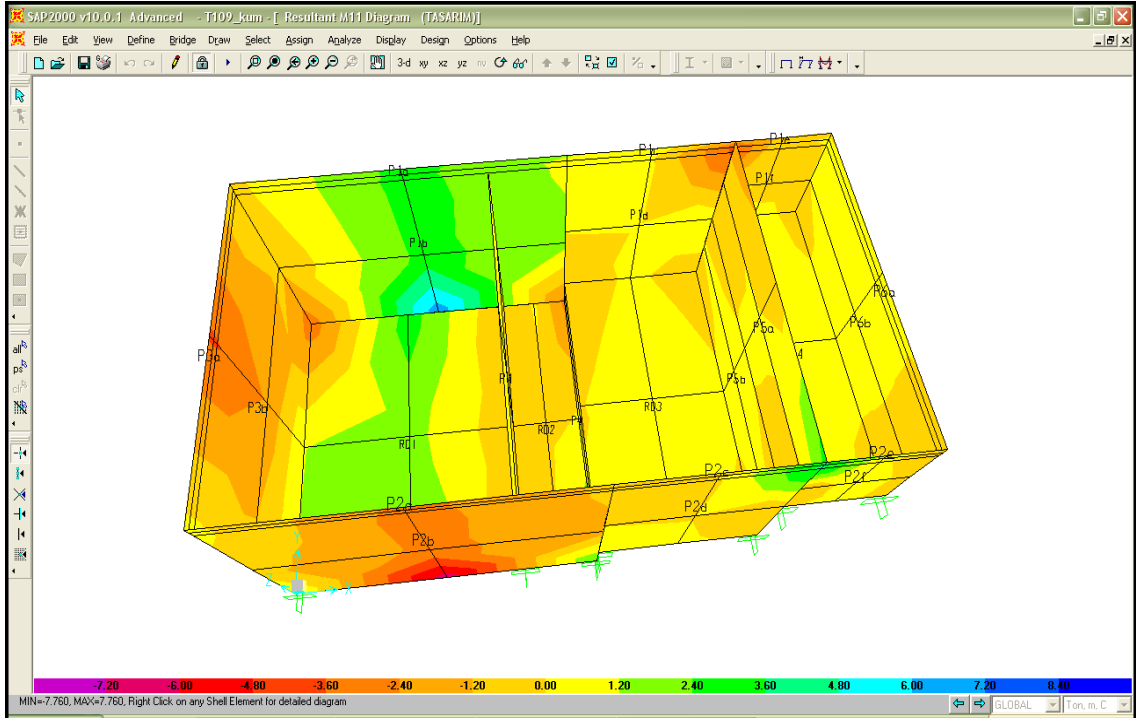
Şekil 5.58 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



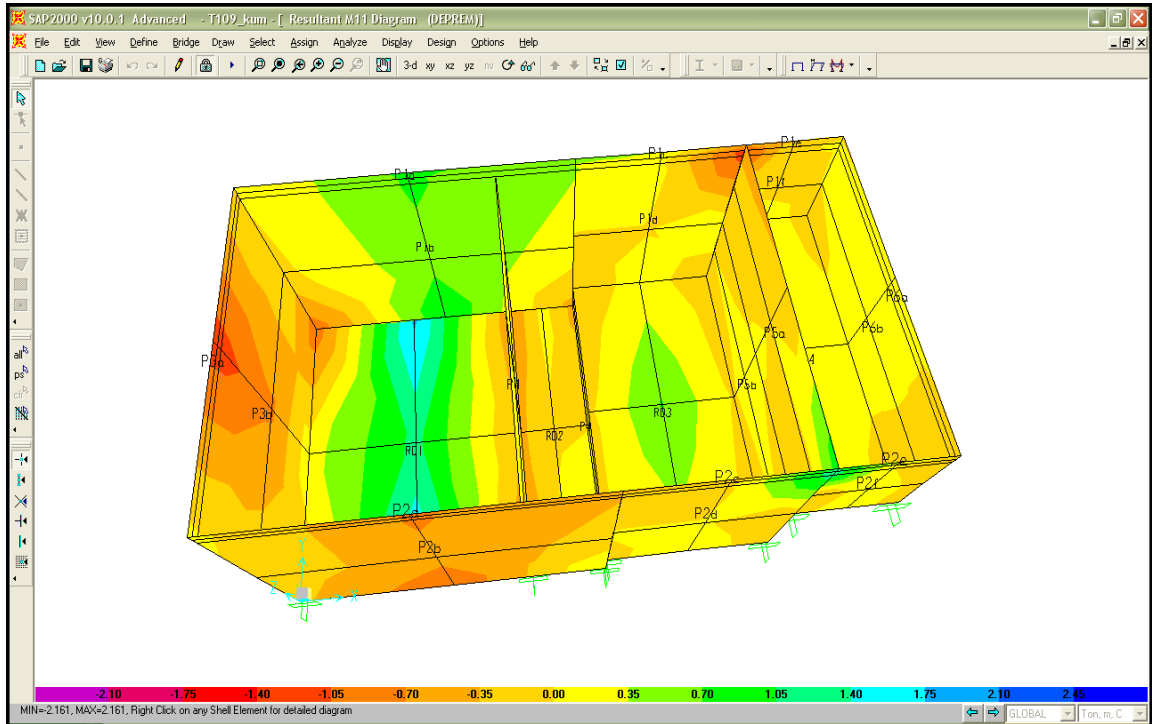
Şekil 5.59 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.60 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.61 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.62 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:**Perde donatıları;**

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 7.8 \text{ t-m (P01)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{780} = 80.1 \quad j = 0.955 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{780}{0,955 \cdot 3,65 \cdot 25} = 8.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 14/20 Yatay/iç/dış ϕ 14/20

Radye donatısı;

Tablo 5.48 Kum Filtresi Radye Temel İçin Maksimum Moment

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD1	5.619	-3.106	-1.057	-0.444	-0.965	3.396	3.996

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{\max} = 3.1 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{310} = 202 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{310}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 3.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 30 = 6.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 12/20

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.49 Kum Filtresi Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	6.598E-11	4.689E-11	210.8344	453.29401	-795.3205
BOS	Combination	6.704E-11	4.651E-11	297.5461	639.7241	-1122.8414
TEST	Combination	2.404E-12	-9.008E-13	210.8344	453.29401	-795.3205
TASARIM	Combination	1.052E-10	7.519E-11	297.5461	639.7241	-1122.8414
DEPREM	Combination	-7.7924	2.234E-11	210.8344	453.29401	-813.92654

Maksimum toplam yük, $W = 297,5$ ton

Radye alanı, $A = 37,72$ m²

$$\sigma = W / A = 297,5 / 37,72 = 7.9 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.50 Kum Filtresi Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 14 / 20$	7.70	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		8.9	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		6.36	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.4	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00770	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1321.49755	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01913	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.33	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

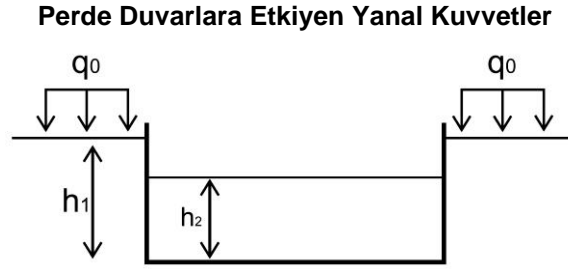
İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı yeterlidir.

Çatlak miktarı $w = 0.33$ mm < 0.40 mm ✓

5.10. T110 Çıkış Yapısı



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim
γ_n	= 1.72 t/m ³	: ağırlığı)
φ	= 17,00°	: (Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	: (Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	: (Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	: (Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	: (Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 3.60 - 2.15 m	: Perde duvar yüksekliği
h_1	= 3.30 - 1.80 m	: Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 1.80 - 0.80 m	: Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı; Statik durum için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı; Deprem durumu için yanal SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

$$P_{\text{top-s}} = 3,39 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

$$P_{\text{top-d}} = 0,94 \text{ t / m}^2 \text{ (} z = h_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

$$P_{\text{su}} = 1,80 \text{ t / m}^2$$

Statik durum için yanal TOPRAK basıncı;

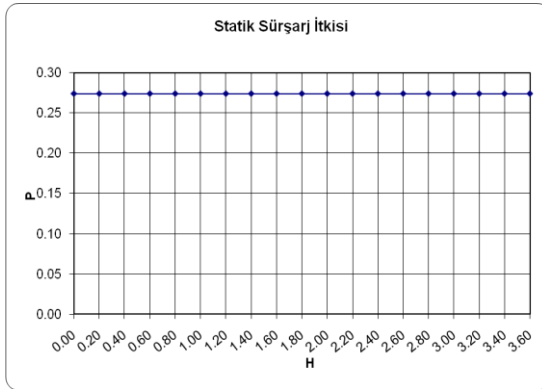
$$P_{\text{top-s}} = 1,70 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanal TOPRAK basıncı;

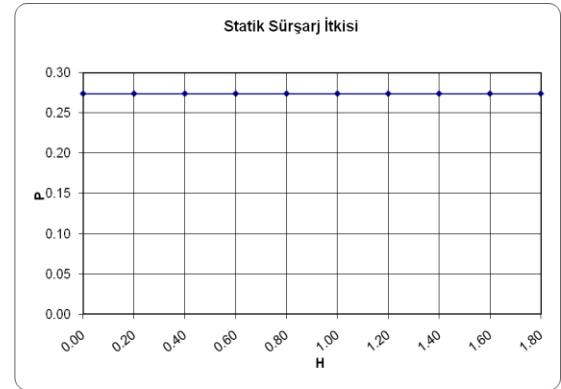
$$P_{\text{top-d}} = 0,47 \text{ t / m}^2 \text{ (} z = h_1 / 2 \text{ için)}$$

SU basıncı;

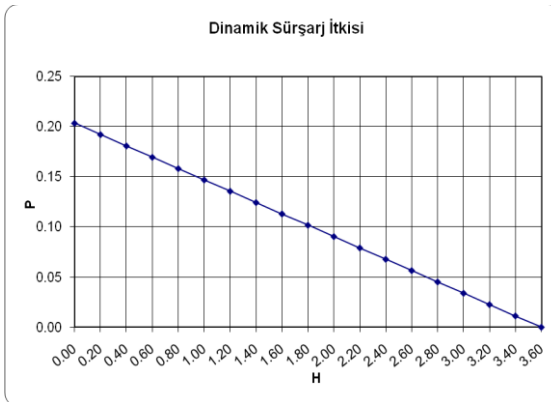
$$P_{\text{su}} = 0,80 \text{ t / m}^2$$



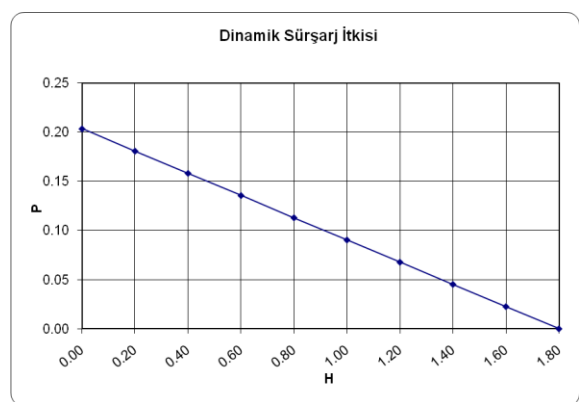
Grafik 5.44(a) Statik Sürsarj İtkisi



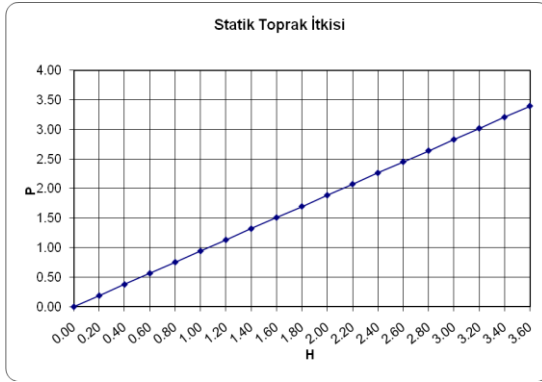
Grafik 5.44(b) Statik Sürsarj İtkisi



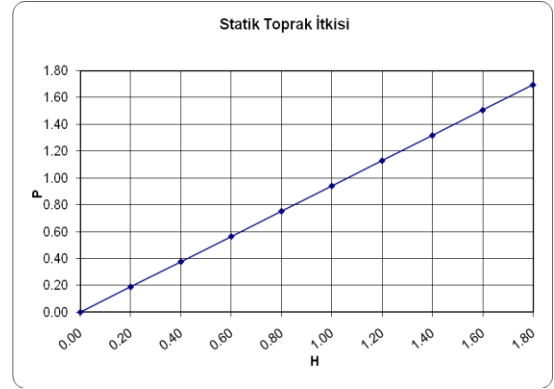
Grafik 5.45(a) Dinamik Sürsarj İtkisi



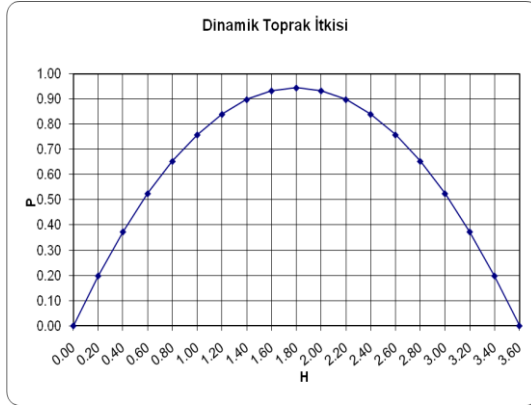
Grafik 5.45(b) Dinamik Sürsarj İtkisi



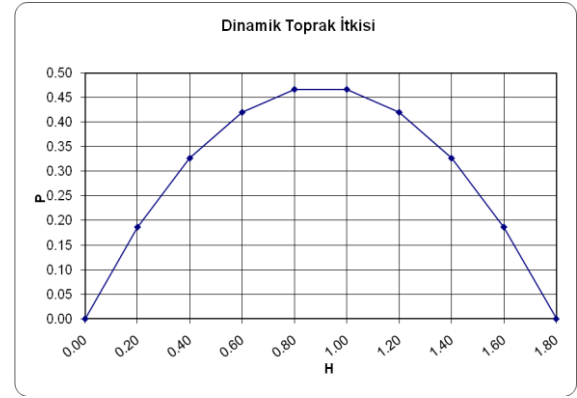
Grafik 5.46(a) Statik Toprak İtkisi



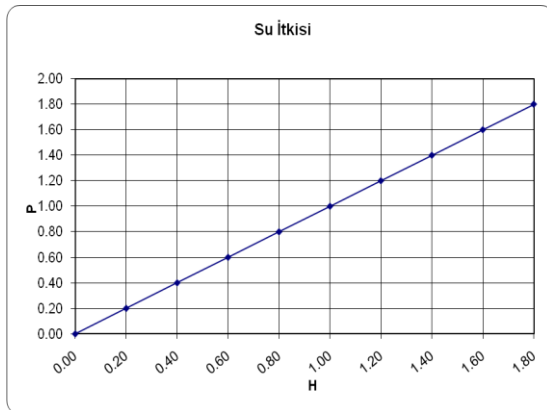
Grafik 5.46(b) Statik Toprak İtkisi



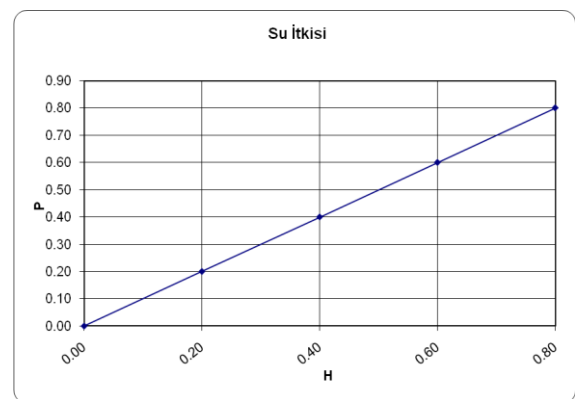
Grafik 5.47(a) Dinamik Toprak İtkisi



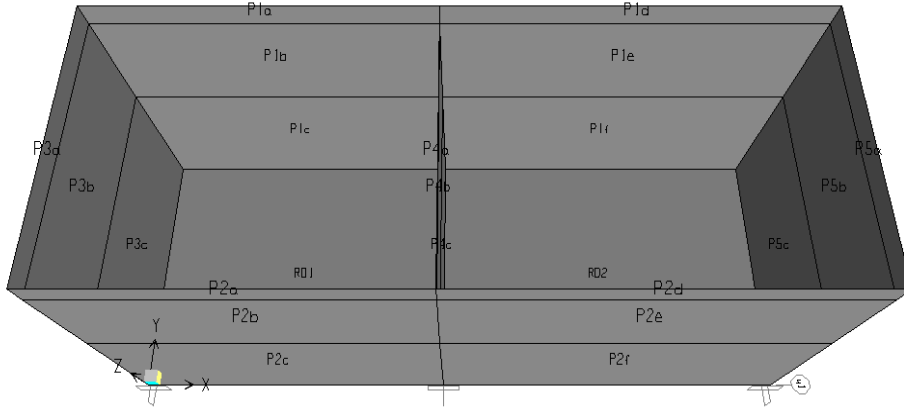
Grafik 5.47(b) Dinamik Toprak İtkisi



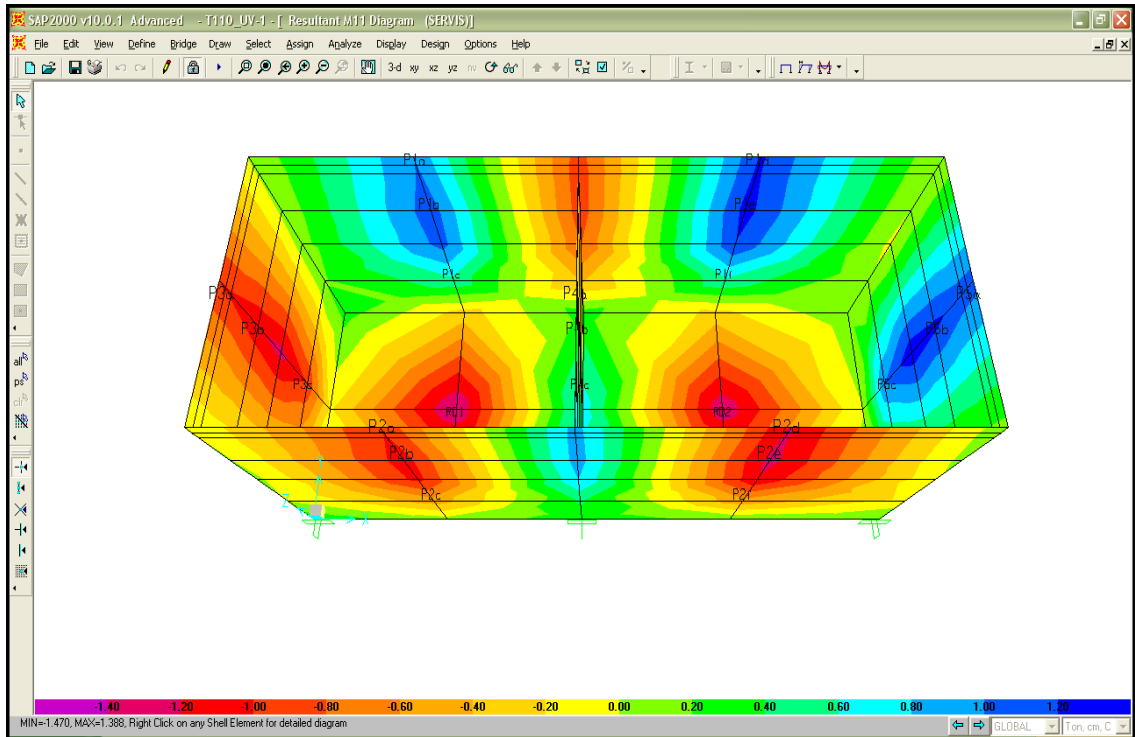
Grafik 5.48(a) Statik Sürsarj İtkisi



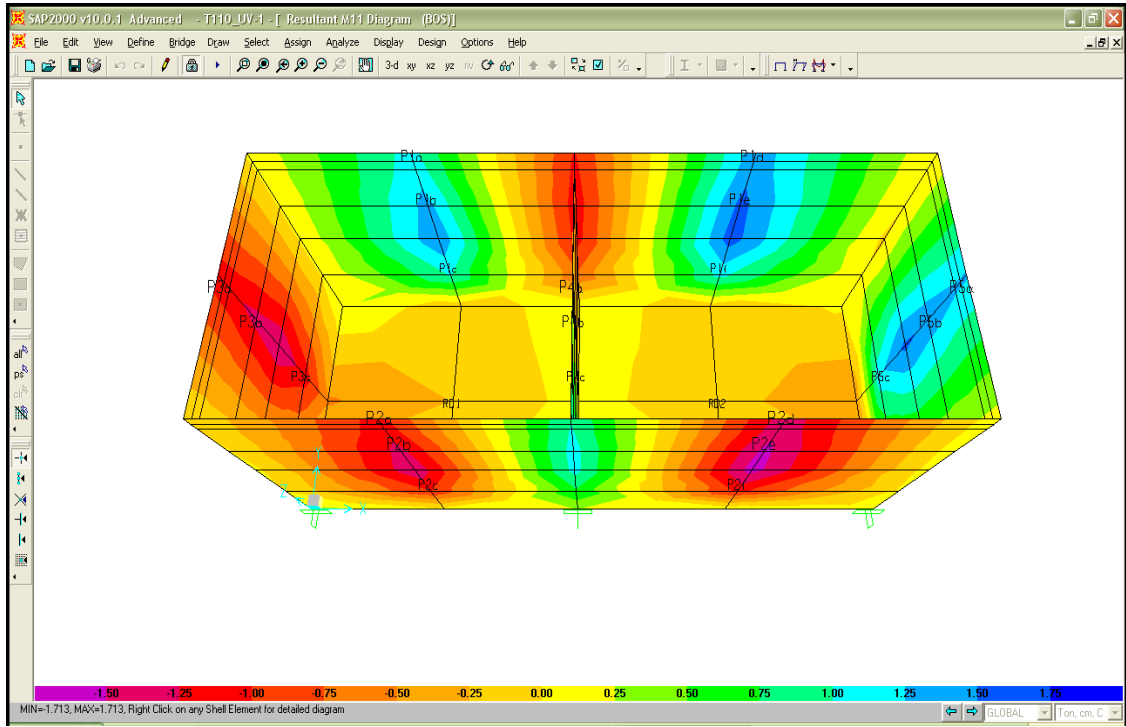
Grafik 5.48(b) Statik Sürsarj İtkisi



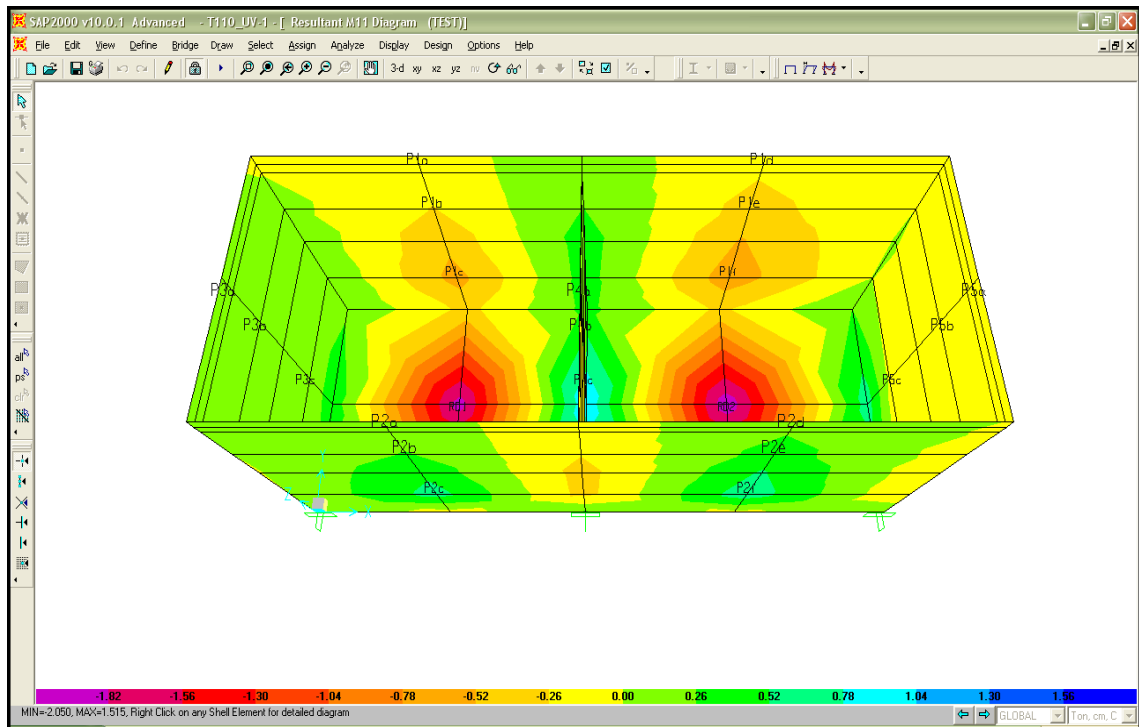
Şekil 5.63 Çıkış Yapısı Hesap Modeli



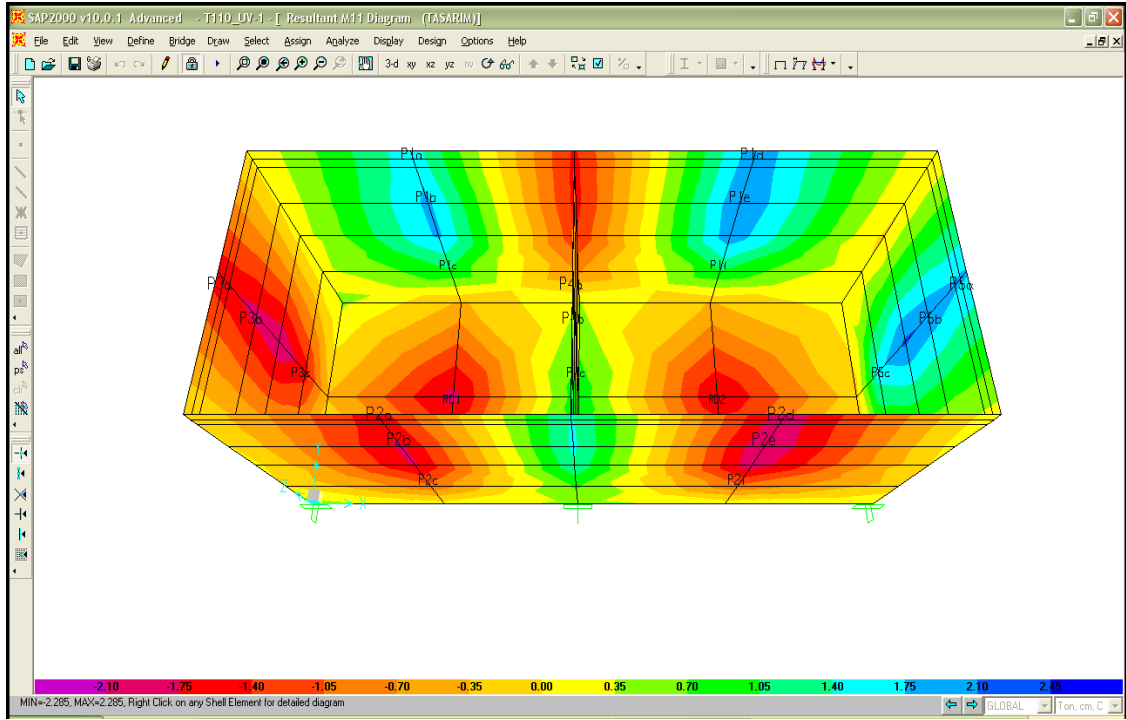
Şekil 5.64 SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



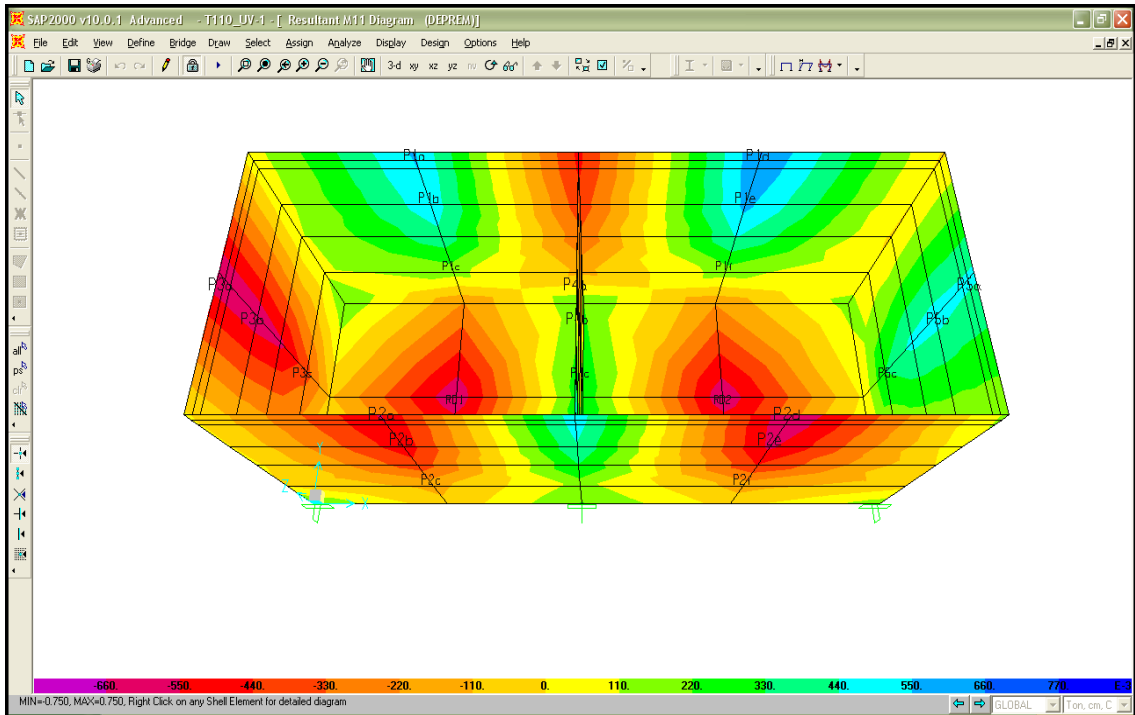
Şekil 5.65 BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.66 TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.67 TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.68 DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:**30'luk ve 20'lik perde donatıları;****Tablo 5.51 Çıkış Yapısı Perde Duvarları İçin Maksimum Moment**

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P1f	31.674	-0.625	-3.404	-0.281	-0.597	-3.432	4.126

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{11\max} = 3.4 \text{ tm (P1)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{340} = 183 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{340}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 3.8 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 30 = 3.8 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 20 = 2.5 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

Radye donatıları;**Tablo 5.52 Çıkış Yapısı Radye Temel İçin Maksimum Moment**

TABLE: Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD2	7.254	-1.878	-3.248	0.218	-1.844	-3.282	3.936

$$h / d = 30 / 25$$

$$M_{\max} = 3.2 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 25^2}{320} = 195 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{320}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 25} = 3.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 30 = 6.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 12/20

$$A_{smin} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 20 = 4.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 12/20

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.53 Çıkış Yapısı Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions						
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	-2.29E-16	-1.335E-14	243.0262	400.99316	-1047.01931
BOS	Combination	-1.117E-15	-2.107E-14	190.2179	313.85955	-818.62363
TEST	Combination	1.88E-15	7.494E-15	243.0262	400.99316	-1047.01931
TASARIM	Combination	-7.425E-16	-2.286E-14	340.2366	561.39043	-1465.82703
DEPREM	Combination	-7.9242	4.649E-15	190.2179	313.85955	-840.78393

Maksimum toplam yük, $W = 340,0$ ton

Radye alanı, $A = 31.70 \text{ m}^2$

$$\sigma = W / A = 340,0 / 31,7 = 10.6 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12.7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:

Tablo 5.54 Çıkış Yapısı Dış Perde – Mesnet Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 12 / 15$	7.54	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		3.8	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		3.80	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00754	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		806.38573	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.00889	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.15	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı $\phi 12/15$ olarak belirlenmiştir .

Çatlak miktarı $w=0.15$ mm < 0.20 mm ✓

Tablo 5.55 Çıkış Yapısı Radye Temel Çatlak Tahkiki

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 12 / 12$	9.42	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		6	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		6.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	bw	Birim genişlik		100	cm
07	h	Temel kalınlığı		30	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		25	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00942	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1018.59250	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.01092	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.19	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

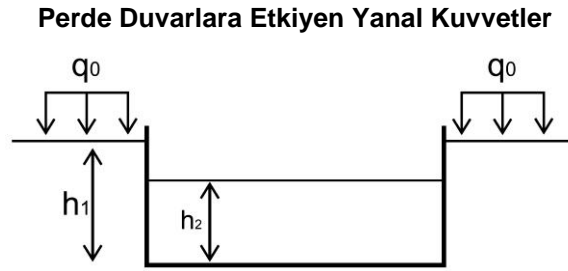
İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, radye temellerde kullanılacak donatı her iki yönde $\phi 12/12$ belirlenmiştir.

Çatlak miktarı $w=0.19$ mm < 0.20 mm ✓

5.11. T111 – Süzüntü Suyu Toplama Pompa İstasyonu



		(Geri dolgu zeminin tabii ortalama birim hacim
γ_n	= 1.72 t/m ³	: ağırlığı)
φ	= 17,00°	: (Geri dolgu zemin içsel sürtünme açısı)
K_s	= 2.160 t/m ³	: (Zemin yatak katsayısı)
σ_{emn}	= 12.7 t/m ²	: (Zemin emniyet gerilmesi)
K_{as}	= 0.5475	: (Statik aktif basınç katsayısı)
K_{ad}	= 0.2034	: (Dinamik aktif basınç katsayısı)
h	= 4.00 m	: Perde duvar yüksekliği
h_1	= 3.10 m	: Zeminin altındaki perdenin yüksekliği
h_2	= 0.00 m	: Havuz içindeki maksimum su yüksekliği

Statik durum için yanıl SÜRŞARJ basıncı;

$$P_{sür-s} = 0,27 \text{ t/m}^2$$

Deprem durumu için yanıl SÜRŞARJ basıncı;

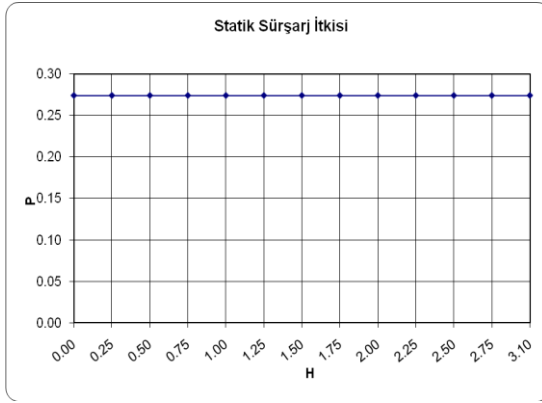
$$P_{sür-d} = 0,20 \text{ t / m}^2 \text{ (z = 0 için)}$$

Statik durum için yanıl TOPRAK basıncı;

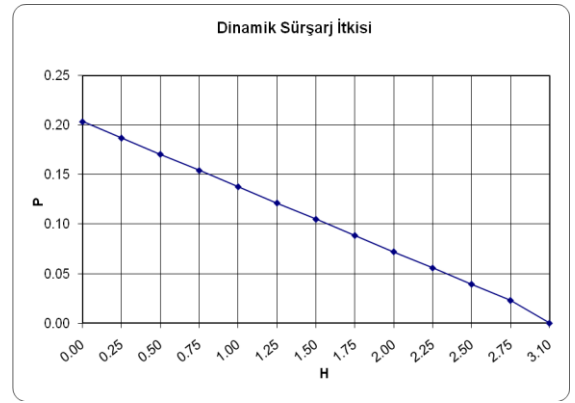
$$P_{top-s} = 2,92 \text{ t / m}^2$$

Deprem durumu için yanıl TOPRAK basıncı;

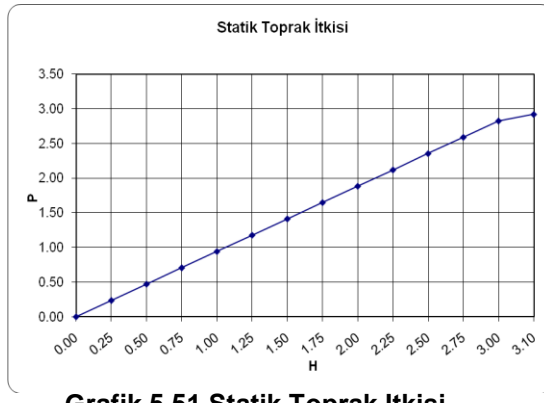
$$P_{top-d} = 0,81 \text{ t / m}^2 \text{ (z = h}_1 / 2 \text{ için)}$$



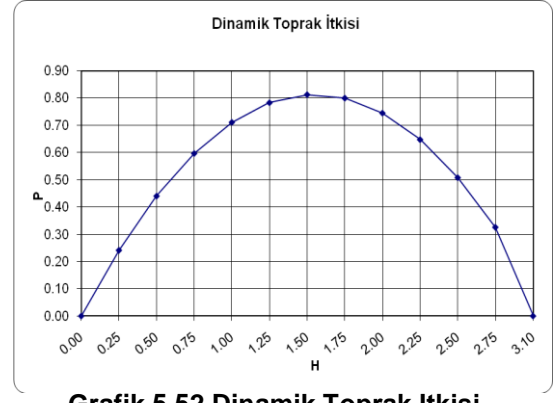
Grafik 5.49 Statik Süřsarj İtkisi



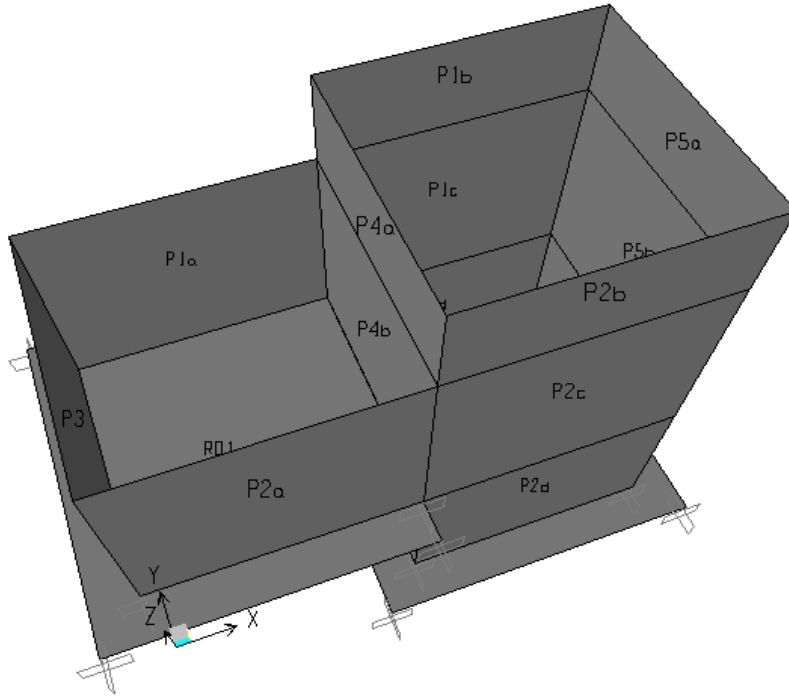
Grafik 5.50 Dinamik Süřsarj İtkisi



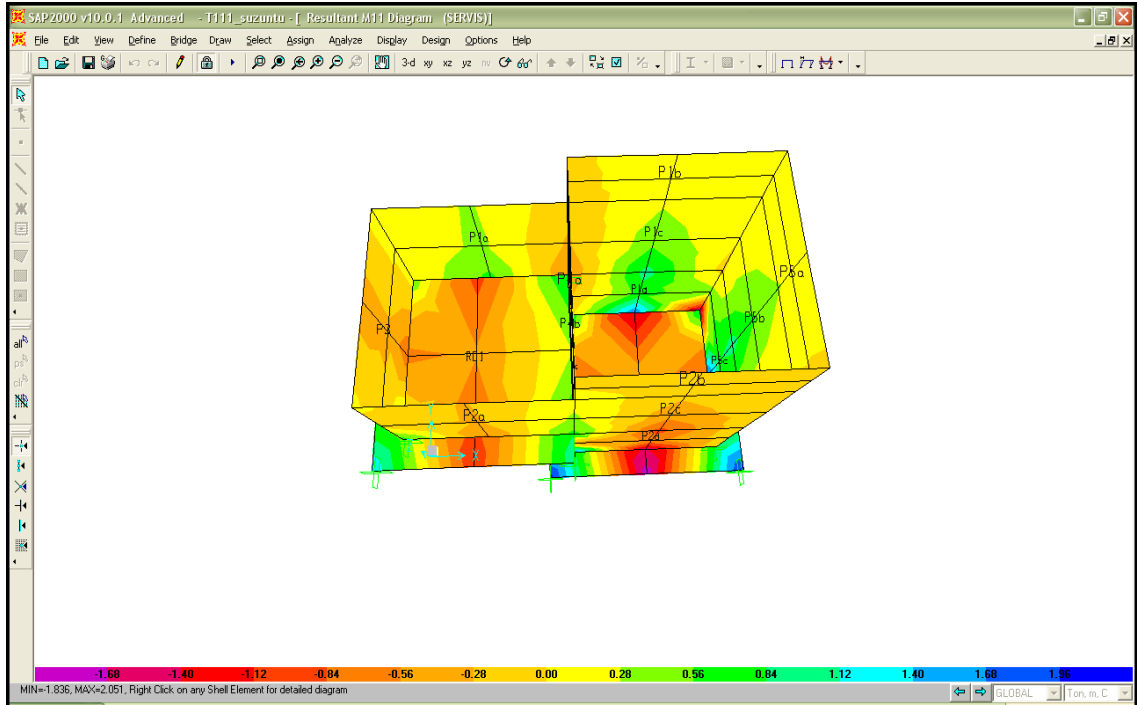
Grafik 5.51 Statik Toprak İtkisi



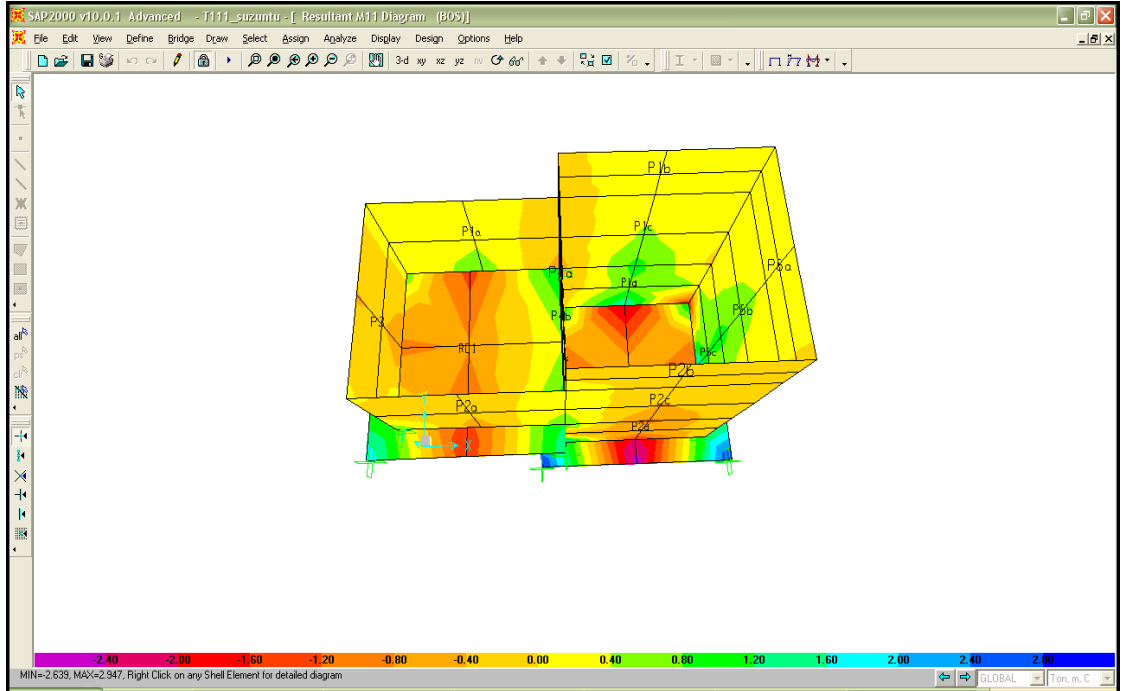
Grafik 5.52 Dinamik Toprak İtkisi



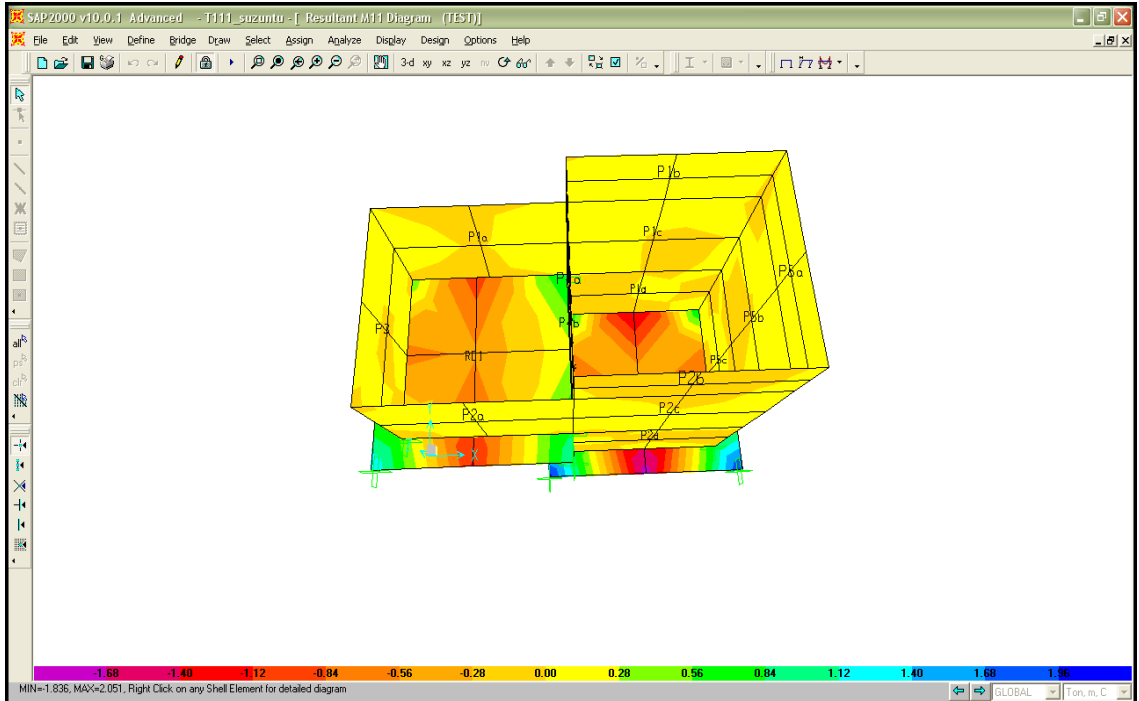
Şekil 5.69 Süzüntü Suyu Toplama Pompa İstasyonu Hesap Modeli



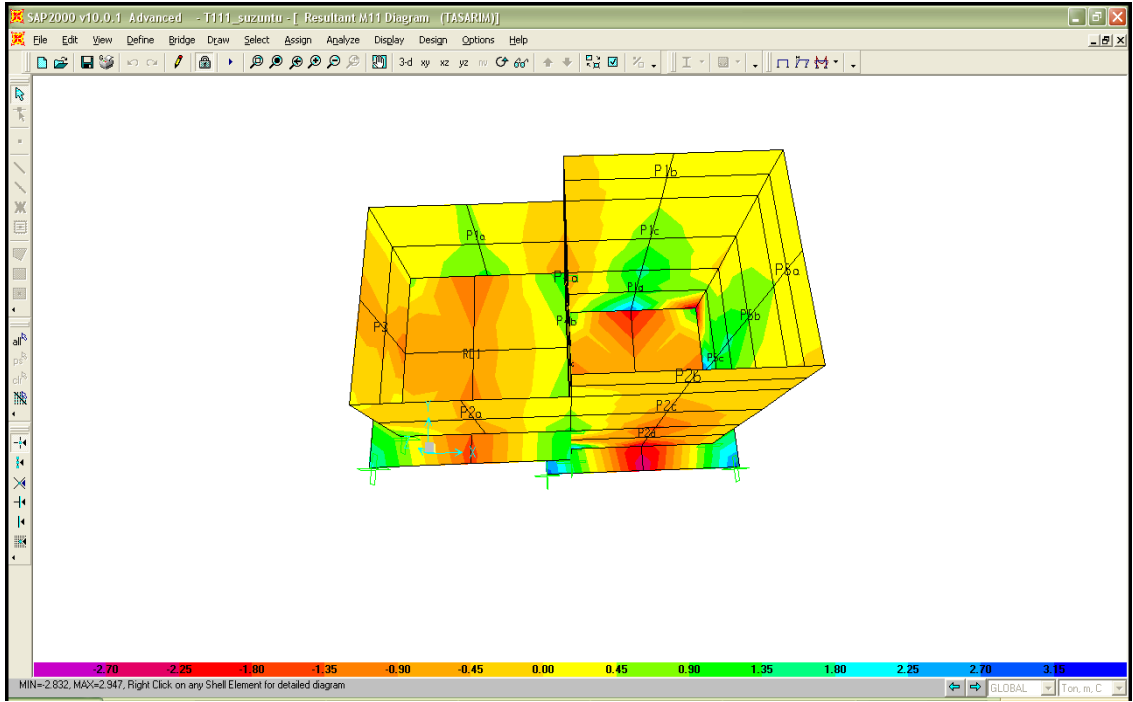
Şekil 5.70. SERVİS Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



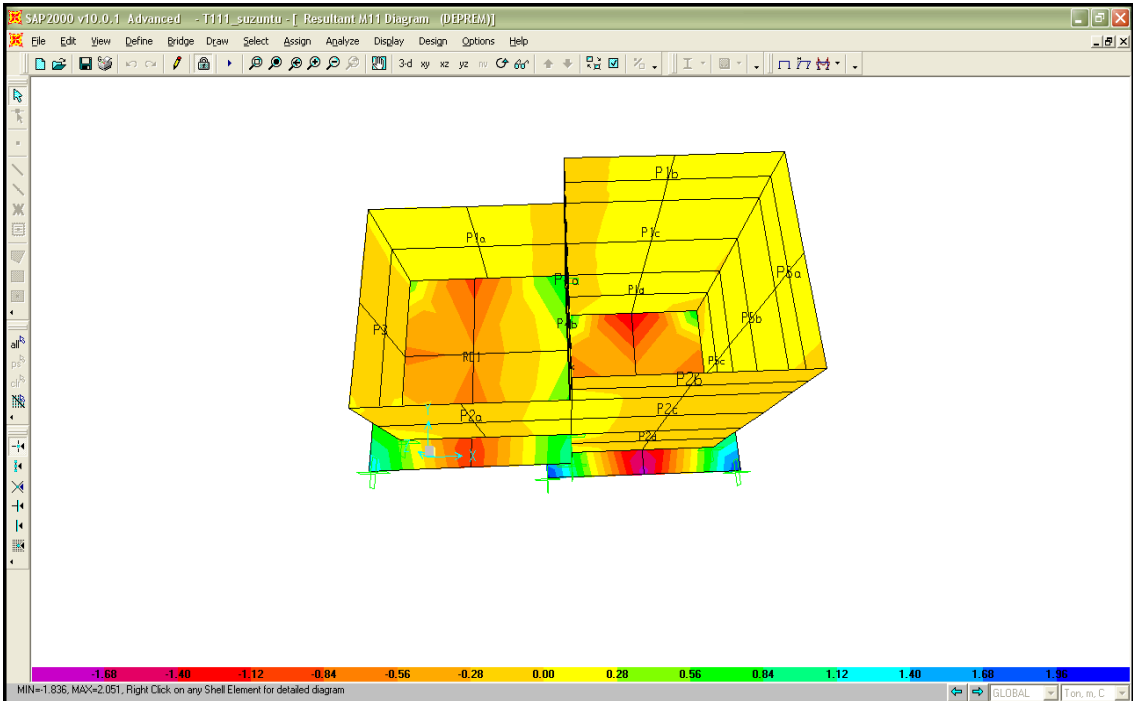
Şekil 5.71. BOŞ Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.72. TEST Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.73. TASARIM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu



Şekil 5.74. DEPREM Yükleme Durumu İçin Analiz Sonucu

Donatı Hesapları:**Perde donatıları;****Tablo 5.56 Süzüntü Suyu İstasyonu Perde Duvarları İçin Maksimum Moment**

TABLE : Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
P5c	11.451	2.759	0.358	-0.216	2.779	0.338	5.038

$$h / d = 25 / 20$$

$$M_{11\max} = 2.8 \text{ tm (P5)}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 20^2}{280} = 143 \quad j = 0.975 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{280}{0,975 \cdot 3,65 \cdot 20} = 3.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.00125 \cdot b_w \cdot h = 0.00125 \cdot 100 \cdot 25 = 3.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Düşey/iç/dış ϕ 12/20 Yatay/iç/dış ϕ 12/20

Radye donatısı;**Tablo 5.57 Süzüntü Suyu İstasyonu Radye Temel İçin Maksimum Moment**

TABLE : Element Forces - Area Shells							
Area	Fmax	M11	M22	M12	Mmax	Mmin	Vmax
Text	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m	Ton/m
RD2	0	2.947	2.947	0.174	3.120	2.772	5.518

$$h / d = 25 / 20$$

$$M_{\max} = 3.0 \text{ tm}$$

$$K = \frac{b_w \cdot d^2}{M_d} = \frac{100 \cdot 20^2}{300} = 133 \quad j = 0.973 \quad A_s = \frac{M_d}{j \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{300}{0,973 \cdot 3,65 \cdot 20} = 4.2 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\min} = 0.002 \cdot b_w \cdot h = 0.002 \cdot 100 \cdot 25 = 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Seçilen Donatı: Her iki yönde alt, üst ϕ 14/20

Zemin gerilmesi kontrolü:

Tablo 5.58 Süzüntü Suyu İstasyonu Maksimum Ağırlığı

TABLE: Base Reactions							
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	GlobalMX	GlobalMY	GlobalMZ
Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
SERVIS	Combination	2.165E-14	1.434E-14	91.5101	102.94886	-233.48199	3.266E-14
BOS	Combination	2.511E-14	1.69E-14	129.2954	145.45731	-329.51783	4.125E-14
TEST	Combination	8.649E-15	6.375E-15	91.5101	102.94886	-233.48199	2.14E-14
TASARIM	Combination	3.291E-14	2.168E-14	129.2954	145.45731	-329.51783	4.8E-14
DEPREM	Combination	-3.3201	9.88E-15	91.5101	102.94886	-242.16439	3.73509

Maksimum toplam yük, $W = 129,3$ ton

Radye alanı, $A = 15,75$ m²

$$\sigma = W / A = 129,3 / 15,75 = 8,21 \text{ t/m}^2 < \sigma_{em} = 12,7 \text{ t/m}^2 \checkmark$$

Çatlak Tahkiki:**Tablo 5.59 Süzüntü Suyu İstasyonu Dış Perde - Mesnet Çatlak Tahkiki**

01	A_{skul}	Kullanılan donatı	$\Phi 12 / 20$	5.65	cm ²
02	A_{sger}	Gerekli donatı		5	cm ²
03		Taşıma gücü katsayısız gerekli donatı		5.00	cm ²
04	Φ	Kullanılan demir çapı		1.2	cm
05	c	Pas payı		5	cm
06	b_w	Birim genişlik		100	cm
07	h	Perde kalınlığı		25	cm
08	d	Donatının diğer kenara uzaklığı		20	cm
09	CK	Kullanılan beton sınıfı		C25	
10	Fck	Beton karakteristik basınç dayanımı		250	kg/cm ²
11	Es	Çelik elastisite modülü		2,000,000	kg/cm ²
12	Pr	$P_r = \frac{A_{skul}}{\{b_w * 2 * (h - d)\}}$		0.00565	
13	σ_s	$\sigma_s = \left(\frac{A_{sger}}{A_{skul}} \right) * 1600$		1414.71180	kg/cm ²
14	σ_{sr}	$\sigma_{sr} = 30 * \sqrt{Fck}$		474.34165	kg/cm ²
15	Wm	$W_m = \left\{ 2 * c + 0.12 * \left(\frac{\phi}{P_r} \right) \right\} * \left(\frac{\sigma_s}{E_s} \right) * \left\{ 1 - 0.7 * \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right\}$			
	Wm	Çatlak tahkiki		0.02311	cm
16	Wk	Çatlak miktarı $W_k = W_m * 1.7$		0.39	mm

Bir tarafı su ile temas eden perde yüzeyi için çatlak miktarı $W_k < 0.1 - 0.2$ mm olmalıdır.

İki tarafı da su ile temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.25$ mm olmalıdır.

Sadece toprak yüzeyine temas eden perde için çatlak miktarı $W_k < 0.4$ mm olmalıdır.

Çatlak tahkikine göre, perdelerde kullanılacak düşey ve yatay donatı yeterlidir .

Çatlak miktarı $w=0.39$ mm < 0.40 mm ✓

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir yörenin nüfus esaslarına göre atıksu debisi hesaplanıp atıksu arıtma tesisi tasarlanmıştır. Atıksu debi miktarı ve cazibesine göre arıtma tesisinin yapı kısmını oluşturan arıtma havuzları tasarlanıp statik ve dinamik yükler altında bilgisayar programı yardımıyla analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda maksimum moment ve kesme kuvvetlerine göre donatı hesapları deprem yönetmeliğine uygun bir şekilde yapılmıştır. Havuz analizleri sonlu elemanlar metodu esas alınarak yapılmıştır.

Analizlerde toprak, su, sürsarj, deprem, zati ağırlık gibi statik ve dinamik yüklerden oluşan beş ayrı kombinasyon tanımlanıp farklı havuzlar üzerinde meydana getirdikleri etkiler karşılaştırılmıştır. Her bir havuz için ayrı ayrı en kritik etkiyi oluşturan kombinasyondan maksimum moment alınıp havuz perde, radye döşemesi, kiriş ve kolon donatı ve etriyeleri hesaplanmıştır. Analizler sonucunda en kritik etkiyi oluşturan kombinasyon toprak, su ile birlikte etiketlenen deprem yükünde olduğu kombinasyon 5 olmuştur ve hesaplar bu kombinasyona göre yapılmıştır. Bir diğer dikkat edilmesi gereken nokta ise havuz yükünün belirlenip zemin gerilmesinin hesaplanması. Kombinasyon 5 sonucunda havuzun maksimum ağırlığı global Fz yönünde olup havuzun radye alanına bölünmesi ile zemin emniyet gerilmesi kontrolü yapılabilmektedir.

Deprem sırasında zeminden yapıya iletilen enerjinin büyük kısmı, elastik sınırın ötesindeki büyük genlikli titreşimlerle yapının önemli bir kayba uğratmadan yutulması süneklik sayesinde olur. Süneklik sayesinde, yüklemenin aşırı artmasından dolayı akmaya ulaşan kesitlerde plastik şekil değiştirmelerle enerji alınırken, iç kuvvetlerin daha az zorlanan kesitlere dağılması sağlanır. Özellikle arıtma tesisi havuzlarının kimi zaman zemine gömülü olması perde duvarlara zeminden gelen basınç içindeki sudan dolayı yüzeylere gelen basınç ve deprem etkisi göz önüne alınarak sünek bir yapıda tasarlanmalıdır. Havuzlarda süneklik; perde duvar ve radye döşemeleri için enine ve boyuna donatı kolon ve kirişler için enine ve boyuna donatı etriye sıklaştırma deprem yönetmeliği esaslarına göre yapılmıştır.

Çok büyük hacimli havuzlarda perde duvarların geniş ve uzun olduğu durumlarda belli aralıklarla kolon kullanılmalıdır. Havuzlarda su ile temas eden yüzeylerde oluşabilecek çatlaklar dikkate alınarak çatlak tahkiki için donatı hesaplamaları yapılmalıdır.

Betonarme havuz yapılarının taşıyıcı sistemlerinin statik ve dinamik yükler özellikle deprem bölgesi göz önüne alınarak yapılandırılması gerekir. Atıksu arıtma tesisleri kurulmadan önce kurulacak yerin su kaynaklarından ve yerleşim yerlerinden uzak olmasına dikkat edilmelidir. Tesis yapılarının kurulacağı alanın zemin ıslah çalışmaları yapılmalı ve yeraltı su kaynaklarına göre gerekli önlemler alınmalıdır.

Sonlu elemanlar yönteminin düzensiz ve karmaşık geometriye sahip sistemlerin incelenmesine olanak sağlaması sınır koşulları ve yüklemenin üniform olmaması malzemenin heterojen olan (beton) yapısının bu yöntemle kolayca modellenmesini sağlamıştır. Bu yöntemle kullanılan eleman sayısının çoğaltılması ile daha hassas sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.

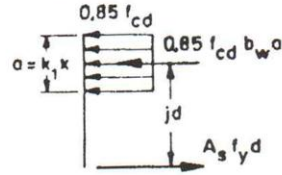
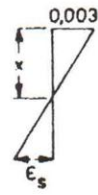
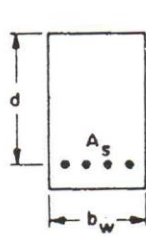
KAYNAKLAR

01. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikler; Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü
02. Arceivala. S. J. , 1998, Çevre Kirliliği Kontrolünde Atıksu Arıtımı, Tata McGraw – Hill Publishing company limited,193-311
03. Argun. O., (2006) Türkiye’de optimum maliyete dayalı atıksu arıtma tesisi tasarımı (ve diğerleri) İtüdergisi / d mühendislik Cilt:5, Sayı:2, Kısım:1, 13-24 Nisan 2006
04. Celep, Z. ve Kumbasar N. (2001). Betonarme Yapılar. İstanbul: İTÜ, İhlas Matbaacılık.
05. Celep, Z. ve Kumbasar N. (2001). Yapı Dinamiği (üçüncü baskı). İstanbul: İTÜ, Rehber Matbaacılık.
06. ÇİNİCİOĞLU, F. ,(2005)Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı
07. Dölgen, D., (2004). Ülkemizdeki kentsel atıksu arıtma tesisleri ve maliyetleri üzerine bir araştırma. Kentsel Atıksuların Arıtılması Sorunları ve Çözüm Önerileri Sempozyumu Kitabı 117-127. İzmit Büyükşehir Belediyesi, Çevre Mühendisleri Odası İzmit Şb. 2004 İzmit.
08. ERSOY, U . , (TARİH)Betonarme – Temel İlkeler ve Taşıma Gücü Hesabı
09. Horan,N.J.,1990. Biological Wastewater Treatment Systems, John Wiley & Sons Ltd., New York
10. Kumbasar, V. ve Kip, F. (1999). Zemin Mekaniği Problemleri (altıncı baskı). İstanbul: Çağlayan Kitapevi
11. Muslu,Y.(1974)'Kullanılmış Suların Tasfiyesi Cilt I Izgaralar, Kum Tutucular, Çöktürme Havuzları',İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Bilimleri ve Teknolojisi Kürsüsü.

12. Muslu. Y. , 1996, Atıksuların Arıtılması, 1. Baskı, İstanbul İTÜ.
13. Muslu. Y. , 1998, Çevre Mühendisliğinin Esasları, 1. Baskı, İstanbul İTÜ.
14. Qasım.S.R.(1999) 'Wastewater Engineering : Treatment and Reuse 'Mc Graw Hill' Newyork
15. Su Tutucu Betonarme Yapıların Yapımına Ait Genel Teknik Şartname;DSİ
16. Syed. R. Qasım, 1985, Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation, CBS Publishing Japan Ltd.
17. TMMOB ÇMO, (2004) 'Atıksu Arıtma Tesislerinin Tasarım ve Proje Kontrol Esasları, İzmir
18. TS 498 – Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri;
Türk Standartları Enstitüsü
19. TS 500 – Betonarme Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları; Türk Standartları Enstitüsü
20. Ansal, A., (1999). Depremlerde Yerel Zemin Davranışları. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 6. Dönem Çalışma Raporu Sayı:24, 86-90, Antalya.
21. Bayülke, N., (1999). Betonarme Yapılar Depremde Nasıl Davranacak Ya da Depreme Ne Kadar Dayanıklılı. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 6. Dönem Çalışma Raporu Sayı:24, 92-106, Antalya.

ÇİZELGE B9

BASİT DONATILI DİKDÖRTGEN KESİTLER



$$\rho = \frac{A_s}{b_w d}$$

$$b_w d^2 = K M_d$$

$$A_s = \frac{M_d}{f_{yd}(j)d}$$

BÇ - III (S 420) ($f_{yd} = 3.65 \text{ t/cm}^2$)

BS 25 ($f_{cd} = 170 \text{ kg/cm}^2$)			BS 30 ($f_{cd} = 200 \text{ kg/cm}^2$)			BS 35 ($f_{cd} = 230 \text{ kg/cm}^2$)		
K (cm^2/t)	j	ρ	K (cm^2/t)	j	ρ	K (cm^2/t)	j	ρ
140.5	0.975	0.0020	140.0	0.979	0.0020	139.6	0.981	0.0020
113.2	0.968	0.0025	112.6	0.973	0.0025	112.2	0.977	0.0025
94.4	0.962	0.0030	94.4	0.968	0.0030	94.0	0.972	0.0030
81.9	0.956	0.0035	81.3	0.962	0.0035	80.9	0.967	0.0035
72.1	0.950	0.0040	71.6	0.957	0.0040	71.2	0.963	0.0040
64.6	0.943	0.0045	64.0	0.952	0.0045	63.6	0.958	0.0045
58.5	0.937	0.0050	57.9	0.946	0.0050	57.5	0.953	0.0050
53.5	0.931	0.0055	52.9	0.941	0.0055	52.5	0.949	0.0055
49.4	0.924	0.0060	48.8	0.936	0.0060	48.4	0.944	0.0060
45.9	0.918	0.0065	45.3	0.930	0.0065	44.9	0.939	0.0065
42.9	0.912	0.0070	42.3	0.925	0.0070	41.9	0.935	0.0070
40.4	0.905	0.0075	39.7	0.920	0.0075	39.3	0.930	0.0075
38.1	0.899	0.0080	37.5	0.914	0.0080	37.0	0.925	0.0080
36.1	0.893	0.0085	35.5	0.909	0.0085	35.0	0.921	0.0085
34.4	0.886	0.0090	33.7	0.903	0.0090	33.2	0.916	0.0090
32.8	0.880	0.0095	32.1	0.898	0.0095	31.7	0.911	0.0095
31.4	0.874	0.0100	30.7	0.893	0.0100	30.2	0.907	0.0100
30.1	0.868	0.0105	29.4	0.887	0.0105	28.9	0.902	0.0105
28.9	0.861	0.0110	28.3	0.882	0.0110	27.8	0.897	0.0110
27.9	0.855	0.0115	27.2	0.877	0.0115	26.7	0.893	0.0115
26.9	0.849	0.0120	26.2	0.871	0.0120	25.7	0.888	0.0120
26.0	0.842	0.0125	25.3	0.866	0.0125	24.8	0.883	0.0125
25.2	0.836	0.0130	24.5	0.861	0.0130	24.0	0.879	0.0130
24.5	0.830	0.0135	23.7	0.855	0.0135	23.2	0.874	0.0135
23.8	0.823	0.0140	23.0	0.850	0.0140	22.5	0.869	0.0140
23.1	0.817	0.0145	22.4	0.845	0.0145	21.9	0.865	0.0145
22.5	0.811	0.0150	21.8	0.839	0.0150	21.2	0.860	0.0150
22.0	0.805	0.0155	21.2	0.834	0.0155	20.7	0.855	0.0155
21.5	0.798	0.0160	20.7	0.828	0.0160	20.1	0.851	0.0160
21.0	0.792	0.0165	20.2	0.823	0.0165	19.6	0.846	0.0165
20.5	0.786	0.0170	19.7	0.818	0.0170	19.2	0.841	0.0170
20.1	0.779	0.0175	19.3	0.812	0.0175	18.7	0.837	0.0175
			18.9	0.807	0.0180	18.3	0.832	0.0180
			18.5	0.802	0.0185	17.9	0.828	0.0185
			18.1	0.796	0.0190	17.5	0.823	0.0190
			17.8	0.791	0.0195	17.2	0.819	0.0195
			17.5	0.786	0.0200	16.9	0.814	0.0200
						16.5	0.809	0.0205
						16.2	0.804	0.0210
						16.0	0.800	0.0215
						15.7	0.795	0.0220

EK -1: Donatı Hesaplarında Kullanılan J (moment kolu katsayısı) Çizelgesi