

YAPAN	TARİH	AÇIKLAMA	REV.



DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

İÇMESUYU DAİRESİ BAŞKANLIĞI

İNCELENDİ

TASDİK OLUNUR

DSİ 9.BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ / ELAZIĞ

İNCELENDİ

TASVİP OLUNUR

ELAZIĞ İÇMESUYU İSALE HATTI PROJE REVİZYONU

U

PROJE HESAP RAPORU

YÜKLENİCİ :



KARAPINAR PROJE MÜH. MÜŞ. İNŞ. ÇEV. DAN.
SAN. TİC. LTD. ŞTİ.

25 MART MAHALLESİ
S.S.K. BLOKLARI - 51 / 6 - YENİMAHALLE / ANKARA
TEL - FAX : 0312 - 397 11 44
www.karapinar.com.tr

YAPAN	Mehmet Selçuk KARAPINAR (İNŞ. MÜH.) 81374		
ÇİZEN			
KONTROL	KÜRŞAD KARAPINAR (İNŞ. YÜK. MÜH.) İNŞ. : 81038 - ÇEV. : 07244 (ÇEV. MÜH.)		
TARİH	2015	ÖLÇEK :	RESİM NO :
ARŞİV NO		-	ELZ İSU PHR RP U 01 REV. 1

İÇİNDEKİLER

1. GENEL	1
1.1. YETKİ.....	1
1.2. İŞİN YERİ.....	1
1.3. İŞİN AMACI.....	1
2. SU İHTİYACI	4
3. İLETİM HATLARI HİDROLİK HESAPLARI	5
4. ÇELİK BORU ET KALINLIĞI HESABI	7
4.1. ET KALINLIĞI HESABINDA KULLANILAN FORMÜLLER	7
4.1.1. İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı	7
4.1.2. Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı.....	7
4.2. D=1626 MM 300 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	11
4.3. D=1626 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	13
4.4. D=1524 MM 300 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	15
4.5. D=1524 MM 250 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	17
4.6. D=1524 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	19
4.7. D=1422 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	21
4.8. D=1219 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	23
4.9. D=1118 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	25
4.10. D=1016 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	27
4.11. D=914 MM 200 M BASINÇTAKİ BORU ET KALINLIĞI HESABI.....	29
5. TERFİLİ HATLARDA DARBE HESAPLARI	31
5.1. TM2 – İAT ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI.....	32
5.2. TM1 – ANA DEPO ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI.....	36
5.3. TM3 – BEYYURDU DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI	38
5.4. MTM – HARPUT DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI.....	40
5.5. TM4 – KİREÇOCAĞI.1 DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI.....	42
5.6. TM5 – ABDULLAHPAŞA.2 DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI	44
5.7. TM6 – HİLALKENT DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI.....	46

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1 - Elazığ Net ve Brüt Su İhtiyacı Projeksiyonu (2008-2040 Yılı).....	4
Tablo 2 - Tablo 2: Proje Alanı Elazığ Merkez ve Beldelerin Su İhtiyacı	4
Tablo 3 - TS EN 10217-1 Standardına Göre Çelik Akma Gerilmeleri	7
Tablo 4- Taşıt Tekerlek Yükü Değerleri	9

SEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1- Hendek Kesiti	8
Şekil 2 - Dolgu Yüksekliğine Bağlı Cd Katsayıları	9

1. GENEL

1.1. Yetki

Devlet Su İşleri 19. Bölge Müdürlüğünce 26.12.2014 tarihinde ihalesi yapılan “**Elazığ İçmesuyu İsale Hattı Proje Revizyonu**” firmamızda kalmış olup, 05/02/2015 tarihinde sözleşme imzalanmış, 14/02/2015 tarihinde de yer teslimi yapılarak işe başlanmıştır.

1.2. İşin Yeri

İş yeri, DSİ 9. (Elazığ) Bölge Müdürlüğü sınırları içinde yer almaktadır. “**Elazığ İçmesuyu İsale Hattı Proje Revizyonu**” işinde çalışılacak alanlar; Elazığ İli, Akçakiraz, Yazıkkonak, Yurtbaşı, Mollakendi Belediyeleri ile Şahinkaya ve Sarıbuçuk Köylerine ana isale hattından mevcut veya yeni yapılacak depolara bağlantı hattı güzergahlarını, yeni yapılacak depoları kapsamaktadır.

1.3. İşin Amacı

Projenin amacı, Elazığ İli, Akçakiraz, Yazıkkonak, Yurtbaşı, Mollakendi Belediyeleri ile Şahinkaya ve Sarıbuçuk köylerinin İçmesuyu ihtiyaçlarının Hamzabey Barajı’ndan temin edilmesi için gerekli içmesuyu tesislerinin uygulama projelerinin yapılmasıdır.

Elazığ kentinin içme suyu ihtiyacı halihazırda açılmış bulunan derin kuyulardan ve Karaçalı 1 ve 2 kaynaklarından karşılanmaktadır. Mevcut kuyular kentin 4 ayrı mevkiinde (Kesikköprü, Sürsür, Kesnik, Uluova) bulunmaktadır ve özellikle kurak mevsimlerde ihtiyacı karşılamadığı tespit edilmiştir.

Ayrıca, mevcut içmesuyu sistemleri çoğunlukla kuyulardan terfili, kısmen cazibe ile kaynaklardan beslendiğinden önemli enerji tüketimleri ve maliyetlere neden olmaktadır.

Sonuç olarak bu Proje’nin amacı; Elazığ ve civar yerleşim yerlerinin uzun vadede, en ekonomik yoldan içmesuyu ihtiyacının Hamzabey Barajı’ndan temin edilmesi ve bu amaçla gerekli olan içmesuyu tesislerinin uygulama projelerinin ilgili şartnamelere uygun olarak hazırlanmasıdır.

İşin kontrolü ve tasvibi DSİ 9. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılacak olup, tasdik yeri DSİ Genel Müdürlüğü İçmesuyu Dairesi Başkanlığı’dır.

1.4. Yapılan Çalışmalar

Elazığ İçmesuyu İsale Hattı Proje Revizyonu işinde boru tipleri ve çapları revize edilmiştir. Hamsu hattında ise karayollarındaki çakışmadan dolayı güzergah değiştirilmiştir.

Revizyon yapılan hatlar ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda mevcuttur.

ESKİ PROJE				
HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK (m)	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	SEÇİLEN BORU
BARAJ - ARITMA TESİSİ ARASI				
BARAJ	ARITMA TESİSİ	81,562	CAZİBELİ	ø1565 DB (C20-C25-C30) (e=11.1-e=13.9-e=16.6)
ARITMA - MOLLAKENDİ DEPO ARASI				
ARITMA	BR6	3,463	CAZİBELİ	ø532 DB C30 e=5.60
BR6	BR7	3,049	CAZİBELİ	ø532 DB C30 e=5.60
BR7	BR8	1,611	CAZİBELİ	ø450 PE PN10 e=26.7mm
BR8	S328	7,501	CAZİBELİ	ø225 PE PN10 (e=13.4-16.6-20.5-25.2)
S328	MOLLAKENDİ DEPO	3,422	CAZİBELİ	ø225 PE PN12.5 (e=16.6-20.5)
BR6 - AKÇAKIRAZ DEPO ARASI				
BR6	AKÇAKIRAZ DEPO	4,227	CAZİBELİ	ø355 PE PN10 e=21.1mm
BR7 - YAZIKONAK DEPO ARASI				
BR7	YAZIKONAK DEPO	115	CAZİBELİ	ø355 PE PN10 e=21.1mm
BR8 - YURTBAŞI DEPO ARASI				
BR8	YURTBAŞI DEPO	358	CAZİBELİ	ø355 PE PN10 e=21.1mm

YENİ PROJE				
HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK (m)	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	SEÇİLEN BORU
BARAJ - ARITMA TESİSİ ARASI				
BARAJ	ARITMA TESİSİ	81,368	CAZİBELİ	ø1524 ÇB PN20 e=12.0
ARITMA - MOLLAKENDİ DEPO ARASI				
ARITMA	BR6	3,463	CAZİBELİ	ø532 SDDB C30 e=5.6
BR6	BR7	3,049	CAZİBELİ	ø429 SDDB C30 e=4.8
BR7	BR8	1,611	CAZİBELİ	ø326 SDDB C40 e=4.6
BR8	S328	7,501	CAZİBELİ	ø222 SDDB C40 e=3.1
S328	MOLLAKENDİ DEPO	3,422	CAZİBELİ	ø170 SDDB C40 e=3.0
BR6 - AKÇAKIRAZ DEPO ARASI				
BR6	AKÇAKIRAZ DEPO	4,227	CAZİBELİ	ø378 SDDB C30 e=4.7
BR7 - YAZIKONAK DEPO ARASI				
BR7	YAZIKONAK DEPO	115	CAZİBELİ	ø274 SDDB C40 e=3.9
BR8 - YURTBAŞI DEPO ARASI				
BR8	YURTBAŞI DEPO	358	CAZİBELİ	ø274 SDDB C40 e=3.9

REVİZYONLAR
BORU CİNSİ ve GÜZERGAH DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU ÇAP ve CİNSLERİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU ÇAP ve CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU ÇAP ve CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR

ESKİ PROJE				
HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	SEÇİLEN BORU
ANA DEPO - BASKİL DEPO ARASI				
ANA DEPO	BR1	5,493	CAZİBELİ	ø1462 DB C20 e=10.4
BR1	BR3	3,288	CAZİBELİ	ø1255 DB C20 e=8.9
BR3	BR4	4,480	CAZİBELİ	ø1152 DB C20 e=8.2
BR4	BR5	2,600	CAZİBELİ	ø1152 DB C20 e=8.2
BR5	BASKİL DEPO	3,527	CAZİBELİ	ø738 DB C25 e=6.8
BR1 - P3DEPOSU ARASI				
BR1	P3 DEPOSU	475	CAZİBELİ	ø532 DB C30 e=5.60
BR2 - ARAŞTIRMA DEPOSU ARASI				
BR2	ARAŞTIRMA DEPOSU	230	CAZİBELİ	ø560 PE PN10 e=33.2mm
BR3 - ZARFAN DEPOSU ARASI				
BR3	ZARFAN DEPOSU	217	CAZİBELİ	ø532 DB C30 e=5.60
BR4 - YEŞİLKENT DEPOSU ARASI				
BR4	YEŞİLKENT DEPOSU	482	CAZİBELİ	ø635 DB C30 e=6.70
BR5 - ABDULLAHPAŞA1 DEPOSU ARASI				
BR5	ABDULLAHPAŞA1 D.	282	CAZİBELİ	ø842 DB C25 e=7.50

REVİZE PROJE				
HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	SEÇİLEN BORU
ANA DEPO - BASKİL DEPO ARASI				
ANA DEPO	BR1	5,493	CAZİBELİ	ø1422 ÇB PN20 e=12.0
BR1	BR3	3,288	CAZİBELİ	ø1219 ÇB PN20 e=10.0
BR3	BR4	4,480	CAZİBELİ	ø1118 ÇB PN20 e=8.8
BR4	BR5	2,600	CAZİBELİ	ø1016 ÇB PN20 e=8.0
BR5	BASKİL DEPO	3,527	CAZİBELİ	ø738 SDDB C25 e=6.8
BR1 - P3DEPOSU ARASI				
BR1	P3 DEPOSU	475	CAZİBELİ	ø532 SDDB C30 e=5.6
BR2 - ARAŞTIRMA DEPOSU ARASI				
BR2	ARAŞTIRMA DEPOSU	230	CAZİBELİ	ø532 SDDB C30 e=5.6
BR3 - ZARFAN DEPOSU ARASI				
BR3	ZARFAN DEPOSU	217	CAZİBELİ	ø429 SDDB C30 e=4.8
BR4 - YEŞİLKENT DEPOSU ARASI				
BR4	YEŞİLKENT DEPOSU	482	CAZİBELİ	ø635 SDDB C30 e=6.7
BR5 - ABDULLAHPAŞA1 DEPOSU ARASI				
BR5	ABDULLAHPAŞA1 D.	282	CAZİBELİ	ø635 SDDB C30 e=6.7

REVİZYONLAR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
REVİZYON YAPILMAMIŞTIR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU ÇAPI DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
REVİZYON YAPILMAMIŞTIR
BORU ÇAPI DEĞİŞTİRİLMİŞTİR

ESKİ PROJE				
HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	SEÇİLEN BORU
TOKİ DEPOSU - ŞAHİNKAYA DEPOSU ARASI				
TOKİ D.	ŞAHİNKAYA DEPO	2,303	CAZİBELİ	ø110 PE (PN10-12.5-16) (e=6.6-8.1-10.0)
HİLALKENT DEPOSU - SARIÇUBUK DEPOSU ARASI				
HİLALKENT DEPO	SARIÇUBUK DEPO	416	CAZİBELİ	ø110 PE PN10 e=6.6
TM2 - İAT ARASI				
TM2	İAT	3,810	TERFİLİ	ø945 DB C25 e=8.40
TM1 - ANA DEPO ARASI				
TM1	ANA DEPO	1,836	TERFİLİ	ø1668 DB C30 e=17.70
TM3 - BEYYURDU ARASI				
TM3	BEYYURDU	466	TERFİLİ	ø90 PE PN10 e=5.4
MTM - HARPUR DEPOSU ARASI				
MTM	S8	295	TERFİLİ	ø98 DB (C50-40) (e=3.50-3.0)
TM4 - KİREÇOĞLU DEPO ARASI				
TM4	KİREÇOĞLU DEPO	948	TERFİLİ	ø532 DB C30 e=5.60
TM5 - ABDULLAHPAŞA2 DEPO ARASI				
TM5	ABDULLAHPAŞA2 D.	1,039	TERFİLİ	ø355 PE PN16 e=32.2mm
TM6 - HİLALKENT DEPO ARASI				
TM6	HİLALKENT D.	1,895	TERFİLİ	ø532 DB C30 e=5.60

REVİZE PROJE				
HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	SEÇİLEN BORU
TOKİ DEPOSU - ŞAHİNKAYA DEPOSU ARASI				
TOKİ D.	ŞAHİNKAYA DEPO	2,303	CAZİBELİ	ø98 SDDB C40 e=3.0
HİLALKENT DEPOSU - SARIÇUBUK DEPOSU ARASI				
HİLALKENT DEPO	SARIÇUBUK DEPO	416	CAZİBELİ	ø118 SDDB C40 e=3.0
TM2 - İAT ARASI				
TM2	İAT	3,810	TERFİLİ	ø914,4 ÇB PN20 e=7.1
TM1 - ANA DEPO ARASI				
TM1	ANA DEPO	1,836	TERFİLİ	ø1626 ÇB (PN 30-20) (e=20.0-12.7)
TM3 - BEYYURDU ARASI				
TM3	BEYYURDU	466	TERFİLİ	ø98 SDDB C40 e=3.0
MTM - HARPUR DEPOSU ARASI				
MTM	HARPUR DEPO	3,003	TERFİLİ	ø118 SDDB (C50-40) (e=3.5-3.0)
TM4 - KİREÇOĞLU DEPO ARASI				
TM4	KİREÇOĞLU DEPO	948	TERFİLİ	ø532 SDDB C30 e=5.60
TM5 - ABDULLAHPAŞA2 DEPO ARASI				
TM5	ABDULLAHPAŞA2 D.	1,039	TERFİLİ	ø429 SDDB C30 e=4.80
TM6 - HİLALKENT DEPO ARASI				
TM6	HİLALKENT D.	1,895	TERFİLİ	ø532 SDDB C30 e=5.60

REVİZYONLAR
BORU ÇAP ve CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
BORU ÇAPI DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
REVİZYON YAPILMAMIŞTIR
BORU ÇAP ve CİNSİ DEĞİŞTİRİLMİŞTİR
REVİZYON YAPILMAMIŞTIR

2. SU İHTİYACI

İlk yapılan proje aşamasında, kişi başı su ihtiyacı; 2010 yılı için 83 l/kişi/gün ve 2045 yılı için 145 l/kişi/gün hesaplanmıştır.

Tablo 1 - Elazığ Net ve Brüt Su İhtiyacı Projeksiyonu (2008-2040 Yılı)

Yıl	Nüfus (Kişi)	Net Su İhtiyacı					Kayıp- Kaçak Oran	Toplam Brüt Su İhtiyacı		
		Konut		Kamu + Ticaret (%35)	Diğer	Toplam Net Su İhtiyacı		%	l/k/g	hm ³ /yıl
		l/k/g	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl	hm ³ /yıl				
2008	328.363	78,56	9,42	2,76	1,74	13,92	43,50	206	24,64	781
2010	346.636	82,71	10,46	3,14	1,57	15,17	42,57	209	26,41	838
2015	414.491	93,09	14,08	4,23	1,25	19,56	37,35	206	31,22	990
2020	467.557	103,47	17,66	5,30	1,30	24,25	33,02	212	36,21	1148
2025	534.033	113,86	22,19	6,66	1,35	30,20	28,90	218	42,48	1347
2030	588.481	124,24	26,69	8,01	1,40	36,09	25,90	227	48,70	1544
2035	642.060	134,62	31,55	9,46	1,45	42,46	22,79	235	54,99	1744
2040	693.757	145,00	36,82	11,05	1,49	49,36	20,65	245	62,20	1967

Tablo 2 - Tablo 2: Proje Alanı Elazığ Merkez ve Beldelerin Su İhtiyacı

Yıl	Elazığ		Akçakiraz		Yazkonak		Mollakendi		Yurtbaşı		Şahinkaya		Sarıçubuk	
	hm ³ /yıl	l/s	hm ³ /yıl	l/s	hm ³ /yıl	l/s	hm ³ /yıl	l/s	hm ³ /yıl	l/s	hm ³ /yıl	l/s	hm ³ /yıl	l/s
2010	26.41	837.46	0.56	17.84	0.68	21.70	0.30	9.44	0.63	19.91	0.10	3.07	0.06	1.79
2015	29.66	940.54	0.72	22.71	0.84	26.73	0.31	9.81	0.72	22.94	0.10	3.32	0.07	2.12
2020	34.39	1090.50	0.85	27.01	0.97	30.70	0.33	10.31	0.77	24.31	0.11	3.49	0.07	2.27
2025	39.05	1238.14	0.92	29.09	1.02	32.41	0.35	11.22	0.91	29.01	0.13	4.19	0.09	2.97
2030	44.57	1413.22	1.08	34.37	1.29	40.89	0.39	12.43	1.11	35.12	0.15	4.75	0.11	3.47
2035	50.04	1586.70	1.20	38.02	1.66	52.75	0.43	13.61	1.38	43.67	0.16	5.16	0.12	3.80
2040	56.22	1782.82	1.52	48.19	1.99	63.11	0.52	16.40	1.60	50.75	0.20	6.40	0.15	4.69

3. İLETİM HATLARI HİDROLİK HESAPLARI

Tablo 3 : Hidrolik Hesap Tablosu

HİDROLİK HESAPLAR																			
SIRA NO	HATTIN BAŞLANGICI	HATTIN SONU	UZUNLUK (m)	İLETİM HATTI ÖZELLİĞİ	İSALE DEBİSİ (l/s)	SEÇİLEN BORU	C PÜRÜZLÜLÜK KATSAYISI	SEÇİLEN BORU İÇ ÇAPI (mm)	HIZ (m/s)	SÜREKLİ YÜK KAYBI (J)	YERSEL KAYIP (m/m)	BİRİM METREDE TOPLAM KAYIP (m/m)	TOPLAM KAYIP (m)	BAŞTA PİVEZOMETRE KOTU (m)	SONDA PİVEZOMETRE KOTU (m)	BAĞLANTI NOKTASI KOTU (m)	BAĞLANTI NOKTASI İŞLETME BASINCI (m)	BAĞLANTI NOKTASI STATİK BASINÇ (m)	AÇIKLAMA
BARAJ - ARITMA TESİSİ ARASI																			
1	BARAJ	S123	10,273	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN20 e=12.0	130	1,472.0	1.07	0.0006	0.00009	0.0007	7.07	1,085.00	1,077.93	948.55	129.38	183.75	
	S123	S133	786	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN25 e=14.2	130	1,467.6	1.08	0.0006	0.00009	0.0007	0.55	1,077.93	1,077.38	912.65	164.73	219.65	
	S133	S344	23,322	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN30 e=17.5	130	1,461.0	1.09	0.0006	0.00009	0.0007	16.62	1,077.38	1,060.76	892.73	168.03	239.57	
	S344	S406	6,658	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN25 e=14.2	130	1,467.6	1.08	0.0006	0.00009	0.0007	4.65	1,060.76	1,056.11	884.07	172.04	248.23	
	S406	S739	30,877	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN30 e=17.5	130	1,461.0	1.09	0.0006	0.00009	0.0007	22.05	1,056.11	1,034.06	898.22	135.84	234.08	
	S739	S753	1,145	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN25 e=14.2	130	1,467.6	1.08	0.0006	0.00009	0.0007	0.80	1,034.06	1,033.26	936.79	96.47	195.51	
	S753	K1572	8,502	CAZİBELİ	1820	Ø1524 ÇB PN20 e=12.0	130	1,472.0	1.07	0.0006	0.00009	0.0007	5.85	1,033.26	1,027.40	1,012.75	14.65	119.55	
ARITMA - MOLLAKENDİ DEPO ARASI																			
2	ARITMA	BR6	3,463	CAZİBELİ	231.4	Ø532 SDDB C30 e=5.6	130	510.8	1.13	0.0023	0.00034	0.0026	9.06	1,015.00	1,005.94	958.80	47.14	61.20	
3	BR6	BR7	3,049	CAZİBELİ	169	Ø429 SDDB C30 e=4.8	130	409.4	1.28	0.0037	0.00056	0.0043	13.10	1,005.94	992.83	963.89	28.94	56.11	
4	BR7	BR8	1,611	CAZİBELİ	87.1	Ø326 SDDB C40 e=4.6	130	308.8	1.16	0.0043	0.00065	0.0050	8.01	992.83	984.82	961.03	23.79	58.97	
5	BR8	S277	818	CAZİBELİ	20.8	Ø222 SDDB C40 e=3.1	130	207.8	0.61	0.0021	0.00031	0.0024	1.97	984.82	982.85	920.24	62.61	99.76	
6	S277	K236	977	CAZİBELİ	20.8	Ø222 SDDB C40 e=3.1	130	207.8	0.61	0.0021	0.00031	0.0024	2.36	982.85	980.49	895.59	84.90	124.41	
7	K236	K263	1,546	CAZİBELİ	20.8	Ø222 SDDB C40 e=3.1	130	207.8	0.61	0.0021	0.00031	0.0024	3.73	980.49	976.76	860.66	116.10	159.34	
8	K263	S302	1,551	CAZİBELİ	20.8	Ø222 SDDB C40 e=3.1	130	207.8	0.61	0.0021	0.00031	0.0024	3.74	976.76	973.01	860.43	112.58	159.57	
9	S302	S328	2,609	CAZİBELİ	20.8	Ø222 SDDB C40 e=3.1	130	207.8	0.61	0.0021	0.00031	0.0024	6.30	973.01	966.71	854.20	112.51	165.80	
10	S328	S343	3,023	CAZİBELİ	20.8	Ø170 SDDB C40 e=3.0	130	156.0	1.09	0.0085	0.00127	0.0098	29.49	966.71	937.23	895.42	41.81	124.58	
11	S343	MOLLAKENDİ DEPO	399	CAZİBELİ	20.8	Ø170 SDDB C40 e=3.0	130	156.0	1.09	0.0085	0.00127	0.0098	3.89	937.23	933.34	922.50	10.84	97.50	
BR6 - AKÇAKIRAZ DEPO ARASI																			
12	BR6	S127	1,567	CAZİBELİ	62.4	Ø378 SDDB C30 e=4.7	130	358.6	0.62	0.0011	0.00017	0.0013	2.03	1,005.94	1,003.91	920.98	82.93	99.02	
13	S127	S173	1,738	CAZİBELİ	62.4	Ø378 SDDB C30 e=4.7	130	358.6	0.62	0.0011	0.00017	0.0013	2.25	1,003.91	1,001.66	920.80	80.86	99.20	
14	S173	AKÇAKIRAZ DEPO	922	CAZİBELİ	62.4	Ø378 SDDB C30 e=4.7	130	358.6	0.62	0.0011	0.00017	0.0013	1.19	1,001.66	1,000.46	989.50	10.96	30.50	
BR7 - YAZIKONAK DEPO ARASI																			
15	BR7	YAZIKONAK DEPO	115	CAZİBELİ	81.9	Ø274 SDDB C40 e=3.9	130	258.2	1.56	0.0092	0.00138	0.0106	1.22	992.83	991.61	956.50	35.11	63.50	
BR8 - YURTBAŞI DEPO ARASI																			
16	BR8	YURTBAŞI DEPO	358	CAZİBELİ	66.3	Ø274 SDDB C40 e=3.9	130	258.2	1.27	0.0062	0.00094	0.0072	2.57	984.82	982.25	966.50	15.75	53.50	
ANA DEPO - BASKİL DEPO ARASI																			
17	ANA DEPO	BR1	5,493	CAZİBELİ	2053	Ø1422 ÇB PN20 e=12.0	130	1,370.0	1.39	0.0011	0.00016	0.0012	6.71	1,180.00	1,173.29	1,089.40	83.89	96.60	
18	BR1	BR2	758	CAZİBELİ	1657	Ø1219 ÇB PN20 e=10.0	130	1,179.0	1.52	0.0015	0.00022	0.0017	1.29	1,173.29	1,172.00	1,107.41	64.59	78.59	
19	BR2	BR3	2,530	CAZİBELİ	1387	Ø1219 ÇB PN20 e=10.0	130	1,179.0	1.27	0.0011	0.00016	0.0012	3.10	1,172.00	1,168.90	1,100.21	68.69	85.79	
20	BR3	BR4	4,480	CAZİBELİ	1191	Ø1118 ÇB PN20 e=8.8	130	1,080.4	1.30	0.0012	0.00018	0.0014	6.34	1,168.90	1,162.55	1,131.00	31.55	55.00	
21	BR4	BR5	2,600	CAZİBELİ	843	Ø1016 ÇB PN20 e=8.0	130	980.0	1.12	0.0010	0.00016	0.0012	3.12	1,162.55	1,159.43	1,115.60	43.83	70.40	
22	BR5	BASKİL DEPO	3,527	CAZİBELİ	407.9	Ø738 SDDB C25 e=6.8	130	712.4	1.02	0.0013	0.00019	0.0015	5.22	1,159.43	1,154.21	1,144.50	9.71	41.50	
BR1 - P3DEPOSU ARASI																			
23	BR1	BR9	54	CAZİBELİ	395.6	Ø532 SDDB C30 e=5.6	130	510.8	1.93	0.0061	0.00092	0.0071	0.38	1,173.29	1,172.91	1,088.08	84.83	97.92	
13	BR9	P3 DEPOSU	421	CAZİBELİ	258.9	Ø532 SDDB C30 e=5.6	130	510.8	1.26	0.0028	0.00042	0.0032	1.36	1,172.91	1,171.55	1,076.00	95.55	110.00	

Not: yersel kayıp sürekli kaybın % 10'u kadar alınmıştır.

15	TOKİ D.	S14	1,262	CAZİBELİ	7.8	ø98 SDDB C40 e=3.0	130	84.0	1.41	0.0281	0.00422	0.0323	40.81	1,313.00
16	S14	S20	435	CAZİBELİ	7.8	ø98 SDDB C40 e=3.0	130	84.0	1.41	0.0281	0.00422	0.0323	14.07	1,272.10
17	S20	ŞAHİNKAYA DEPO	606	CAZİBELİ	7.8	ø98 SDDB C40 e=3.0	130	84.0	1.41	0.0281	0.00422	0.0323	19.60	1,258.10
HİLALKENT DEPOSU - SARIÇUBUK DEPOSU ARASI														
15	HİLALKENT DEPO	SARIÇUBUK DEPO	416	CAZİBELİ	6.5	ø118 SDDB C40 e=3.0	130	104.0	0.77	0.0071	0.00106	0.0082	3.39	1,183.00
TM2 - İAT ARASI														
16	TM2	İAT	3,810	TERFİLİ	743.6	ø914,4 ÇB PN20 e=7.1	130	884.2	1.21	0.0014	0.00020	0.0016	5.99	1,023.70
TM1 - ANA DEPO ARASI														
16	TM1	S9	1,026	TERFİLİ	2056	ø1626 ÇB PN30 e=20.0	130	1,558.0	1.08	0.0006	0.00009	0.0007	0.67	1,192.00
16	S9	ANA DEPO	810	TERFİLİ	2056	ø1626 ÇB PN20 e=12.7	130	1,572.6	1.06	0.0005	0.00008	0.0006	0.51	1,191.30
TM3 - BEYYURDU ARASI														
16	TM3	BEYYURDU	466	TERFİLİ	3	ø98 SDDB C40 e=3.0	130	84.0	0.54	0.0048	0.00072	0.0055	2.57	1,208.00
MTM - HARPUR DEPOSU ARASI														
16	MTM	S8	295	TERFİLİ	5.07	ø118 SDDB C50 e=3.5	130	103.0	0.61	0.0047	0.00070	0.0054	1.59	1,525.00
17	S8	HARPUR DEPO	2,708	TERFİLİ	5.07	ø118 SDDB C40 e=3.0	130	104.0	0.60	0.0045	0.00067	0.0051	13.94	1,523.40
TM4 - KİREÇOĞLU DEPO ARASI														
16	TM4	KİREÇOĞLU DEPO	948	TERFİLİ	238.4	ø532 SDDB C30 e=5.60	130	510.8	1.16	0.0024	0.00036	0.0028	2.62	1,228.00
TM5 - ABDULLAHPAŞA2 DEPO ARASI														
16	TM5	ABDULLAHPAŞA2 D.	1,039	TERFİLİ	81.25	ø429 SDDB C30 e=4.80	130	409.4	0.62	0.0010	0.00014	0.0011	1.15	1,276.70
TM6 - HİLALKENT DEPO ARASI														
16	TM6	HİLALKENT D.	1,895	TERFİLİ	249.6	ø532 SDDB C30 e=5.60	130	510.8	1.22	0.0026	0.00039	0.0030	5.71	1,197.70
TOPLAM			142,098											

Not: yersel kayıp sürekli kaybın % 10'u kadar alınmıştır.

4. ÇELİK BORU ET KALINLIĞI HESABI

İsale hattı boyunca boru kazı derinliği minimum 1 m.'yi (don derinliğini) sağlayacak şekilde projelendirilmiştir. Genel anlamda 1-3 m kazı derinliği olmakla beraber, dere geçişlerinde bu derinlik artmaktadır ve 7 metreyi bulmaktadır. 1m, 3m ve 7m kazı derinliği için dış basınç hesabı yapılmış ve en kritik olan et kalınlığı alınmıştır.

Et kalınlığı hesabı DSİ Mühendislik meslek eğitimi Ders Notları (2010) kullanılarak hazırlanmıştır. Aşağıdaki bölümde et kalınlığı hesabında kullanılan formüller detaylı anlatılmıştır. Sonraki bölümlerde is bu formüller kullanılarak değişik çap ve basınç sınıfındaki borular için boru et kalınlığı hesabı yapılmıştır.

4.1. Et Kalınlığı Hesabında Kullanılan Formüller

4.1.1. İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

İç basınca göre boru et kalınlığı aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır;

$$S_v = \frac{P \times D}{2 \times \sigma_p}$$

S_v : Minimum Et Kalınlığı (cm)

σ_a : Çelik Akma Gerilmesi (kg/cm²)

σ_p : Çelik Emniyet Gerilmesi (kg/cm²)

$\sigma_p = 0,5 \times \sigma_a$: Normal Durumda (kg/cm²)

$\sigma_p = 0,65 \times \sigma_a$: Su Darbesi Durumunda (kg/cm²)

P : Projedeki Maksimum Basınç (kg/cm²)

D : Boru Dış Çapı (cm)

Tablo 3 - TS EN 10217-1 Standardına Göre Çelik Akma Gerilmeleri

Çelik Sınıfı	Çelik Akma Dayanımı	Çelik Akma Dayanımı
	(Mpa) t ≤ 16 mm	(Mpa) 16 < t ≤ 40
St 33	195	185
St 37	235	225
St 44	265	255

$S_v < (t \text{ seçilen})$ olmalıdır.

4.1.2. Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

A) Negatif Basınç (Vakum) Tesiri ile Göçme Tahkiki

Çelik boruların göçme basınçları (çökme basınçları) Stewart Formülü'ne göre aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$s = D_m \times \left[\frac{P_c * n * (1 - \mu^2)}{2 * E} \right]^{1/3}$$

Burada;

S : Boru et kalınlığı (mm)

D_m : Ortalama çap (mm) ($\phi_{dış} + \phi_{iç}$)/2

E : Boru malzemesinin elastisite modülü (Çelik için= $2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

μ : Poison oranı ($\mu=0,3$)
 n : Emniyet Katsayısı (1,5)
 P_c : Göçme basıncı (kg/cm^2)

$S < (t \text{ seçilen})$ olmalıdır.

P_c değeri; Boru üstü toprak yüksekliği 1,00 ve 3,00 m alınarak hesaplanan Toprak (W_c) ve Trafik (P_t) yüklerinin toplamının büyük olanına (kg/cm^2), 1 kg/cm^2 vakum basıncının eklenmesi ile bulunan toplam dış yükü ifade eder.

$$P_c = W (\text{kg/cm}^2) + 1,00 \text{ kg/cm}^2$$

W değeri; Toprak (W_c) ve Trafik (P_t) yüklerinin toplamını ifade eder.

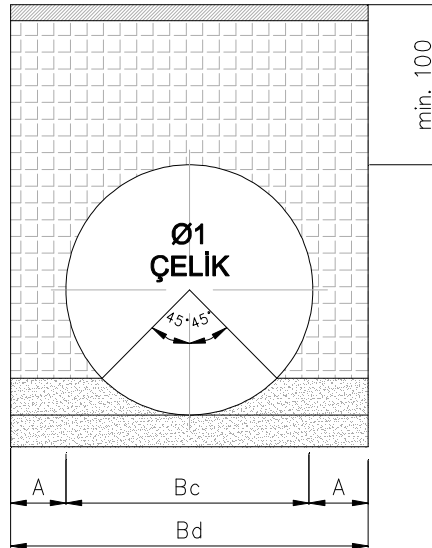
Toprak Yüğü

Boru sırtına gelen toprak yükü Marston Formülüne göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

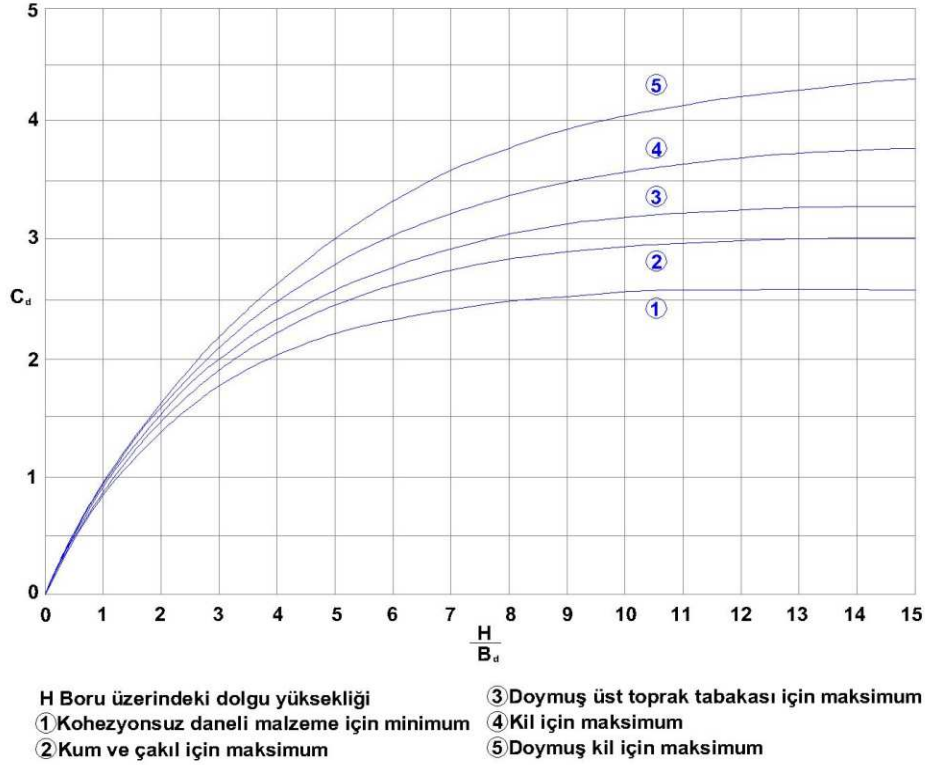
$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

Burada ;

W_c : Toprak yükü (t/m)
 C_d : Sürtünme katsayısı (H/D oranına göre grafikten okunur.)
 γ : Dolgu zeminin birim hacim ağırlığı (2000 kg/m^3)
 B_d : Hendek genişliği (m)
 B_c : Boru dış çapı (m)



Şekil 1- Hendek Kesiti



Şekil 2 - Dolgu Yüksekliğine Bağlı Cd Katsayıları

Trafik Yüğü

Borular üzerine binen toprak yüküne ek olarak, sürekli ve aralıklı yükler söz konusudur. Bu yüklerin hesaplanmasında Boussinesq formülü kullanılmaktadır.

$$P_t = \frac{3 \times Q_t}{2 \times \pi \times H^2}$$

Burada;

P_t : Trafik yükü (N/m²)

Q_t : Tekerlek yükü (N) (Orta Trafik 50 kN seçilmiştir)

B_c : Boru dış çapı (m)

H : Dolgu Yüksekliği (m)

Tablo 4- Taşıt Tekerlek Yüğü Değerleri

Sınıflar	Toplam Yüğü (kN)	Tekerlek Basına Maksimum Yüğü (kN)
Ağır Trafik	600	100
Orta Trafik	450	75
Orta Trafik	300	50
Hafif Trafik	120	20
Hafif Trafik	60	20
Otomobil	30	10

Boussinesq formülü kullanılarak hesaplanan P_t (kg/m²) değeri $\phi = 1+0,3/H$ değeri ile çarpılarak düzeltilmeli ve çıkan sonuç B_c (boru dış çapı) ile çarpılarak P_t (kg/m) birimine dönüştürülmelidir.

$$P_t \text{ (kg/m)} = P_t \text{ (kg/m}^2\text{)} * (1+0,3/H) * B_c$$

Boru üzerinde orta trafik olacağı ve tekerlek basma maksimum yükünün 50 kN olacağı kabul edilmiştir.

B) Ovalleşme Tahkiki

Spangler formülü kullanılarak borunun şekil değiştirme oranı hesaplanacaktır.

$$x = \frac{DtxkxWtxr^3}{ExI + 0,061xE'xr^3}$$

Burada;

s	: Boru et kalınlığı (mm), (20,0 mm)
da	: Boru dış çapı (mm), (1626 mm)
Dt	: Şekil değ. gecikme katsayısı (1,25 – 1,50 arasında, 1,5 seç.)
k	: Yataklama katsayısı (0,083 – 0,11 arasında, 0,1 seçildi.)
E	: Elastisite modülü (2100 t/cm ²)
I	: Boru cidarı atalet momenti ($I = s^3/12$ (cm ⁴), (I = 0,667 cm ⁴))
E'	: Boruyu saran toprağın pasif direnç modülü (0,05 t/cm)
r	: Boru yarıçapı (da/2) (cm), (r = 81,3 cm)
x	: Dış yükler altında değişme miktarı (cm)
x/da	: Şekil değiştirme oranı
γ_{toprak}	: Toprağın özgül ağırlığı (t/m ³) (2,00 t/m ³)
Wt	: Dış yükler toplamı (t/cm)

Hesaplanan şekil değiştirme oranı “Müsaade Edilen Max. Deformasyon Değerini (%3) geçmiyorsa seçilen et kalınlığı uygundur.

$$W_t = W_c + P_t$$

$x / D < 0,03$ olmalıdır.

4.2. D=1626 mm 300 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1626 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 5 m

Boru İç Basıncı (mss) = 300 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2550 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 20 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 300 \times 1626 / 2550 = 19.11 \text{ mm} < 20 \text{ mm}$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.624 \text{ m} \quad B_d = 2.42 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.42 = 0.41 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.4$$

$$W_c = 0.4 \times 2 \times 2.42 \times 1.624 = 3.15 \text{ t/m} = 3149 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.62 / 10 = 5.04 \text{ t/m} = 5040 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 3.15 + 5.04 = 8.19 \text{ t/m} = 8189 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.624 \text{ m} \quad B_d = 2.42 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 2.42 = 1.24 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.1$$

$$W_c = 1.1 \times 2 \times 2.42 \times 1.62 = 8.66 \text{ t/m} = 8660 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3 \times (1 + 0.3 / 3)) \times 1.62 / 10 = 0.47 \text{ t/m} = 474 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 8.66 + 0.47 = 9.13 \text{ t/m} = 9134 \text{ kg/m}$$

H = 5 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.624 \text{ m} \quad B_d = 2.42 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 5 / 2.42 = 2.06 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.45$$

$$W_c = 1.45 \times 2 \times 2.42 \times 1.62 = 11.42 \text{ t/m} = 11416 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 5 \times 5) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.62 / 10 = 0.16 \text{ t/m} = 164 \text{ kg/m}$$

$$W_5 = W_c + P_t = 11.42 + 0.16 = 11.58 \text{ t/m} = 11580 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 5 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 11580 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 11580 / 1.624 / 10000 = 0.713 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.713 + 1.0 = 1.713 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1626 - S) \times [1.713 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 13.25 \text{ mm} < 20 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 20 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.67 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.116 \times 81.2 \times 81.2 \times 81.2}{(2100 \times 0.667 + 0.661 \times 0,05 \times 81.2 \times 81.2 \times 81.2)} = 3.07$$

$$x / D = 3.07 / 162.4 = 0.019 < 0.03 \checkmark$$

4.3. D=1626 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1626 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 1 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 12.7 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 1626 / 2650 = 12.26 \text{ mm} < 12.7 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.624 \text{ m} \quad B_d = 2.42 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.42 = 0.41 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.4$$

$$W_c = 0.4 \times 2 \times 2.42 \times 1.624 = 3.15 \text{ t/m} = 3149 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.62 / 10 = 5.04 \text{ t/m} = 5040 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 3.15 + 5.04 = 8.19 \text{ t/m} = 8189 \text{ kg/m}$$

H = 2 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.624 \text{ m} \quad B_d = 2.42 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2 / 2.42 = 0.83 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.8$$

$$W_c = 0.8 \times 2 \times 2.42 \times 1.62 = 6.3 \text{ t/m} = 6299 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2 \times 2 \times (1 + 0.3 / 2)) \times 1.62 / 10 = 1.11 \text{ t/m} = 1115 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 6.3 + 1.11 = 7.41 \text{ t/m} = 7413 \text{ kg/m}$$

H = 2.5 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.624 \text{ m} \quad B_d = 2.42 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2.5 / 2.42 = 1.03 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.9$$

$$W_c = 0.9 \times 2 \times 2.42 \times 1.62 = 7.09 \text{ t/m} = 7086 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$Pt = (3 \times Qt) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$Pt = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2,5 \times 2,5) \times (1 + 0,3 / 3) \times 1,62 / 10 = 0,69 \text{ t/m} = 695 \text{ kg/m}$$

$$W_{2.5} = W_c + Pt = 7,09 + 0,69 = 7,78 \text{ t/m} = 7781 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 1 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 8189 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 8189 / 1,624 / 10000 = 0,504 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,504 + 1,0 = 1,504 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1626 - S) \times [1,504 \times 1,5 \times (1 - 0,3 \times 0,3) / (2 \times 2,1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 12,69 \text{ mm} < 12,7 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (Dt \times k \times Wt \times r^3) / (E \times I + 0,061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 12,7 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0,17 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0,082 \times 81,2 \times 81,2 \times 81,2}{(2100 \times 0,171 + 0,661 \times 0,05 \times 81,2 \times 81,2 \times 81,2)} = 3,3$$

$$x / D = 3,3 / 162,4 = 0,02 < 0,03 \checkmark$$

4.4. D=1524 mm 300 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1524 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 7 m

Boru İç Basıncı (mss) = 291 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2550 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 17.5 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 291 \times 1524 / 2550 = 17.39 \text{ mm} < 17.5 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.32 = 0.43 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.4$$

$$W_c = 0.4 \times 2 \times 2.32 \times 1.524 = 2.83 \text{ t/m} = 2833 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.52 / 10 = 4.73 \text{ t/m} = 4730 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 2.83 + 4.73 = 7.56 \text{ t/m} = 7563 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 2.32 = 1.29 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.1$$

$$W_c = 1.1 \times 2 \times 2.32 \times 1.52 = 7.79 \text{ t/m} = 7792 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3 \times (1 + 0.3 / 3)) \times 1.52 / 10 = 0.44 \text{ t/m} = 445 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 7.79 + 0.44 = 8.24 \text{ t/m} = 8237 \text{ kg/m}$$

H = 7 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 7 / 2.32 = 3.01 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.95$$

$$W_c = 1.95 \times 2 \times 2.32 \times 1.52 = 13.81 \text{ t/m} = 13813 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 7 \times 7) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.52 / 10 = 0.08 \text{ t/m} = 77 \text{ kg/m}$$

$$W_7 = W_c + P_t = 13.81 + 0.08 = 13.89 \text{ t/m} = 13890 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 7 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 13890 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 13890 / 1.524 / 10000 = 0.911 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.911 + 1.0 = 1.911 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1524 - S) \times [1.911 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 12.89 \text{ mm} < 17.5 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 17.5 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.45 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.139 \times 76.2 \times 76.2 \times 76.2}{(2100 \times 0.447 + 0.661 \times 0,05 \times 76.2 \times 76.2 \times 76.2)} = 4.03$$

$$x / D = 4.03 / 152.4 = 0.026 < 0.03 \checkmark$$

4.5. D=1524 mm 250 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1524 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 7 m

Boru İç Basıncı (mss) = 246 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı = 14.2 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 246 \times 1524 / 2650 = 14.15 \text{ mm} < 14.2 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.32 = 0.43 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.4$$

$$W_c = 0.4 \times 2 \times 2.32 \times 1.524 = 2.83 \text{ t/m} = 2833 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.52 / 10 = 4.73 \text{ t/m} = 4730 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 2.83 + 4.73 = 7.56 \text{ t/m} = 7563 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 2.32 = 1.29 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.1$$

$$W_c = 1.1 \times 2 \times 2.32 \times 1.52 = 7.79 \text{ t/m} = 7792 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3 \times (1 + 0.3 / 3)) \times 1.52 / 10 = 0.44 \text{ t/m} = 445 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 7.79 + 0.44 = 8.24 \text{ t/m} = 8237 \text{ kg/m}$$

H = 7 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 7 / 2.32 = 3.01 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.95$$

$$W_c = 1.95 \times 2 \times 2.32 \times 1.52 = 13.81 \text{ t/m} = 13813 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 7 \times 7) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.52 / 10 = 0.08 \text{ t/m} = 77 \text{ kg/m}$$

$$W_7 = W_c + P_t = 13.81 + 0.08 = 13.89 \text{ t/m} = 13890 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 7 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 13890 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 13890 / 1.524 / 10000 = 0.911 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.911 + 1.0 = 1.911 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1524 - S) \times [1.911 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 12.89 \text{ mm} < 14.2 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 14.2 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.24 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.139 \times 76.2 \times 76.2 \times 76.2}{(2100 \times 0.239 + 0.661 \times 0,05 \times 76.2 \times 76.2 \times 76.2)} = 4.98$$

$$x / D = 4.98 / 152.4 = 0.033 < 0.03 \checkmark$$

4.6. D=1524 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1524 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 1 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 12 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 1524 / 2650 = 11.5 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.32 = 0.43 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.4$$

$$W_c = 0.4 \times 2 \times 2.32 \times 1.524 = 2.83 \text{ t/m} = 2833 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.52 / 10 = 4.73 \text{ t/m} = 4730 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 2.83 + 4.73 = 7.56 \text{ t/m} = 7563 \text{ kg/m}$$

H = 2 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2 / 2.32 = 0.86 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.8$$

$$W_c = 0.8 \times 2 \times 2.32 \times 1.52 = 5.67 \text{ t/m} = 5667 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2 \times 2 \times (1 + 0.3 / 2)) \times 1.52 / 10 = 1.05 \text{ t/m} = 1046 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 5.67 + 1.05 = 6.71 \text{ t/m} = 6713 \text{ kg/m}$$

H = 2.75 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.524 \text{ m} \quad B_d = 2.32 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2.75 / 2.32 = 1.18 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.9$$

$$W_c = 0.9 \times 2 \times 2.32 \times 1.52 = 6.38 \text{ t/m} = 6375 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2.75 \times 2.75) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.52 / 10 = 0.53 \text{ t/m} = 534 \text{ kg/m}$$

$$W_{2.75} = W_c + P_t = 6.38 + 0.53 = 6.91 \text{ t/m} = 6909 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 1 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 7563 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 7563 / 1.524 / 10000 = 0.496 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.496 + 1.0 = 1.496 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1524 - S) \times [1.496 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 11.89 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 12 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.14 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1.5 \times 0.1 \times 0.076 \times 76.2 \times 76.2 \times 76.2}{(2100 \times 0.144 + 0.661 \times 0.05 \times 76.2 \times 76.2 \times 76.2)} = 3.04$$

$$x / D = 3.04 / 152.4 = 0.02 < 0.03 \checkmark$$

4.7. D=1422 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1422 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 7 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 12 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 1422 / 2650 = 10.73 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.422 \text{ m} \quad B_d = 2.22 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.22 = 0.45 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.5$$

$$W_c = 0.5 \times 2 \times 2.22 \times 1.422 = 3.16 \text{ t/m} = 3160 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.42 / 10 = 4.41 \text{ t/m} = 4413 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 3.16 + 4.41 = 7.57 \text{ t/m} = 7573 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.422 \text{ m} \quad B_d = 2.22 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 2.22 = 1.35 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.1$$

$$W_c = 1.1 \times 2 \times 2.22 \times 1.42 = 6.95 \text{ t/m} = 6951 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3 \times (1 + 0.3 / 3)) \times 1.42 / 10 = 0.41 \text{ t/m} = 415 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 6.95 + 0.41 = 7.37 \text{ t/m} = 7366 \text{ kg/m}$$

H = 7 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.422 \text{ m} \quad B_d = 2.22 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 7 / 2.22 = 3.15 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.95$$

$$W_c = 1.95 \times 2 \times 2.22 \times 1.42 = 12.32 \text{ t/m} = 12323 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 7 \times 7) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.42 / 10 = 0.07 \text{ t/m} = 72 \text{ kg/m}$$

$$W_7 = W_c + P_t = 12.32 + 0.07 = 12.4 \text{ t/m} = 12395 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 7 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 12395 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 12395 / 1.422 / 10000 = 0.872 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.872 + 1.0 = 1.872 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1422 - S) \times [1.872 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 11.95 \text{ mm} < 12 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 12 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.14 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.124 \times 71.1 \times 71.1 \times 71.1}{(2100 \times 0.144 + 0.661 \times 0,05 \times 71.1 \times 71.1 \times 71.1)} = 4.78$$

$$x / D = 4.78 / 142.2 = 0.034 < 0.03 \checkmark$$

4.8. D=1219 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1219 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 5 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı = 10 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 1219 / 2650 = 9.2 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.219 \text{ m} \quad B_d = 2.02 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 2.02 = 0.5 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.5$$

$$W_c = 0.5 \times 2 \times 2.02 \times 1.219 = 2.46 \text{ t/m} = 2461 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.22 / 10 = 3.78 \text{ t/m} = 3783 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 2.46 + 3.78 = 6.24 \text{ t/m} = 6244 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.219 \text{ m} \quad B_d = 2.02 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 2.02 = 1.49 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.25$$

$$W_c = 1.25 \times 2 \times 2.02 \times 1.22 = 6.15 \text{ t/m} = 6153 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3 \times (1 + 0.3 / 3)) \times 1.22 / 10 = 0.36 \text{ t/m} = 356 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 6.15 + 0.36 = 6.51 \text{ t/m} = 6509 \text{ kg/m}$$

H = 5 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.219 \text{ m} \quad B_d = 2.02 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 5 / 2.02 = 2.48 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.75$$

$$W_c = 1.75 \times 2 \times 2.02 \times 1.22 = 8.61 \text{ t/m} = 8614 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 5 \times 5) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.22 / 10 = 0.12 \text{ t/m} = 123 \text{ kg/m}$$

$$W_5 = W_c + P_t = 8.61 + 0.12 = 8.74 \text{ t/m} = 8737 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 5 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 8737 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 8737 / 1.219 / 10000 = 0.717 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.717 + 1.0 = 1.717 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1219 - S) \times [1.717 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 9.95 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 10 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.08 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.087 \times 60.95 \times 60.95 \times 60.95}{(2100 \times 0.083 + 0.661 \times 0,05 \times 60.95 \times 60.95 \times 60.95)} = 3.43$$

$$x / D = 3.43 / 121.9 = 0.028 < 0.03 \checkmark$$

4.9. D=1118 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1118 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 3 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 8.8 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 1118 / 2650 = 8.44 \text{ mm} < 8.8 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.118 \text{ m} \quad B_d = 1.92 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 1.92 = 0.52 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.5$$

$$W_c = 0.5 \times 2 \times 1.92 \times 1.118 = 2.14 \text{ t/m} = 2144 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.12 / 10 = 3.47 \text{ t/m} = 3470 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 2.14 + 3.47 = 5.61 \text{ t/m} = 5614 \text{ kg/m}$$

H = 2 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.118 \text{ m} \quad B_d = 1.92 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2 / 1.92 = 1.04 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.9$$

$$W_c = 0.9 \times 2 \times 1.92 \times 1.12 = 3.86 \text{ t/m} = 3860 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2 \times 2 \times (1 + 0.3 / 2)) \times 1.12 / 10 = 0.77 \text{ t/m} = 767 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 3.86 + 0.77 = 4.63 \text{ t/m} = 4627 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.118 \text{ m} \quad B_d = 1.92 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 1.92 = 1.56 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.25$$

$$W_c = 1.25 \times 2 \times 1.92 \times 1.12 = 5.36 \text{ t/m} = 5361 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.12 / 10 = 0.33 \text{ t/m} = 326 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 5.36 + 0.33 = 5.69 \text{ t/m} = 5687 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 3 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 5687 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 5687 / 1.118 / 10000 = 0.509 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.509 + 1.0 = 1.509 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1118 - S) \times [1.509 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 8.75 \text{ mm} < 8.8 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 8.8 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.06 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.057 \times 55.9 \times 55.9 \times 55.9}{(2100 \times 0.057 + 0.661 \times 0,05 \times 55.9 \times 55.9 \times 55.9)} = 2.29$$

$$x / D = 2.29 / 111.8 = 0.02 < 0.03 \checkmark$$

4.10. D=1016 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 1016 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 3 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı= 8 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 1016 / 2650 = 7.67 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.016 \text{ m} \quad B_d = 1.82 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 1.82 = 0.55 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.5$$

$$W_c = 0.5 \times 2 \times 1.82 \times 1.016 = 1.85 \text{ t/m} = 1845 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 1.02 / 10 = 3.15 \text{ t/m} = 3153 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 1.85 + 3.15 = 5 \text{ t/m} = 4998 \text{ kg/m}$$

H = 2 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.016 \text{ m} \quad B_d = 1.82 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2 / 1.82 = 1.1 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.9$$

$$W_c = 0.9 \times 2 \times 1.82 \times 1.02 = 3.32 \text{ t/m} = 3321 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2 \times 2 \times (1 + 0.3 / 2)) \times 1.02 / 10 = 0.7 \text{ t/m} = 697 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 3.32 + 0.7 = 4.02 \text{ t/m} = 4018 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 1.016 \text{ m} \quad B_d = 1.82 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 1.82 = 1.65 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.3$$

$$W_c = 1.3 \times 2 \times 1.82 \times 1.02 = 4.8 \text{ t/m} = 4797 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3) \times (1 + 0.3 / 3) \times 1.02 / 10 = 0.3 \text{ t/m} = 296 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 4.8 + 0.3 = 5.09 \text{ t/m} = 5094 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 3 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 5094 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 5094 / 1.016 / 10000 = 0.501 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.501 + 1.0 = 1.501 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (1016 - S) \times [1.501 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 7.94 \text{ mm} < 8 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 8 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \rightarrow I = 0.04 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1,5 \times 0,1 \times 0.051 \times 50.8 \times 50.8 \times 50.8}{(2100 \times 0.043 + 0.661 \times 0,05 \times 50.8 \times 50.8 \times 50.8)} = 2.05$$

$$x / D = 2.05 / 101.6 = 0.02 < 0.03 \checkmark$$

4.11. D=914 mm 200 m Basıncıdaki Boru Et Kalınlığı Hesabı

Boru Dış Çapı (mm) = 914 mm

Çelik Sınıfı = St 44

Kritik Dolgu Yüksekliği (H) = 1.01 m

Boru İç Basıncı (mss) = 200 m

Çelik Akma Gerilmesi (σ_a) = 2650 (kg/cm²)

Seçilen Et Kalınlığı = 7.1 mm

1 - İç Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı

$$S_v = (P \times D) / (\sigma_a) = 200 \times 914 / 2650 = 6.9 \text{ mm} < 7.1 \text{ mm} \checkmark$$

2 - Dış Basınca Göre Et Kalınlığı Hesabı**H = 1 m Dolgu Yüksekliği İçin**

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 0.914 \text{ m} \quad B_d = 1.71 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 1 / 1.71 = 0.59 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.5$$

$$W_c = 0.5 \times 2 \times 1.71 \times 0.914 = 1.57 \text{ t/m} = 1567 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 1 \times 1 \times (1 + 0.3 / 1)) \times 0.91 / 10 = 2.77 \text{ t/m} = 2774 \text{ kg/m}$$

$$W_1 = W_c + P_t = 1.57 + 2.77 = 4.34 \text{ t/m} = 4341 \text{ kg/m}$$

H = 2 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 0.914 \text{ m} \quad B_d = 1.71 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 2 / 1.71 = 1.17 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 0.9$$

$$W_c = 0.9 \times 2 \times 1.71 \times 0.91 = 2.82 \text{ t/m} = 2820 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0,3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 2 \times 2 \times (1 + 0.3 / 2)) \times 0.91 / 10 = 0.63 \text{ t/m} = 627 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 2.82 + 0.63 = 3.45 \text{ t/m} = 3447 \text{ kg/m}$$

H = 3 m Dolgu Yüksekliği İçin

Toprak Yüğü

$$W_c = C_d \times \gamma \times B_d \times B_c$$

$$A = 0,4 \text{ m} \quad B_c = 0.914 \text{ m} \quad B_d = 1.71 \text{ m} \quad \gamma = 2 \text{ t/m}^3$$

$$H/B_d = 3 / 1.71 = 1.75 \quad \text{Tablodan} \rightarrow C_d = 1.3$$

$$W_c = 1.3 \times 2 \times 1.71 \times 0.91 = 4.07 \text{ t/m} = 4073 \text{ kg/m}$$

Trafik Yüğü

$$P_t = (3 \times Q_t) / (2 \times \pi \times H \times H) \times (1 + 0.3 / H) \times D$$

$$P_t = (3 \times 50) / (2 \times \pi \times 3 \times 3) \times (1 + 0.3 / 3) \times 0.91 / 10 = 0.27 \text{ t/m} = 267 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = W_c + P_t = 4.07 + 0.27 = 4.34 \text{ t/m} = 4340 \text{ kg/m}$$

Yukarıda yapılan hesaplarda boru üstü 1 m toprak olması durumunda; boru en fazla dış yüke maruz kalmaktadır.

$$W = 4341 \text{ kg/m}$$

$$W \text{ (kg/cm}^2\text{)} = W \text{ (kg/m)} / B_c / 10000 = 4341 / 0.914 / 10000 = 0.475 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0.475 + 1.0 = 1.475 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = D_m \times (P_c \times n \times (1 - \mu^2) / 2 \times E)^{1/3}$$

$$S = (914 - S) \times [1.475 \times 1.5 \times (1 - 0.3 \times 0.3) / (2 \times 2.1 \times 1000000)]^{1/3}$$

$$S = 7.1 \text{ mm} < 7.1 \text{ mm} \checkmark$$

3 - Ovalleşme Tahkiki

$$x = (D_t \times k \times W_t \times r^3) / (E \times I + 0.061 \times E' \times r^3)$$

$$s = 7.1 \text{ mm} \quad I = s^3 / 12 \quad \rightarrow \quad I = 0.03 \text{ cm}^4$$

$$x = \frac{1.5 \times 0.1 \times 0.043 \times 45.7 \times 45.7 \times 45.7}{(2100 \times 0.03 + 0.661 \times 0.05 \times 45.7 \times 45.7 \times 45.7)} = 1.76$$

$$x / D = 1.76 / 91.4 = 0.019 < 0.03 \checkmark$$

5. TERFİ HESAPLARI

Üçüncü Bölüm Hidrolik Hesaplarda terfili hatlar için hidrolik kayıplar detaylı şekilde hesaplanmış ve pompa basma yükseklikleri belirlenmiştir. İlk projeye göre hidrolik kayıplar değişmediği için pompa basma yükseklikleri de birebir aynı çıkmıştır. Pompa debileri de aynı olduğu için pompa güçleri, adetleri, tipleri vs. değişiklik göstermemiştir. Bundan pompa gücü hesapları tekrardan yapılmamış ve onaya sunulmamıştır. Sadece aşağıdaki tabloda onaylı terfi merkezi özellikleri verilmiştir.

Terfi	Hm(m)	Debi (l/s)	Nm (kW)	Adet
TM1	178	411,2	1250	5 Asıl + 1 yedek
TM2	65	185,90	315	4 Asıl + 2 yedek
MTM	306	5.07	45	1 Asıl + 1 yedek
TM3	28	3,0	1,5	1 Asıl + 1 yedek
TM4	76	119,19	132	2 Asıl + 1 yedek
TM5	130	40,63	55	2 Asıl + 1 yedek
TM6	60	124,79	110	2 Asıl + 1 yedek

6. TERFİLİ HATLARDA DARBE HESAPLARI

Onaylı projeye kıyaslandığında TM4 ve TM6 hatları hiç değişmemiş, TM1 ve TM2 hatları ise düktil borudan çelik boruya dönmüştür. Bu hatların darbe hesapları onaylı proje ile birebir aynıdır ve aşağıda tekrar sunulmuştur.

TM3 ve TM5 boru tipi HDPE'den düktile dönmüş, MTM hattının ise sadece boru çapı artmıştır. Bu hatların darbe hesapları tekrardan yapılmış ve aşağıda sunulmuştur.

Terfi hattı üzerindeki hat vanalarının ve pompaların aniden ya da hızlı bir şekilde kapatılması neticesinde borularda “su darbesi” adı verilen, su kolonu ataletinin etkisiyle oluşan basınçlara maruz kalmalarına sebep olur. Vanaların ve pompaların belirtilen şekillerde kapatılması sonucu su kolonu ataleti ilk olarak kaynaktan depoya doğru göreceli bir boşluk yaratarak alçak basınç dalgası oluşturur. Bu etkiye “depresyon” denir ve borunun içeriye doğru büzülmesine neden olur. İlk durumdaki enerjisi bittiğinde su kolonu durur ve tersi yönde harekete başlar. Bu tersi yöndeki hareket ise “süpresyon” adı verilen yüksek basınç dalgasının oluşmasına sebep olur.

Yüksek ve alçak basınç dalgaları zamanla sönmülenir. Ancak ilk anda oluşan basınç değerleri iletim hattı boruları üzerinde hasara sebep olabilirler. Oluşan su darbeleri boru cinsinin, çapının ve et kalınlığının bir fonksiyonu olarak belli bir yayılma hızı değerine sahip olurlar.

Koç Darbesi Hesapları

Koç darbesi hesapları için bildirim:

$Q = \text{Debi, l/sn}$

$V = \text{Boru hattındaki akış hızı, m/sn}$

$L = \text{Boru hattı hızı, m}$

$a = \text{Dalga yayılım hızı, m/sn}$

$H_m = \text{Çalışma basıncı, m}$

$H_m^* = \text{Boru hattının başlangıcında, pompaların yakınındaki mutlak basınç, m}$

$\Delta h = \text{Koç darbesi basıncı, m}$

5.1. TM2 – İAT ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI

Temel veriler;

$Q = 743,60 \text{ l/sn}$

$\varnothing_{dış} = 914,4 \text{ mm (Boru dış çapı)}$

$\varnothing_{iç} = 884,2 \text{ mm (Boru dış çapı)}$

Boru Tipi : Çelik Boru

$L = 3810 \text{ m (boru hattı uzunluğu), } t = 7,1 \text{ mm et kalınlığı.}$

$H_m = 65,00 \text{ m}$

$V_{ort} = 1,21 \text{ m/sn}$

$h_w = 5,99 \text{ (toplam yük kaybı)}$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a: Dalga yayılım hızı

D: Boru iç çapı

t: Boru et kalınlığı

k: karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{ort} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{884,2}{7,1}}} = 942,78 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamamı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x3810}{942,78} = 8,08 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L / 2000) = 2 - (3810 / 2000) = 0,10$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 0,10 \frac{1,21x3810}{9,81x65,00} = 1,72 \text{ sn}$$

$t_p = 1,72 < T = 8,08$ sn olduğundan ΔH hesabında Uzun Hat Formülü kullanılır.

H₀* ve P_{max}* Hesabı;

$$H_{0*} = H_0 + 10,00$$

H₀* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H₀ = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_{0*} = 65,00 + 10,00 = 75,00$$

$$P_{max*} = P_{max} + 10,00$$

P_{max}* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{max*} = 200,00 + 10,00 = 210,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \mp \frac{axV}{g} = \frac{942,78 \times 1,21}{9,81} \sim 116,29 m \text{ (Parmakyan Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{max}$
 $116,29 \leq (75,00 - 6,00)$ ve $(75,00 + 116,29) > 210,00$
 $116,29 \leq (69,00)$ ve $(181,29) > 210,00$ sağlanamadı (SÜRPREZYON yok)
2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{max}$
 $116,29 \geq (75,00 - 6,00)$ ve $(75,00 + 116,29) < 210,00$
 $116,29 \geq (69,00)$ ve $(181,29) < 210,00$ sağlandı (DEPRESYON var)

Kontrol-2:

3. $H_{max} = H_m + \Delta H = 65,00 + 116,00 = 181,00 < 300$ (SÜRPREZYON yok)
 $H_{min} = H_m - \Delta H = 65,00 - 116,00 = -51,00 > 0$ (DEPRESYON var)

Hatta depresyon riski olduğu için hava kazanı yapılarak önlem alınacaktır.

Sadece Depresyon Olması Durumunda ΔP_s ve Hava Kazanı Hacmi Hesabı

$$H_{min} = H_0 - \Delta H$$

$$H_{min} = 75,00 - 116,29 = -41,29$$

$$\Delta P_d = H_0 - H_{min} = 65,00 - 41,00 = 24,00 m$$

$$\frac{\Delta P_d}{H_0^*} = \frac{24,00}{75,00} = 0,32$$

$$2\rho = \frac{axV}{gxH_0^*} = \frac{\Delta H}{H_0^*} = \frac{116,29}{75} = 1,55$$

alınarak abağa girilecektir.

PARMAKYAN ABAĞI (K)	OKUNAN 2C _{0a} /Q _{0L}	OKUNAN $\Delta P_s/H_0^*$
0,0	23	0,50
0,3	19	0,22
0,5	18	0,19
0,7	20	0,12

Buradan en küçük $2xC_0xa/Q_0xL$ değeri için 18,00 için C₀ değeri;

$$C_0 = \frac{18,00 \times Q_0 \times L}{2 \times xa} = \frac{18,00 \times 0,74 \times 3810}{2 \times 942,78} = 26,91$$

$$H_{min}^* = H_0^* \times (1 - P_{dmax}) = 75,00 \times (1 - 0,19) = 60,75$$

$$C' = C_0 \times \left(\frac{H_0^*}{H_{\min}^*} \right) = 26,91 \times \left(\frac{75,00}{60,75} \right) = 33,22 m^3$$

$$V_G = C' \times 1,3 = 33,22 \times 1,30 = 43,19 m^3$$

$$V_{\text{seçilen}} = 50 m^3$$

Hava kazanı boyutları uygulama aşamasında üretici firma tarafından tahkik edilecektir.

Güvenli tarafta kalmak amacıyla, uygulama aşamasında motora volan ekleyerek su darbesinin şiddetini azaltılması sağlanmalıdır.

Yeniden Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta P_s = (\Delta P_s / H_0^*) \times H_0^*$$

$$\Delta P_s = 0,19 \times 75 = 14,24 m$$

$$H_{\max} = H_0 + \Delta P_s < P_{\max} \text{ olmalı,}$$

$$H_0 - \Delta P_d > 0 \text{ olmalı}$$

$$H_{\max} = H_0 + \Delta P_s = 65,00 + 14,24 = 79,24 < 200$$

$$H_{\min} = H_0 - \Delta P_s = 65,00 - 24,00 = 41,00 > 0$$

Olduğu için depresyon yoktur.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = 14,24 m$$

$$\Delta P_d = 24,00 m$$

5.2. TM1 – ANA DEPO ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI**Temel veriler;**

$$Q= 2056,00 \text{ l/sn}$$

$$\varnothing_{\text{dış}}=1626,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

$$\varnothing_{\text{iç}}=1558,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

Boru Tipi : Çelik Boru

$$L= 1836 \text{ m (boru hattı uzunluğu), } t= 20,0 \text{ mm et kalınlığı.}$$

$$H_m=178,00 \text{ m}$$

$$V_{\text{ort}}=1,08 \text{ m/sn}$$

$$h_w= 1,18 \text{ (toplam yük kaybı)}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a:Dalga yayılım hızı

D:Boru iç çapı

t:Boru et kalınlığı

k:karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{\text{ort}} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{1558,0}{20,0}}} = 1061,69 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamanı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x1836}{1061,69} = 3,46 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L / 2000) = 2 - (1836 / 2000) = 1,08$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 1,08 \frac{1,08x1836}{9,81x178,00} = 2,20 \text{ sn}$$

$t_p=2,20 < T=3,89$ sn olduğundan ΔH hesabında Uzun Hat Formülü kullanılır.

H0* ve Pmax* Hesabı;

$$H_0^* = H_0 + 10,00$$

H_0^* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H_0 = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_0^* = 178,00 + 10,00 = 188,00$$

$$P_{max}^* = P_{max} + 10,00$$

P_{max}^* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{max}^* = 300,00 + 10,00 = 310,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \mp \frac{axV}{g} = \frac{1061,69 \times 1,08}{9,81} \sim 117,00 m \text{ (Parmakyan Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{max}$ ise Sürpresyon vardır.

$$117,00 \leq (188,00 - 6,00) \text{ ve } (188,00 + 117,00) > 310,00$$

$$117,00 \leq (182,00) \text{ ve } (305,00) > 310,00 \text{ sağlanamadı } \text{ (SÜRPREZYON yok)}$$

2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{max}$ ise Depresyon vardır.

$$117,00 \geq (188,00 - 6,00) \text{ ve } (188,00 + 117,00) < 310,00$$

$$117,00 \geq (182,00) \text{ ve } (305,00) < 310,00 \text{ sağlanmadı } \text{ (DEPRESYON yok)}$$

Kontrol-2:

3. $H_{max} = H_m + \Delta H = 178,00 + 117,00 = 295,00 < 300$ (SÜRPREZYON yok)

$$H_{min} = H_m - \Delta H = 178,00 - 117,00 = 61,00 > 0 \text{ (DEPRESYON yok)}$$

Hatta sürpresyon ve depresyon meydana gelmemekte olup, sistemin emniyeti açısından terfi hattına

herhangi bir darbe önleyici sistemin teşkiline gerek duyulmamaktadır.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = \Delta H = 117,00 \text{ m}$$

$$\Delta P_d = \Delta H = 117,00 \text{ m}$$

5.3. TM3 – BEYYURDU DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI

Temel veriler;

$$Q= 3,00 \text{ l/sn}$$

$$\varnothing_{dış}=98,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

$$\varnothing_{iç}=84,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

Boru Tipi : Duktıl Boru

L= 466 m (boru hattı uzunluğu), t= 3,0 mm et kalınlığı.

$$H_m=28,00 \text{ m}$$

$$V_{ort}=0,54 \text{ m/sn}$$

$h_w = 2,57$ (toplam yük kaybı)

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a: Dalga yayılım hızı

D: Boru iç çapı

t: Boru et kalınlığı

k: karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{ort} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{84,0}{3,0}}} = 1257,30 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamamı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x466}{1257,30} = 0,74 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L / 2000) = 2 - (466 / 2000) = 1,77$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 1,77 \frac{0,54x466}{9,81x28,00} = 2,62sn$$

$t_p=2,62 > T=0,74$ sn olduğundan ΔH hesabında Kısa Hat Formülü kullanılır.

H₀* ve P_{max}* Hesabı;

$$H_0^* = H_0 + 10,00$$

H_0^* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H_0 = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_0^* = 28,00 + 10,00 = 38,00$$

$$P_{max}^* = P_{max} + 10,00$$

P_{max}^* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{max}^* = 400,00 + 10,00 = 410,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \frac{2xLxV}{gxTp} = \frac{2x466,00x0,54}{9,81x2,62} \sim 20,00m \text{ (Vensano Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{max}$ ise Sürpresyon vardır.
 $20,00 \leq (38,00 - 6,00)$ ve $(38,00 + 20,00) > 410,00$
 $20,00 \leq (32,00)$ ve $(58,00) > 310,00$ sağlanamadı (SÜRPRESYON yok)
2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{max}$ ise Depresyon vardır.
 $20,00 \geq (38,00 - 6,00)$ ve $(38,00 + 20,00) < 410,00$
 $20,00 \geq (32,00)$ ve $(58,00) < 410,00$ sağlanamadı (DEPRESYON yok)

Kontrol-2:

3. $H_{max} = H_m + \Delta H = 28,00 + 20,00 = 48,00 < 400$ (SÜRPRESYON yok)
 $H_{min} = H_m - \Delta H = 28,00 - 20,00 = 8,00 > 0$ (DEPRESYON yok)

Hatta sürpresyon ve depresyon meydana gelmemekte olup, sistemin emniyeti açısından terfi hattına

herhangi bir darbe önleyici sistemin teşkiline gerek duyulmamaktadır.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = \Delta H = 26,00 \text{ m}$$

$$\Delta P_d = \Delta H = 26,00 \text{ m}$$

5.4. MTM – HARPOT DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI**Temel veriler;**

$$Q= 5,07 \text{ l/sn}$$

$$\varnothing_{\text{dış}}=118,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

$$\varnothing_{\text{iç}}=103,0 \text{ mm(Boru iç çapı)}$$

Boru Tipi : Duktıl Boru

$$L= 3003 \text{ m (boru hattı uzunluğu), } t= 3,5 \text{ mm et kalınlığı.}$$

$$H_m=306,00 \text{ m}$$

$$V_{\text{ort}}=0,61 \text{ m/sn}$$

$$h_w= 15,53 \text{ (toplam yük kaybı)}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a:Dalga yayılım hızı

D:Boru iç çapı

t:Boru et kalınlığı

k:karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{\text{ort}} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{84,0}{3,0}}} = 1250,12 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamanı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x3003}{1257,30} = 4,80 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L / 2000) = 2 - (3003 / 2000) = 0,50$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 0,50 \frac{0,61x3003}{9,81x306,00} = 1,31 \text{ sn}$$

$t_p=1,31 < T=4,80$ sn olduğundan ΔH hesabında Uzun Hat Formülü kullanılır.

H₀* ve P_{max}* Hesabı;

$$H_0^* = H_0 + 10,00$$

H_0^* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H_0 = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_0^* = 306,00 + 10,00 = 316,00$$

$$P_{max}^* = P_{max} + 10,00$$

P_{max}^* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{max}^* = 500,00 + 10,00 = 510,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \mp \frac{axV}{g} = \frac{1250,12 \times 0,61}{9,81} \sim 78,00m \text{ (Parmakyan Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{max}$ ise Sürpresyon vardır.

$$78,00 \leq (316,00 - 6,00) \text{ ve } (316,00 + 78,00) > 510,00$$

$$78,00 \leq (310,00) \text{ ve } (394,00) > 510,00 \text{ sağlanamadı (SÜRPREZYON yok)}$$

2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{max}$ ise Depresyon vardır.

$$78,00 \geq (316,00 - 6,00) \text{ ve } (316,00 + 78,00) < 510,00$$

$$78,00 \geq (310,00) \text{ ve } (394,00) < 510,00 \text{ sağlanmadı (DEPRESYON yok)}$$

Kontrol-2:

3. $H_{max} = H_m + \Delta H = 306,00 + 78,00 = 384,00 < 500$ (SÜRPREZYON yok)

$$H_{min} = H_m - \Delta H = 306,00 - 78,00 = 228,00 > 0 \text{ (DEPRESYON yok)}$$

Hatta sürpresyon ve depresyon meydana gelmemekte olup, sistemin emniyeti açısından terfi hattına

herhangi bir darbe önleyici sistemin teşkiline gerek duyulmamaktadır.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = \Delta H = 78,00 \text{ m}$$

$$\Delta P_d = \Delta H = 78,00 \text{ m}$$

5.5. TM4 – KİREÇOĞAĞI.1 DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI

Temel veriler;

$$Q= 238,38 \text{ l/sn}$$

$$\varnothing_{\text{dış}}=532,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

$$\varnothing_{\text{iç}}=510,8 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

Boru Tipi : Duktıl Boru

$$L= 948 \text{ m (boru hattı uzunluğu), } t= 5,6 \text{ mm et kalınlığı.}$$

$$H_m=76,00 \text{ m}$$

$$V_{\text{ort}}=1,16 \text{ m/sn}$$

$$h_w= 2,62 \text{ (toplam yük kaybı)}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a:Dalga yayılım hızı

D:Boru iç çapı

t:Boru et kalınlığı

k:karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{\text{ort}} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{510,8}{5,6}}} = 1023,24 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamanı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x948}{1023,24} = 1,85 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L / 2000) = 2 - (948 / 2000) = 1,52$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 1,52 \frac{1,16x948}{9,81x76,00} = 3,24 \text{ sn}$$

$t_p=3,24 > T=1,85$ sn olduğundan ΔH hesabında Kısa Hat Formülü kullanılır.

H0* ve Pmax* Hesabı;

$$H_0^* = H_0 + 10,00$$

H_0^* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H_0 = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_0^* = 76,00 + 10,00 = 86,00$$

$$P_{max}^* = P_{max} + 10,00$$

P_{max}^* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{max}^* = 300,00 + 10,00 = 310,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \frac{2xLxV}{gxTp} = \frac{2x948,00x1,16}{9,81x3,24} \sim 70,00m \text{ (Vensano Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{max}$ ise Sürpresyon vardır.

$$70,00 \leq (86,00 - 6,00) \text{ ve } (86,00 + 70,00) > 310,00$$

$$70,00 \leq (80,00) \text{ ve } (156,00) > 310,00 \text{ sağlanamadı (SÜRPREZYON yok)}$$

2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{max}$ ise Depresyon vardır.

$$70,00 \geq (86,00 - 6,00) \text{ ve } (86,00 + 70,00) < 310,00$$

$$70,00 \geq (80,00) \text{ ve } (156,00) < 310,00 \text{ sağlanmadı (DEPRESYON yok)}$$

Kontrol-2:

$$3. \quad H_{max} = H_m + \Delta H = 76,00 + 70,00 = 146,00 < 300 \quad (\text{SÜRPREZYON yok})$$

$$H_{min} = H_m - \Delta H = 76,00 - 70,00 = 6,00 > 0 \quad (\text{DEPRESYON yok})$$

Hatta sürpresyon ve depresyon meydana gelmemekte olup, sistemin emniyeti açısından terfi hattına

herhangi bir darbe önleyici sistemin teşkiline gerek duyulmamaktadır.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = \Delta H = 70,00 \text{ m}$$

$$\Delta P_d = \Delta H = 70,00 \text{ m}$$

5.6. TM5 – ABDULLAHPAŞA.2 DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI

Temel veriler;

$$Q= 81,25 \text{ l/sn}$$

$$\varnothing_{dış}=429,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

$$\varnothing_{iç}=409,4 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

Boru Tipi : Duktıl Boru

$$L= 1039 \text{ m (boru hattı uzunluğu), } t= 4,8 \text{ mm et kalınlığı.}$$

$$H_m=129,70 \text{ m}$$

$$V_{ort}=0,62 \text{ m/sn}$$

$$h_w= 1,15 \text{ (toplam yük kaybı)}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a:Dalga yayılım hızı

D:Boru iç çapı

t:Boru et kalınlığı

k:karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{ort} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{409,4}{4,8}}} = 1038,11 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamanı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x1039}{1039,11} = 2,00 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L/2000) = 2 - (1039/2000) = 1,48$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 1,48 \frac{0,62 \times 1039}{9,81 \times 129,70} = 1,75 \text{ sn}$$

$t_p = 1,75 < T = 2,00$ sn olduğundan ΔH hesabında Uzun Hat Formülü kullanılır.

H0* ve Pmax* Hesabı;

$$H_0^* = H_0 + 10,00$$

H_0^* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H_0 = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_0^* = 129,70 + 10,00 = 139,70$$

$$P_{\max}^* = P_{\max} + 10,00$$

P_{\max}^* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{\max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{\max}^* = 300,00 + 10,00 = 310,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \mp \frac{axV}{g} = \frac{1038,11 \times 0,62}{9,81} \sim 66,00 \text{ m (Parmakyan Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{\max}$ ise Sürpresyon vardır.

$$66,00 \leq (139,70 - 6,00) \text{ ve } (139,70 + 66,00) > 310,00$$

$$66,00 \leq (133,70) \text{ ve } (205,70) > 310,00 \text{ sağlanamadı (SÜRPREZYON yok)}$$

2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{\max}$ ise Depresyon vardır.

$$66,00 \geq (139,70 - 6,00) \text{ ve } (139,70 + 66,00) < 310,00$$

$$66,00 \geq (133,70) \text{ ve } (205,70) < 310,00 \text{ sağlanmadı (DEPRESYON yok)}$$

Kontrol-2:

$$3. \quad H_{\max} = H_m + \Delta H = 129,70 + 66,00 = 195,70 < 300 \quad (\text{SÜRPREZYON yok})$$

$$H_{\min} = H_m - \Delta H = 129,70 - 66,00 = 63,70 > 0 \quad (\text{DEPRESYON yok})$$

Hatta sürpresyon ve depresyon meydana gelmemekte olup, sistemin emniyeti açısından terfi hattına

herhangi bir darbe önleyici sistemin teşkiline gerek duyulmamaktadır.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = \Delta H = 66,00 \text{ m}$$

$$\Delta P_d = \Delta H = 66,00 \text{ m}$$

5.7. TM6 – HİLALKENT DEPOSU ARASI TERFİ HATTI DARBE HESAPLARI

Temel veriler;

$$Q= 249,57 \text{ l/sn}$$

$$\varnothing_{\text{dış}}=532,0 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

$$\varnothing_{\text{iç}}=510,8 \text{ mm(Boru dış çapı)}$$

Boru Tipi : Duktıl Boru

$$L= 1895 \text{ m (boru hattı uzunluğu)}, t= 5,6 \text{ mm et kalınlığı.}$$

$$H_m=57,77 \text{ m}$$

$$V_{\text{ort}}=1,22 \text{ m/sn}$$

$$h_w= 5,71 \text{ (toplam yük kaybı)}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + k \times \frac{D}{t}}}$$

a:Dalga yayılım hızı

D:Boru iç çapı

t:Boru et kalınlığı

k:karbon çelik boru için 0,5

Dalga Yayılma Hızı (Selerite) Hesabı;

$$a_{\text{ort}} = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + K \frac{D}{e}}} \text{ m/sn}$$

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48,3 + 0,5 \frac{510,8}{5,6}}} = 1023,25 \text{ m/sn}$$

Dalganın Gidiş ve Dönüş Zamanı (Refleksiyon) Hesabı;

L : Boru hattı uzunluğu

T : Refleksiyon süresi

$$T = \frac{2xL}{a} = \frac{2x1895}{1023,25} = 3,70 \text{ sn}$$

Pompanın Durması İçin Geçen Zamanın Hesabı;

$$K = 2 - (L / 2000) = 2 - (1895 / 2000) = 1,05$$

$$t_p = 1 + Kx \frac{VxL}{gxH_m} = 1 + 1,05 \frac{1,22x1895}{9,81x57,77} = 5,28 \text{ sn}$$

$t_p=5,28 > T=3,70$ sn olduğundan ΔH hesabında Kısa Hat Formülü kullanılır.

H₀* ve P_{max}* Hesabı;

$$H_0^* = H_0 + 10,00$$

H₀* = Hattın başlangıcında normal işletme basıncı, (m)

H₀ = Normal İşletme Basıncı, (m)

$$H_0^* = 57,77 + 10,00 = 67,77$$

$$P_{\max}^* = P_{\max} + 10,00$$

P_{max}* = Hattın başlangıcında izin verilebilir maksimum basınç, (m)

P_{max} = Boru İşletme Basıncı, (m)

$$P_{\max}^* = 300,00 + 10,00 = 310,00$$

Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta H = \frac{2xLxV}{gxTp} = \frac{2x1895,00x1,22}{9,81x5,28} \sim 90,00m \text{ (Vensano Formülü)}$$

Kontrol-1:

1. $\Delta H \leq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) > P_{\max}$ ise Sürpresyon vardır.

$$90,00 \leq (67,77 - 6,00) \text{ ve } (67,77 + 90,00) > 310,00$$

$$90,00 \leq (61,77) \text{ ve } (157,77) > 310,00 \text{ sağlanamadı (SÜRPREZYON yok)}$$

2. $\Delta H \geq (H_0^* - 6,00)$ ve $(H_0^* + \Delta H) < P_{\max}$ ise Depresyon vardır.

$$90,00 \geq (67,77 - 6,00) \text{ ve } (67,77 + 90,00) < 310,00$$

$$90,00 \geq (61,77) \text{ ve } (155,77) < 310,00 \text{ sağlandı (DEPRESYON var)}$$

Kontrol-2:

3. $H_{\max} = H_m + \Delta H = 57,77 + 90,00 = 147,77 < 300$ (SÜRPREZYON yok)

$$H_{\min} = H_m - \Delta H = 57,77 - 90,00 = -32,23 < 0 \text{ (DEPRESYON var)}$$

Hatta depresyon riski olduğu için hava kazanı yapılarak önlem alınacaktır.

Sadece Depresyon Olması Durumunda ΔPs ve Hava Kazanı Hacmi Hesabı

$$H_{\min} = H_0 - \Delta H$$

$$H_{\min} = 67,77 - 90,00 = -22,23$$

$$\Delta P_d = H_0 - H_{\min} = 67,77 - (-22,23) = 90,00m$$

$$\frac{\Delta P_d}{H_0^*} = \frac{90,00}{67,77} = 1,33$$

$$2\rho = \frac{axV}{gxH_0^*} = \frac{\Delta H}{H_0^*} = \frac{90,00}{67,77} = 1,33$$

alınarak abağa girilecektir.

PARMAKYAN	OKUNAN	OKUNAN
-----------	--------	--------

ABAÇI (K)	$2C_{0a}/Q_0L$	$\Delta P_s/H_0^*$
0,0	3,00	0,90
0,3	2,80	0,90
0,5	2,70	0,75
0,7	3,00	0,65

Buradan en küçük $2xC_0xa/Q_0xL$ değeri için 2,70 için C_0 değeri;

$$C_0 = \frac{2,70xQ_0xL}{2xa} = \frac{2,70x0,25x1895}{2x1023,25} = 0,63$$

$$H_{\min}^* = H_0^*(1 - P_{d\max}) = 67,77x(1 - 0,75) = 15,58$$

$$C' = C_0x\left(\frac{H_0^*}{H_{\min}^*}\right) = 0,63x\left(\frac{67,77}{15,58}\right) = 2,74m^3$$

$$V_G = C'x1,3 = 2,74x1,30 = 3,56m^3$$

$$V_{\text{seçilen}} = 5 m^3$$

Hava kazanı boyutları uygulama aşamasında üretici firma tarafından tahkik edilecektir.

Güvenli tarafta kalmak amacıyla, uygulama aşamasında motora volan ekleyerek su darbesinin şiddetini azaltılması sağlanmalıdır.

Yeniden Depresyon ve Sürpresyon Kontrolü;

$$\Delta P_s = (\Delta P_s / H_0^*) \times H_0^*$$

$$\Delta P_s = 0,75 \times 67,77 = 50,83 \text{ m}$$

$$H_{\max} = H_0 + \Delta P_s < P_{\max} \text{ olmalı,}$$

$$H_0 - \Delta P_d > 0 \text{ olmalı}$$

$$H_{\max} = H_0 + \Delta P_s = 67,77 + 50,83 = 118,60 < 300$$

$$H_{\min} = H_0 - \Delta P_s = 67,77 - 50,83 = 16,96 > 0$$

Olduğu için depresyon yoktur.

ΔP_s ve ΔP_d Kabulü

$$\Delta P_s = 50,83 \text{ m}$$

$$\Delta P_d = 16,96 \text{ m}$$