

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PLASTİK BORU ÜRETİMİNE DEĞİŞİK
PARAMETRELERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Kimya Müh. Süleyman DEVECİ

**FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez danışmanı: Prof.Dr. Mualla ÖNER, Yıldız Teknik Üniversitesi

İSTANBUL, 2005

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**PLASTİK BORU ÜRETİMİNE DEĞİŞİK
PARAMETRELERİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Kimya Müh. Süleyman DEVECİ

**FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez danışmanı: Prof.Dr. Mualla ÖNER, Yıldız Teknik Üniversitesi

İSTANBUL, 2005

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
1 GİRİŞ.....	1
2 PLASTİK BORU ÜRETİMİ	2
2.1 Plastikler	2
2.1.1 Polipropilen	5
2.1.2 Polipropilen Random Kopolimer	7
2.2 Polipropilen Boru	8
2.3 Ekstrüzyon.....	9
2.3.1 Akış Mekanizması	15
2.4 Boru üretim prosesi	16
3 İSTATİKSEL PROSES KONTROL.....	25
3.1 Tanımlar	25
3.1.1 Ortalama	25
3.1.2 Değişim Aralığı	26
3.1.3 Standart Sapma	26
3.2 Değişken Kontrol Şemaları	26
3.2.1 \bar{X} -R Kontrol Şemaları.....	28
3.2.2 Proses Yapabilirliği	32
3.2.3 Proses Yapabilirlik İndisleri	32
4 DENEYSEL ÇALIŞMA	36
4.1 Veri Toplaması	36
4.1.1 Dış Çap ve Et Kalınlığı.....	36
4.1.2 Proses Parametreleri	37
4.1.3 Veri Toplama Sıklığı	37
4.2 Verilerin İşlenmesi	38
4.3 Verilerin Değerlendirilmesi.....	39
4.4 İstatiksel Proses Kontrol Analizi	39
4.4.1 A1 Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi	39
4.4.1.1 Dış Çap	44
4.4.1.2 Et Kalınlığı.....	46
4.4.2 A4 Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi	47
4.4.2.1 Dış Çap	48
4.4.2.2 Et Kalınlığı.....	50
4.4.3 A3 Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi	52

4.4.3.1	Dış Çap	52
4.4.3.2	Et Kalınlığı.....	54
4.4.4	B7-Sağ Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi	56
4.4.4.1	Dış Çap	56
4.4.4.2	Et Kalınlığı.....	58
4.4.5	B7-Sol Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi.....	60
4.4.5.1	Dış Çap	60
4.4.5.2	Et Kalınlığı.....	62
4.5	Proses Parametreleri Analizi	64
4.5.1	Vakum-Dış Çap	64
4.5.2	Vakum-Et Kalınlığı	65
4.5.3	Çekme Hızı-Dış çap	67
4.5.4	Çekme Hızı- Et kalınlığı.....	69
4.5.5	Yalak Sıcaklığı-Dış Çap.....	72
5	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
	KAYNAKLAR.....	77
	EKLER.....	78
	Ek 1 İstatiksel proses kontrol ölçüm kartı	79
	Ek 2 İstatiksel proses kontrol ölçüm kartı, hesaplama sayfası.....	80
	Ek 3 A1 hattı istatistiksel proses kontrol ölçüm kartı.....	81
	Ek 4 A4 hattı istatistiksel proses kontrol ölçüm kartı.....	83
	Ek 5 A3 hattı istatistiksel proses kontrol ölçüm kartı.....	85
	Ek 6 B7-Sağ hattı istatistiksel proses kontrol ölçüm kartı.....	87
	Ek 7 B7-Sol hattı istatistiksel proses kontrol ölçüm kartı.....	90
	ÖZGEÇMİŞ.....	93

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Bazı polimerler ve tekrarlayan üniteleri (Braydson, 1999).....	2
Şekil 2.2 İzotaktik yerleşim (Vegt, 2002).....	3
Şekil 2.3 Sindiyotaktik yerleşim (Vegt, 2002)	3
Şekil 2.4 Ataktik yerleşim (Vegt, 2002).....	3
Şekil 2.5 Cis ve Trans yerleşim, polibütadien ve poliizopren (Vegt, 2002)	4
Şekil 2.6 Polietilen için dallanma çeşitleri (Vegt, 2002).....	4
Şekil 2.7 Kopolimer çeşitleri (Vegt, 2002)	5
Şekil 2.8 Polipropilen [5]	5
Şekil 2.9 Propilenin polimerizasyonu [5].....	5
Şekil 2.10 İzotaktik polipropilen [5].....	6
Şekil 2.11 Ataktik polipropilen [5].....	6
Şekil 2.12 Ekstrüder [2].....	9
Şekil 2.13 Ekstrüder vidasının 3 bölgesi (Rauwendaal, 2001).....	10
Şekil 2.14 Ekstrüder vidasının soğutulması (Rosato, 1997).....	11
Şekil 2.15 Kovan sıcaklığının erime oranına etkisi (Rauwendaal, 2000)	12
Şekil 2.16 Değişik karıştırma bölgesi tasarımları (Crawford, 2002).....	13
Şekil 2.17 Havalandırma bölgesi olan ekstrüderin bölgeleri (Crawford, 2002).....	14
Şekil 2.18 Dizayn Grup plastik boru üretimi blok diyagramı	17
Şekil 2.19 Dizayn Grup plastik boru üretimi akış diyagramı	18
Şekil 2.20 Vakum tankı ve kalibre yerleşiminin şeması	19
Şekil 2.21 Değişik kalibre tasarımları [4].....	20
Şekil 2.22 Vakum tankı [1]	21
Şekil 2.23 Su soğutma tankı [1]	22
Şekil 2.24 Çekici [1].....	23
Şekil 2.25 Boru devirme makinası [1].....	24
Şekil 3.1 Kontrol şeması (Wieringa, 1999).....	27
Şekil 3.2 X-R şeması	30
Şekil 3.3 Proses yapabilirliği (Oakland, 2003).....	32
Şekil 3.4 UCL proses yapabilirlik indisi (Oakland, 2003)	33
Şekil 3.5 Proses duyarlılığı (Oakland, 2003).....	34
Şekil 3.6 Proses yapabilirliği-ortalananmamış proses (Oakland, 2003)	34
Şekil 4.1 Borunun dış çapı ve et kalınlığı.....	37
Şekil 4.2 A1 hattı dış çap X-R grafiği	45

Şekil 4.3	A1 hattı et kalınlığı X-R grafiği	47
Şekil 4.4	A4 hattı dış ap X-R grafiği	49
Şekil 4.5	A4 hattı et kalınlığı X-R grafiği	51
Şekil 4.6	A3 hattı dış ap X-R grafiği	53
Şekil 4.7	A3 hattı et kalınlığı X-R grafiği	55
Şekil 4.8	B7-Sağ hattı dış ap X-R grafiği	57
Şekil 4.9	B7-Sağ hattı et kalınlığı X-R grafiği	59
Şekil 4.10	B7-Sol hattı dış ap X-R grafiği	61
Şekil 4.11	B7-Sol hattı et kalınlığı X-R grafiği	63
Şekil 4.12	A1 hattı, vakum- dış çap grafiği	64
Şekil 4.13	B7-Sağ hattı, vakum dış çap grafiği	65
Şekil 4.14	B7-Sol hattı, vakum-dış çap grafiği	65
Şekil 4.15	A1 hattı, vakum-et kalınlığı grafiği	66
Şekil 4.16	A4 hattı, vakum-et kalınlığı grafiği	66
Şekil 4.17	A3 hattı, vakum-et kalınlığı grafiği	66
Şekil 4.18	A1 hattı, çekme hızı-dış çap grafiği	68
Şekil 4.19	A4 hattı, çekme hızı-dış çap grafiği	68
Şekil 4.20	A3 hattı, çekme hızı- dış çap grafiği	69
Şekil 4.21	B7-Sağ hattı, çekme hızı-dış çap grafiği	69
Şekil 4.22	A1 hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği	70
Şekil 4.23	A4 hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği	71
Şekil 4.24	B7-Sağ hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği	71
Şekil 4.25	B7-Sol hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği	71
Şekil 4.26	A1 hattı, yalak sıcaklığı-dış çap grafiği	73
Şekil 4.27	B7-Sağ hattı, yalak sıcaklığı-dış çap grafiği	73
Şekil 4.28	B7-Sol hattı, yalak sıcaklığı-dış çap grafiği	73

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Polipropilen malzemenin bazı özellikleri (Yağcı, 1999).....	6
Çizelge 3.1 X-R şeması katsayıları (Stamatis, 2003).....	31
Çizelge 4.1 Ölçüm tablosu taslağı.....	38
Çizelge 4.2 A1 hattı istatistiksel proses kontrol değerleri.....	44
Çizelge 4.3 A4 hattı istatistiksel proses kontrol değerleri.....	48
Çizelge 4.4 A3 hattı istatistiksel proses kontrol değerleri.....	52
Çizelge 4.5 B7-Sağ hattı istatistiksel proses kontrol değerleri.....	56
Çizelge 4.6 B7-Sol hattı istatistiksel proses kontrol değerleri.....	60
Çizelge 5.1 Proses parametrelerinin dış çap ve et kalınlığı üzerine etkileri.....	74
Çizelge 5.2 Üretim hatlarındaki ortalama çap ve et kalınlığı değerleri ve sapmalar.....	75
Çizelge 5.3 SPC özet tablo.....	75

ÖNSÖZ

Akışkanları taşınması amacı ile plastik boruların hem endüstriyel hem de evsel uygulamalarda kullanımı git gide artmaktadır. Plastik boruların ekonomik ve yeterli kalitede üretilmesi ise üretimi etkileyen faktörlerin iyi anlaşılmasına bağlıdır.

Bu çalışmada, plastik boru üretimini etkileyen bazı parametreler istatistiksel yöntemlerle incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Tez çalışmalarım sırasında hiçbir konuda yardımını ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof.Dr. Mualla Öner'e, tezin hazırlanması için gerekli olan teknik donanım ve olanakları sağlayan Dizayn Teknik Plastik Boru ve Elemanları San. Ve Tic A.Ş çalışanlarına ve eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi yardımlarını benden esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

İstatiksel proses kontrol teknikleri kullanılarak, polipropilen random kopolimer hammaddeden yapılan plastik boruların dış çap ve et kalınlığı değerlerine prosesin vakum, çekme hızı ve yalak sıcaklığı değerlerinin etkileri incelenmiştir.

Ekstrüder devri, hammadde, vakum, soğutma suyu sıcaklığı, çekme hızı, girilen ve ölçülen gramajlar, dış çap ve et kalınlığı verileri belirli zaman aralıkları ile toplanmış, bu veriler ile prosesin X-R kontrol şemaları çizilmiş ve proses yapabilirlik analizleri yapılmıştır. Dış çap ve et kalınlığı değerlerinin proses parametrelerine karşılık grafikleri çizilmiş ve eğilimler belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, plastik boru ekstrüzyonunda et kalınlığı değerlerini istatiksel olarak kontrol altında tutmak dış çapa nazaran daha kolay olduğu anlaşılmıştır. Dış çap; vakum, çekme hızı ve yalak sıcaklığı parametreleri ile doğru orantılı; et kalınlığı değerlerinin ise vakum ve çekme hızı ile ters orantılı olduğu gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Plastik boru, ekstrüzyon, istatiksel proses kontrol.

ABSTRACT

The effects of vacuum, haul-off speed and cooling water temperature on the outer diameter and the wall thickness of the plastic pipes, made from polypropylene random copolymer raw material, were investigated using statistical process control techniques.

The extruder speed, raw material, vacuum, cooling water temperature, haul-off speed, both given and measured weights, outer diameter and wall thickness data were collected in a defined time period and then X-R control schemes were drawn and process capability analysis were examined. The graphs for outer diameter and wall thickness versus process parameters were drawn and the tendencies were determined.

We found that it is easier to keep wall thickness under statistical control than outer diameter in plastic pipe extrusion. It was observed that the outer diameter has a linear relationship with vacuum, haul-off speed and cooling water temperature, but the wall thickness has an inverse relationship with vacuum and haul-off speed.

Keywords: Plastic pipe, extrusion, statistical process control.

1 GİRİŞ

Plastikler bütün dünyada demir, tahta ve cam gibi malzemelerin yerine alternatif malzeme olarak kullanılmakta ve her gün yeni uygulamalara imkân sağlamaktadır. Gerek ekonomik, gerekse kolay uygulanabilir olması, plastiğin diğer maddelere göre tüketimini hızla artırmakta ve plastik tüketiminin fazlalığı, ülkelerin gelişmişliğinin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Dünya plastik tüketimini yönlendiren sektörlerin başında ambalaj sanayi % 29 ile birinci sırada olup, bunu % 24 ile inşaat sanayi izlemektedir.

Yapı endüstrisinde alternatif malzemelerle kıyaslandığında, plastikler çevresel olarak genellikle daha iyi değerlendirilmektedirler. Kaynak tasarrufuna ilaveten, inşaatlarda kullanılan pek çok plastiğin tüm ömrü boyunca düşük bakım maliyeti gerektirmesi ve iyi şekilde geri kazanılabilmesi bu değerlendirmeler üzerinde pozitif bir etki yaratmaktadır.

Plastik borular ise inşaat sektöründe plastik kullanımının büyük bir kısmını kapsar. Ülkemizde bu sektörü hareketlendiren konuların başında yeni bölgelerin doğalgaz kullanımına geçmesi, artan ihracat potansiyeli ve birikmiş konut ihtiyacı gelmektedir

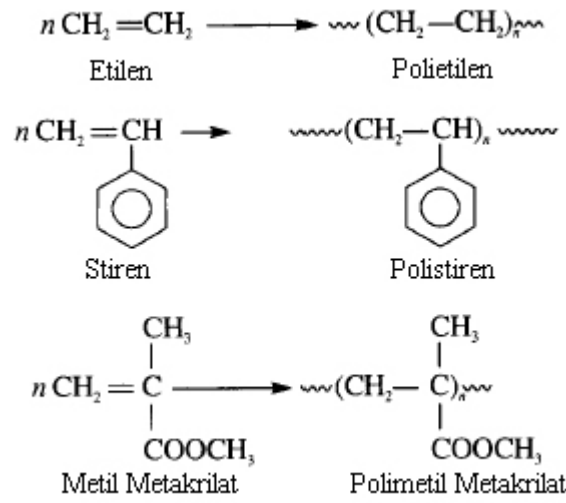
Plastik boruların inşaat sektöründeki önemli kullanım alanlarından birisi de sıhhi tesisat borularıdır. Sıhhi tesisat borularında kimyasal maddelere karşı dayanımı ve ısı aktarım özelliklerinden dolayı daha çok polipropilen random kopolimer hammadde kullanılır.

Üretilen boruların dış çapları, et kalınlıkları, birim ağırlıkları ve toleransları TS 10595 standardına uygun olmalıdır. Bu çalışmada, Dizayn Teknik firmasının merkez fabrikasında üretilen polipropilen random kopolimer temiz su sıhhi borularının et kalınlığı ve dış çap değerlerinin proses parametreleri ile olan ilişkisi istatistiksel proses kontrol yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

2 PLASTİK BORU ÜRETİMİ

2.1 Plastikler

Plastikler, monomer denilen kimyasal ünitelerden meydana gelen, yüksek molekül ağırlığına ve zincir şeklinde bir yapıya sahip sentetik malzemelerdir. Bir monomer, polimerizasyon neticesinde başka monomer molekülleri ile birleşerek; tekrarlanan ünitelerden oluşan çok uzun bir zincir şeklinde bir makro molekül meydana getirmektedir (Şekil 2.1). Böylece çeşitli monomerler veya monomer kombinasyonu kullanılarak çeşitli tipte plastikler elde edilmektedir.



Şekil 2.1 Bazı polimerler ve tekrarlayan üniteleri (Braydson, 1999)

Polimerler zincir yapısı göz önüne alındığında, tek zincirli ve ağ yapı olmak üzere iki alt kategoriye ayrılabilirler. Tek zincirli lineer moleküllerdir ve zincir yapısında dallanmalar olabilir. Ağ yapıda ise moleküller zincirler kimyasal bağlarla birbirlerine bağlanmışlardır ve bu nedenle ağ yapı kendi başına büyük bir moleküldür.

Değişik bir sınıflandırma ile de plastikleri üç gruba ayırabiliriz. Termoplastikler; çapraz bağ yapmamış sistemlerdir. Sıcaklık artırıldığında akışkanlaşırlar ve sıcaklık düşürüldüğünde tekrar katı hallerine dönerler. Sentetik elastomerler; termoplastiklerin bir örneğidir, ancak bunlar yumuşatılmış bir durumdadırlar. Akış özelliği göstermelerinin yanı sıra, çapraz bağlanma ile ağ yapı oluşmasından sonra akışkanlıklarını yitirirler ancak şekillerini korurlar. Termosetler; isimlerini çoğunlukla yüksek sıcaklıklarda oluşan reaksiyonlar sonucu ağ yapının oluşmasından alırlar. Termoset malzemeler sıcaklık artışı ile sertlik veya rijitliklerinde artma göstermezler, yumuşarlar ama akışkanlık kazanmazlar (Vegt, 2002).

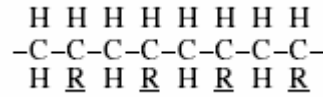
Polimer zincirleri genelde düzenli olarak oluşurlar, fakat bazı durumlarda değişik oluşumlar meydana gelebilir. Bu konu incelenirken, monomer yerleşimi, yan grupların durumu, çift bağların durumu, dallanma ve kopolimer yapı göz önünde bulundurulmalıdır.

Monomerlerin yerleşimi; prensip olarak kafa-kuyruk ya da kafa-kafa şeklinde olabilir. Bir vinil polimerini ($-\text{CH}_2\text{-CHR}-$) örnek alırsak;

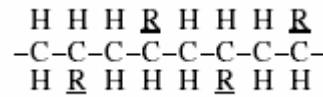
$-\text{CH}_2\text{-CHR-CH}_2\text{-CHR-CH}_2\text{-CHR-}$ veya

$-\text{CH}_2\text{-CHR-CHR-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CHR-}$ şeklinde yerleşim olabilir. Pratik olarak genelde kafa-kuyruk şeklinde yerleşimler oluşur. Yan grupların durumu, örneğin $-\text{CH}_2\text{-CHR-}$ zinciri düzenli ya da düzensiz olabilir.

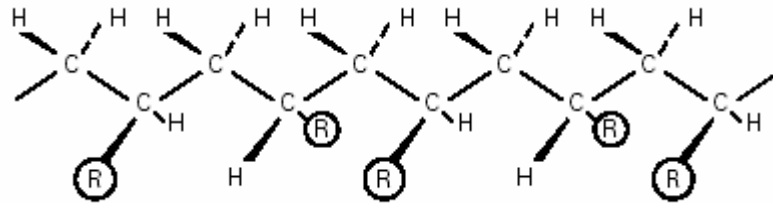
Düzenli ve yan grupların hepsi aynı tarafta ise izotaktik (Şekil 2.2), düzenli ama yan gruplar alternatif olarak yerleşmişse sindiyotaktik (Şekil 2.3), düzensiz bir yerleşim varsa ataktik (Şekil 2.4) olarak adlandırılır.



Şekil 2.2 İzotaktik yerleşim (Vegt, 2002)

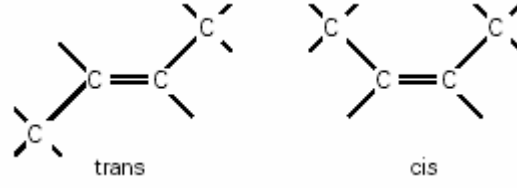


Şekil 2.3 Sindiyotaktik yerleşim (Vegt, 2002)



Şekil 2.4 Ataktik yerleşim (Vegt, 2002)

Çift bağların durumu; ana zincirdeki bir çift bağın etrafında iki türlü konfigürasyon olabilir. Bağlar aynı tarafta ise “cis”, farklı taraflarda iseler “trans” olarak adlandırılır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Cis ve Trans yerleşim, polibütadien ve poliizopren (Vegt, 2002)

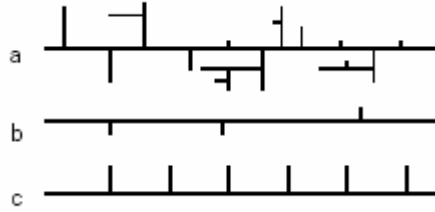
Cis-1,4 Poliisopren ve Trans-1,4 Poliisopren çok farklı özellikler gösterirler. Tek bir zincirde cis ya da trans konfigürasyonu karışık bir şekilde yerleşim gösterebilirler.

Dallanmalar zincir etrafında gelişigüzel ve karışık bir şekilde oluşurlarsa zincir düzenini bozarlar. Örnek olarak Polietilen için dallanma tipleri aşağıda verilmiştir (Şekil 2.6)

a-) Kuvvetli dallanma: alçak yoğunluklu polietilen (LDPE)

b-) Zayıf dallanma: yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)

c-) Kuvvetli dallanma ama dallanmalar daha düzenli: lineer alçak yoğunluklu polietilen (LLDPE)



Şekil 2.6 Polietilen için dallanma çeşitleri (Vegt, 2002)

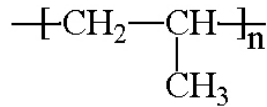
Kopolimerizasyon: Kopolimerizasyon ile monomer dizilişleri gelişigüzel olur ve düzensiz zincirler oluşur. Monomerlerin zincir üzerinde yerleşimlerine göre kopolimerler random, blok, graft ve ardışık kopolimerler olarak sınıflara ayrılır. Şekil 2.7’de bu kopolimerler görülmektedir.

$-A-A-B-A-B-B-B-A-B-A-A-A-B-B-A-$	Random Kopolimer
$-(A-A-A-A)-(B-B-B-B)-(A-A-A-A)-(B-B-B-B)-$	Blok Kopolimer
$ \begin{array}{cccc} -A-A-A-A- & -A-A-A-A- & -A-A-A-A- & -A-A-A-A- \\ \begin{array}{c} B \\ B \\ B \end{array} & \begin{array}{c} B \\ B \\ B \end{array} & \begin{array}{c} B \\ B \\ B \end{array} & \begin{array}{c} B \\ B \\ B \end{array} \end{array} $	Graft Kopolimer
$-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-$	Ardışık Kopolimer

Şekil 2.7 Kopolimer çeşitleri (Vegt, 2002)

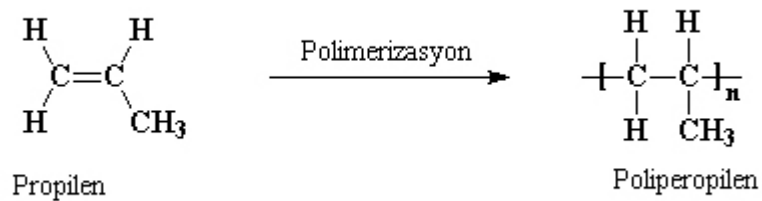
2.1.1 Polipropilen

Polipropilen, çok az ya da hiç doymamış hidrokarbon içermeyen lineer bir polimerdir (Şekil 2.8).



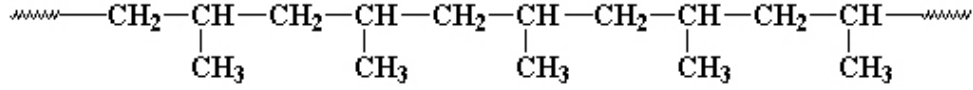
Şekil 2.8 Polipropilen [5]

Polipropilen yapısal olarak bir vinil polimerdir ve polietilene benzer. Polietilenden farklı olarak zincir omurgasındaki her monomere metil grubu eklenmiştir. Polipropilen Şekil 2.9’da gösterildiği gibi propilen monomerinin Zeigler-Nata Polimerizasyonu veya Metalosen Kataliz Polimerizasyonu ile üretilir (Braydson, 1999) .

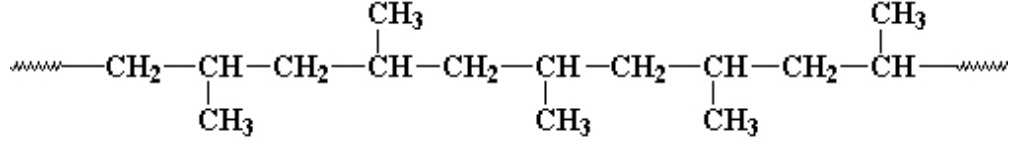


Şekil 2.9 Propilenin polimerizasyonu [5]

Polimerizasyon sırasında metil gruplarının ana zincire bağlanma düzenine göre izotaktik (Şekil 2.10) ya da ataktik (Şekil 2.11) yapı oluşur.



Şekil 2.10 İzotaktik polipropilen [5]



Şekil 2.11 Ataktik polipropilen [5]

Polipropilen homopolimer veya kopolimer olabilir. Kopolimer yapı polimerizasyon sırasında ana zincir yapıya farklı bir monomerin eklenmesi ile oluşur. Bu iki farklı monomerin zincir yapısındaki dizilişine göre de blok, random kopolimerler oluşabilir. Çizelge 2.1'de polipropilen malzemelerin bazı özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 Polipropilen malzemenin bazı özellikleri (Yağcı, 1999)

Özellik	Birim	Değer	Test Metodu
Özgül Ağırlık	g/cm ³	0,90-0,91	ASTM D1501
Akmada gerilme direnci	Kg/cm ²	300-350	ASTM D683
Kopma noktasında uzama	%	600-700	ASTM D683
Bükülme mukavemeti	Kg/cm ²	7500-8000	ASTM D747
Rockwell	R-scale	90-94	ASTM D785
Su absorpsiyon hızı	% ağırlık kazancı	<0.03	ASTM D570
Dielektrik Sabiti	X 10 ⁶ CS	2,2-2,3	ASTM D150
Termal İletkenlik	Kcal/cm/cm ² /sn/°C	2,7x10 ⁻⁷	
Termal genişleme katsayısı	mm/mm/°C	110x10 ⁻⁶	ASTM D695

Polipropilen halojenleri içeren, nitrik asit ve çok kuvvetli oksitleyici maddelerden başka kimyasal maddelerce etkilenmez. Oda sıcaklığında polipropilene hiçbir çözücü yoktur. Deterjanlar polimeri etkilemez. Ayrıca oksitleyici olmayan asitlere karşı yüksek

sıcaklıklarda çok iyi direnç göstermektedir. Sülfürik asit gibi oksitleyici asitlere karşı dayanımı sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Böylece malzemenin mekanik özellikleri de gittikçe azalmaktadır.

Polipropilenin grupları:

- 1) “A-A-A-A.....A-A-A-A-A..” (Polipropilen homopolimer - PPh)
- 2) “A-B-A-B-....A-B-A-B...” (Polipropilen kopolimer - PPc)
- 3) “AAA-BB-....-AAA-BB...” (Polipropilen blok kopolimer - PPb)
- 4) “ABAABBB...ABAABA...” (Polipropilen random kopolimer- PPr) şeklinde tanımlanmıştır.

2.1.2 Polipropilen Random Kopolimer

Polipropilen random kopolimer (PPRC), ana zincir yapısı farklı bir monomer molekülü ile modifiye edilmiş bir polipropilen tipidir. Komonomer olarak en çok etilen kullanılır. Bu modifikasyon polipropilen (PP)’nin fiziksel özelliklerinde değişmeye neden olur. Polipropilen homopolimer ile karşılaştırıldığında, PPRC daha iyi optik özelliklere, daha iyi darbe dayanımına ve daha iyi esneklik özelliğine sahiptir. Aynı zamanda erime noktası daha düşüktür. Kimyasal dayanım ve su buharı bariyeri özelliği açısından homopolimer ile aynıdır.

PPRC %1–7 (ağırlıkça) etilen ve %93–99 propilen moleküllerinden oluşur. Etilen molekülleri polimer zincirinde propilen molekülleri arasına gelişigüzel olarak eklenmiştir.

PPRC homopolimerden farklıdır, çünkü polimer zincirine gelişigüzel eklenmiş etilen molekülleri, polimer moleküllerinin kristal tipi yerleşmesine engel olurlar ve polimerin kristalinitesini düşürürler. Kristalinitedeki bu düşme rijitlikte azalma ve darbe dayanımında artmaya ve opaklık gibi fiziksel özelliklerde değişmelere neden olur. Etilen kopolimerleri aynı zamanda daha düşük erime noktasına sahiptirler ve bu durum bazı uygulamalarda avantaj sağlar.

Diziliş yapılarından dolayı en yumuşak polipropilen random kopolimer, en sert ve kırılğan polipropilen homopolimerdir.

Polipropilenin kullanıldığı yerler aşağıda özetlenmiştir;

- Homopolimer

a) Enjeksiyon baskı: Ev ve mutfak eşyaları, oyuncaklar, mobilya çiçek kapları elbise iğneleri, paketlenme, şırınga, analiz tüpleri, ilaç kapları vs. yani sağlık amaçlı olarak kullanılmaktadır.

b) Ekstrüder: Deterjan, yiyecek kutuları, şişeleri, günlük sebze koruyucuları (artan yemekleri saklamak için) boru, profil, levha ve ince film yapımı gibi yerlerde kullanılmaktadır.

- Blok ve random kopolimerler:

a) Enjeksiyon baskı: İnce et kalınlıklı paketlenme tüpleri, çaydanlık, yağlı ürünleri koymak için kaplar, ufak kovalar, soğutma kapları, ev eşyaları, çamaşır makinesi parçaları, oyuncaklar, bidon, bahçe mobilyaları, otomotive aletleri gibi yerlerde kullanılmaktadır.

b) Ekstrüder: Film, levha, şişe, otomotive parçaları, takım kutuları, deterjan kutuları, yiyecek kutuları, basınçlı boru ve ek parçaları, sağlıkla ilgili alanlarda kullanılmaktadır.

2.2 Polipropilen Boru

Polipropilen boru TSE 9937 standardında aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır;

“Polipropilen boru, propilenin polimerizasyonundan elde edilen ve termoplastik özelliğe sahip homopolimer polipropilenden veya esas bileşeni polipropilen olmak şartı ile propilenin etilen ile kopolimerizasyonundan elde edilen ve termoplastik özelliğe sahip blok veya random kopolimer olan polipropilenden yapılmış borulardır.”

Aynı standarda göre, borular göz ile muayeneye tabi tutulduğunda, mat olmalı, uçları boru eksenine dik olarak kesilmiş, renk ve diğer özellikleri itibari ile homojen olmalı ve çatlak, delik, kabarcık, yabancı madde veya homojenliği etkileyecek herhangi bir kusur bulunmamalıdır.

Malzemenin hazırlanmasında kullanılan antioksidanlar ve diğer katkı maddeleri önceden belirlenmelidir.

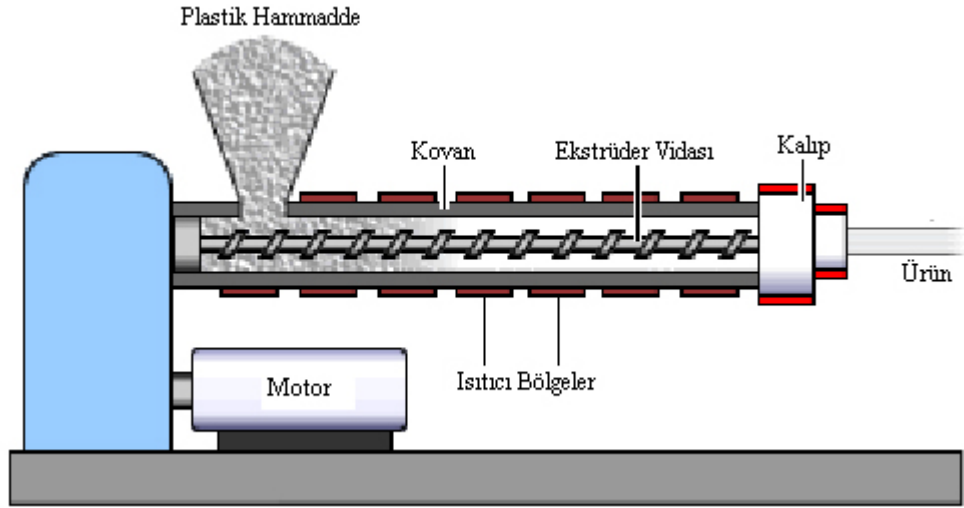
Bu standardın şartlarına uygun olarak, aynı üretici tarafından üretilen boruların artık ve temiz malzemeleri, boru hamurunun içindeki oranı %10'u geçmemek kaydıyla üretimde tekrar kullanılabilir.

Boruların dış çapları, et kalınlıkları, toleransları ve birim kütleleri TS 9937'de belirtildiği gibi ölçüldüğünde TS 10595'e uygun olmalıdır.

2.3 Ekstrüzyon

Ekstrüzyon en sık kullanılan plastik işleme yöntemlerinden birisidir. Termoplastik malzemelerin ekstrüzyonu için ilk makine (ekstrüder) 1935 yıllarında Paul Troseter tarafından Almanya’da yapılmıştır (Rauwendaal, 2001).

Genellikle granül ya da toz halinde bulunan plastik hammaddesi bir besleme tankından ekstrüder vidasına beslenir (Şekil 2.12). Plastik vida kovanı boyunca, kovan etrafındaki ısıtıcılar ve vidanın dönmesi ile içeride oluşan “kesme (shear)” ile ısınarak hareket eder. Plastiğin sıkışması için vida dişlerinin derinliği vida boyunca azalır. Ekstrüder çıkışında plastik eriyiği istenilen şekilde bir ekstrudat oluşturulmak üzere bir kalıptan geçer (Vegt, 2002, Crawford, 2002) .



Şekil 2.12 Ekstrüder [2]

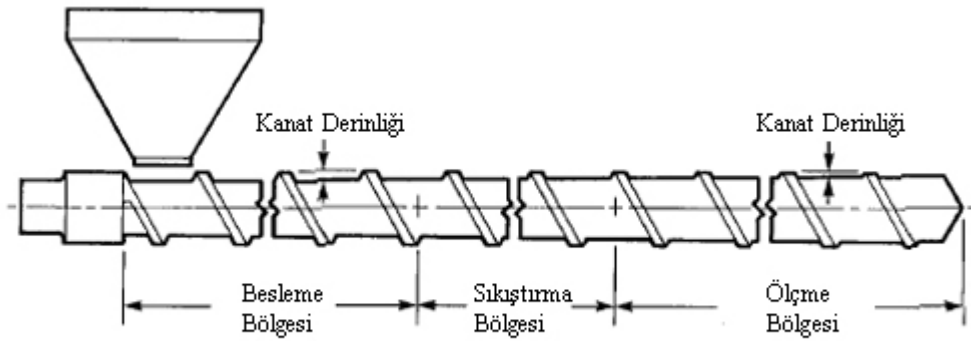
Ekstrüder vidası makinenin en önemli bölümüdür, tüm olaylar vida etrafında gelişir. Malzemenin ileriye doğru hareketi vidanın dönmesi ile olur, vida plastiğin ısıtılmasına büyük katkıda bulunur ve aynı zamanda malzemenin homojenleşmesini de sağlar. En basit terimlerle, vida değişik çapta bir rotun etrafını sarmış helisel kanatlardan oluşmuştur. Vida kanadından kanadına olan dış çap genelde rot boyunca sabittir. Vida ile kovan arasındaki açıklık ise genelde küçüktür (Rosato, 1997)

Temel olarak bir ekstrüder vidası Şekil 2.13’de gösterildiği gibi 3 bölgeden oluşur (Crawford, 2002).

1-Besleme Bölgesi: Bu bölgenin işlevi plastiğe ön bir ısıl işlem uygulamak ve sonraki bölgeye taşımaktır. Bu bölgenin tasarımı önemlidir, çünkü sabit vida derinliği bir sonraki

bölgenin boş bırakmayacak kadar yeterli ve aynı zamanda bir sonraki bölgeyi fazla sıkıştırmayacak kadar az plastiği besleyebilmelidir (Crawford, 2002) .

Ekstrüder kovanındaki taşıma işlemi vidanın dönmesi ile sağlanır. Vidanın dönmesi ile sağlanan bu akışa sürüklenme akışı denir. Ekstrüder kalıbından akış, kalıp giriş ve çıkışındaki vida tarafından sağlanan basınç farkı sayesinde olur. Çıkıştaki basınç sabit atmosferik basınç olduğundan, ekstrüder çıkışı (output) direkt olarak kalıp girişindeki ya da kalıp kafasındaki basınç ile belirlenir (Rauwendaal, 2000).



Şekil 2.13 Ekstrüder vidasının 3 bölgesi (Rauwendaal, 2001)

Bu bölgenin en uygun tasarımı hammaddenin çeşidi, şekli ve plastiğin sürtünme özellikleri ile alakalıdır. Hammadde olarak kullanılacak olan plastiğin sürtünme davranışları elde edilecek olan plastik eriyik üzerinde önemli etkilere sahiptir (Crawford, 2002, Rosato, 1997).

2-Sıkıştırma Bölgesi: Bu bölgede vida derinliği kademeli olarak plastiği sıkıştırmak amacı ile azalır. Bu sıkıştırma işleminin hava boşluklarının alınması ve daha düşük kalınlıklarda malzeme üzerindeki ısı aktarımını artırmak gibi iki temel amacı vardır (Crawford, 2002).

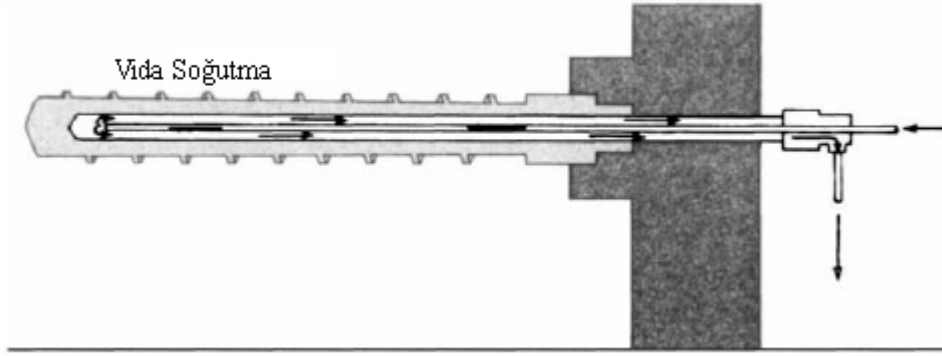
3-Ölçme Bölgesi: Bu bölgede vida derinliği yine sabittir, fakat besleme bölgesine nazaran vida derinliği daha azdır. Ölçme bölgesinde malzeme kalıba uniform sıcaklık, basınç ve sabit besleme oranında girmesi için homojenleştirilir. Bu bölge uniform bir kanalda viskoz bir eriyik içerdiği için analiz edilmesi gereken en doğru yerdir (Crawford, 2002).

Ekstrüderi ısıtma işlemi, makineyi çalıştırabilmek için uygun sıcaklığa getirmek ve normal bir operasyon için istenilen sıcaklıkları elde etmek ve ayarlamak amacı ile gereklidir. Ekstrüderi ısıtmanın elektrik, akışkan ve buhar ile ısıtma olmak üzere üç yöntemi vardır. Elektrik ile ısıtma ekstrüderi ısıtmak için en çok kullanılan yöntemdir (Rauwendaal, 2001) .

Ekstrüzyon prosesinde iki ısı kaynağı vardır. Bunlardan birisi ekstrüder etrafına sarılan ısıtma elemanlarıdır, diğeri ise sürtünmeden ve plastik içindeki viskoz ısı oluşumundan kaynaklanır.

Sürtünme ile oluşan ısı plastik parçacıklarının kendi aralarında birbirleri ile ve kovan ve vida yüzeyine sürtünmesi ile oluşur. Viskoz ısınma ise plastik eriyiğin vidanın dönmesi ile gerilmesinden oluşur. Viskoz ısınma plastiğin viskozitesi ve eriyik içerisindeki kesme gerilimi ile belirlenebilir (Rauwendaal, 2000).

Kovan ile plastik arasındaki ara yüzün toplam plastik-metal ara yüzünün %50'sini oluşturduğu bilinmelidir. Bu nedenle, kovan etrafındaki ısıtma veya soğutma üniteleri ile toplam ısı aktarım alanının %50'sine ulaşılabilir. Bu durumda vida yüzeyi ısı transferinde önemli bir rol alır. Birçok ekstrüderde vida ısıtması veya soğutması kullanılmaz. Eğer dış ısıtma veya soğutma gereksinimi az ise vida ısıtması veya soğutmasına genelde gerek duyulmaz. Fakat dış ısıtma veya soğutma gereksinimi fazla ise, bu durumda vida ısıtması veya soğutması önem kazanır ve bazı durumlarda temel gereksinim olur. Şekil 2.14'de vida soğutması gösterilmiştir (Rosato, 1997).

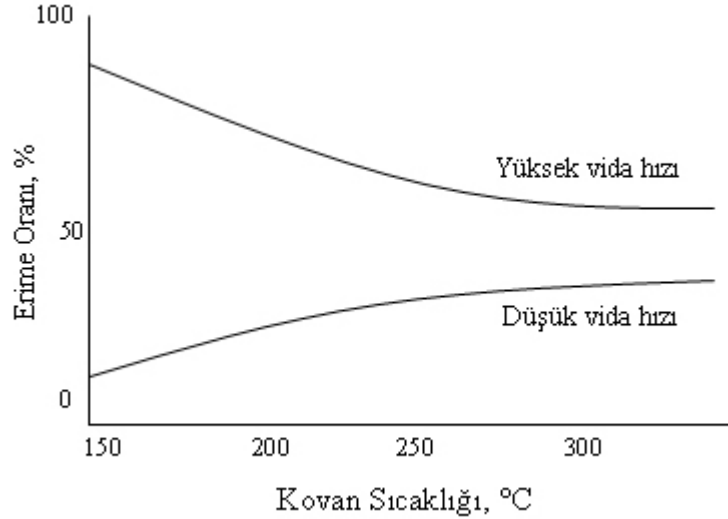


Şekil 2.14 Ekstrüder vidasının soğutulması (Rosato, 1997)

Ekstrüder soğutma işlemi hem zor hem de prosesin enerji verimini düşürdüğü için istenmeyen bir prosestir. Eğer bir ekstrüzyon prosesi çok miktarda soğutma gerektiriyorsa bu durum aslında prosesin düzgün tasarlanmadığına işarettir (Rauwendaal, 2001).

Yüksek plastik eriyik viskozitesi sonucu viskoz ısı oluşumu önem kazanır. Pratikte çoğu ekstrüderde asıl ısı kaynağı sürtünmeden ve viskoz akıştan kaynaklanan ısıdır. Bu durum daha çok yüksek vida hızlarında geçerlidir. Düşük vida hızlarında, ekstrüder etrafına sarılan ısıtma elemanlarının katkısı daha da artar ve viskoz ısınmanın etkisi azalır. Bununla beraber, vida hızı arttıkça viskoz ısınmanın katılımı artar ve kovan ısıtıcılarının katılımı azalır. Kovan ısıtıcıları genelde ekstrüzyon prosesine çok az bir katkıda bulunur. Sürtünme ile ve viskoz ısı oluşumu temelde ekstrüder motorunun mekanik enerjisinin plastiğin sıcaklığını artırmak üzere ısı enerjisine dönüşümüdür (Rauwendaal, 2000).

Kovan sıcaklığı arttıkça, kovan ısıtıcılarından erime işlemi için kullanılan ısı miktarı artar. Fakat bunun yanında, yüksek kovan sıcaklığı eriyiğin viskozitesini düşüreceği için eriyikteki viskoz ısı oluşumu azalacaktır. Kovan ısıtıcılarının gerekli ısının büyük bir kısmını sağladığı düşük vida hızlı proseslerde yüksek kovan sıcaklıkları erimeyi artıracaktır (Şekil 2.15). Yüksek vida hızlarında ise gerekli ısının büyük bir kısmı viskoz ısı oluşumundan sağlandığı için kovan sıcaklıklarının artırılması ekstrüderdeki erimeyi azaltacaktır (Rauwendaal, 2000) .



Şekil 2.15 Kovan sıcaklığının erime oranına etkisi (Rauwendaal, 2000)

Ticari ekstrüderlerde çıkış kalitesini artırmak amacı ile vida ek bölgeler içerebilir. Örneğin vida adımlarının küçültüldüğü karıştırma bölgesinden oluşan vidalar kullanılabilir. Bu bölgenin amacı uniform bir eriyik elde etmektir ve genellikle vidanın ölçme bölgesinde olur. Şekil 2.16'da bazı karıştırma bölgesi tasarımları görülmektedir (Crawford, 2002).



Paralel Kesimli Karıştırma Kanatları



Yüzük Tipi Bariyer Karıştırıcısı



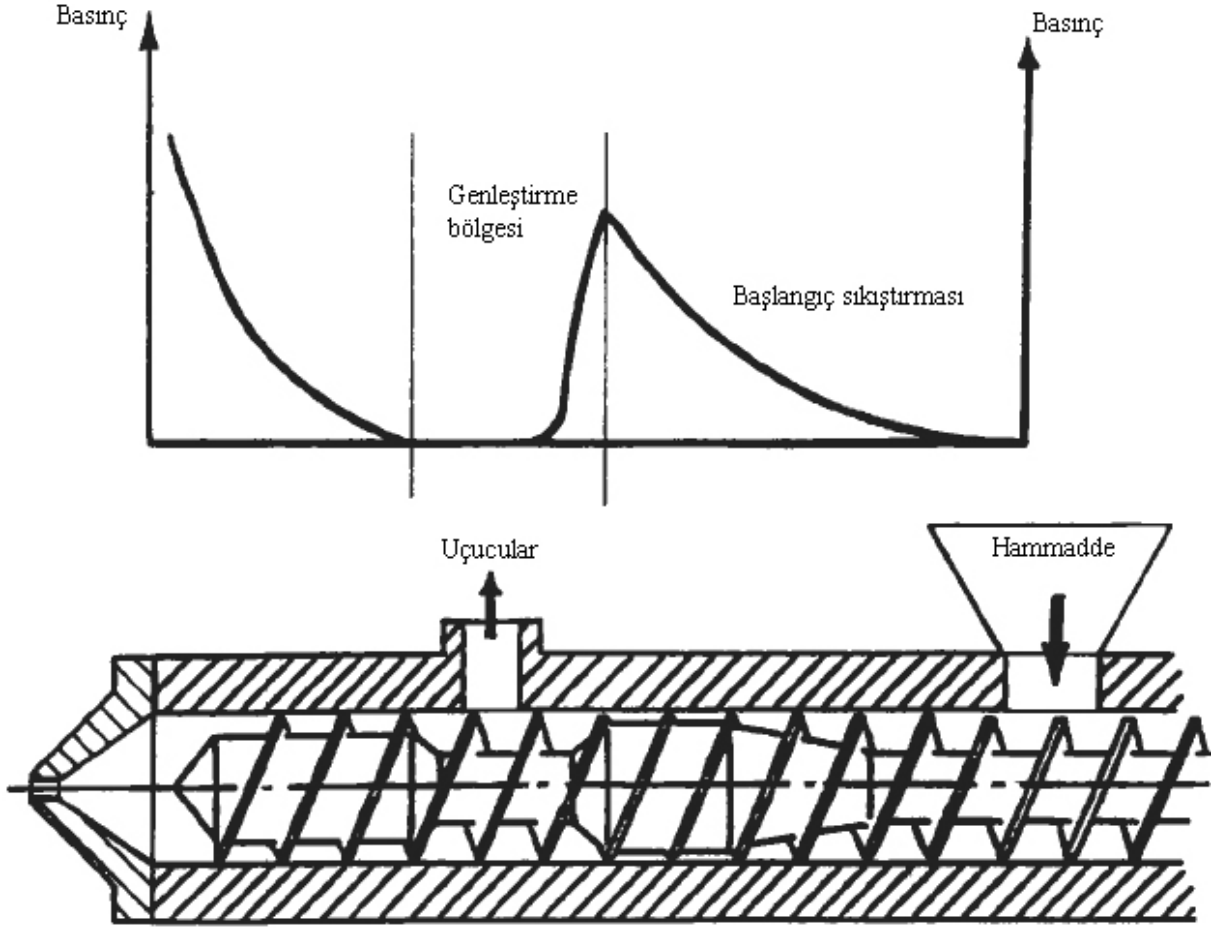
Karıştırma İğneleri

Şekil 2.16 Değişik karıştırma bölgesi tasarımları (Crawford, 2002)

Standart ekstrüderlerdeki uniform olmayan sıcaklık ve karıştırma nedeniyle, eriyik kalitesini artırmak için etkili karıştırma cihazlarının kullanılması çok önemlidir. Karıştırma işlemi genellikle yayılma (distributive) ve dağılma (dispersive) olmak üzere ikiye ayrılır. Yayılma ile karıştırma benzer akış özelliklerine sahip akışkanların karıştırılmasıdır. Dağılma ile karıştırma bir akışkanı bir dolgu malzemesi ile veya birbiri ile uyumsuz iki sıvıyı birbirine karıştırmaktır. Dolgu maddesinin topaklanması veya sıvı damlaları, akışkanın bu topaklar veya damlalar üzerine sarf ettiği gerilim ile kırılmalıdır (Rauwendaal, 2000).

Bazı ekstrüderler havalandırma bölgesi de içerirler. Bunun sebebi ise bazı plastiklerin havanın nemini absorbe etmeleridir. Bu tarz malzemeler geleneksel ekipmanlar ile ekstrüde edildiklerinde eriyik içine hapsolmuş su buharından dolayı ekstrüder çıkışında sorunlarla karşılaşılır. Bunu önlemenin bir yolu kullanılacak olan hammaddenin bir ön kurutma işlemine tabi tutulmasıdır, ancak bu işlem pahalı olduğu gibi kirlenmeye de sebep olacaktır. Bu sorunun üstesinden gelmek için hava çıkışı olan kovanlar geliştirilmiştir. Şekil 2.17'de gösterildiği gibi, vidanın ilk bölmesinde granüller alınır ve eritilir ve ardından her zaman olduğu gibi sıkıştırılır ve homojenleştirilir. Eriyik basıncı daha sonra genişleme bölgesinde atmosferik basınca düşürülür (Crawford, 2002). Gaz çıkış deliği olan ekstrüderlerin vidalarının

deliğin alt noktasında sıfır basınç oluşturacak şekilde özel tasarıma ihtiyaçları vardır. Bunun nedeni eriyik plastiğin bu çıkıştan akmasını engellemektir. Gaz çıkış deliği olan bu ekstrüderlerde kullanılan vidalara “iki kademeli” vida denilir (Rauwendaal, 2000).



Şekil 2.17 Havalandırma bölgesi olan ekstrüderin bölgeleri (Crawford, 2002)

Havalandırma deliği olan ekstrüderler tasarım ve fonksiyonel yapabilirlik açısından diğer normal ekstrüderlerden farklıdırlar. Ekstrüder kovanında bir ya da birden çok hava çıkış deliği olabilir. Havalandırma delikleri ekstrüdere normal ekstrüderlerde olmayan bir fonksiyonel özellik katarlar. Bu delikler istenildiğinde uçucuların ekstraksiyonu yerine dolgu malzemesi veya reaktif bileşenler gibi polimer katkı malzemelerinin eklenmesi amacı ile de kullanılabilirler (Rauwendaal, 2001) .

Kalıptan akış, kalıp girişindeki ve kalıp çıkışındaki basınç farkı ile sağlanır. Kalıptan akış sırasında birkaç zorluk oluşur. Bu zorlukla farklı kalıp düzenlemelerine bağlı olarak değişir. Bu düzenlemeler ekstrüde edilen ürünün hız farkına ve bozulmasına neden olabilir. Kalıpta oluşan fazla basınç akış düzensizliğine neden olabilir. Örneğin eriyik yapısındaki kırılmalar ekstrüde edilen üründe değişik bozulmalara sebep olur (Rauwendaal, 2000).

Kalıptan çıkan plastik eriyik şişme eğilimi gösterir. Ne yazık ki bu eğilim uniform değildir ve son ürünün şeklinde bozulmalara sebep olabilir (Rauwendaal, 2000)

Eğer ekstrüder vidası kalıba uniform bir eriyik iletmezse, kalıpta düzensiz bir akış oluşur ve bu ürünün boyutlarında değişimlere sebep olur. Kalıba giren eriyiğin sıcaklığının uniform ve sabit olması gerekir. Bu nedenle ekstrüder vidasının karıştırma özelliğinin iyi olması gerekir. Düzensiz eriyik sıcaklığı aynı zamanda ürün üzerinde düzensiz bir strese de neden olabilir. Bu durum ise ürün üzerinden bu stres kalktığı zaman bozulmalara neden olabilir (Rauwendaal, 2000).

2.3.1 Akış Mekanizması

Plastik vida boyunca ilerlerken, erime mekanizması şu şekilde olur. İlk olarak kovan duvarında erimiş malzemenin ince bir filmi oluşur. Vida döndükçe bu filmi sıyrır ve erimiş plastik vidanın dişlerinin ön tarafına düşer. Eriyik plastik vidanın göbeğine ulaştığında tekrar süpürülür ve döner bir hareketle vida dişinin öndeki kenarına doğru hareket eder. Başlangıçta vida dişleri katı granüller içerir, fakat bunlar döner hareket ile eriyik bölgeye süpürülmeye meyillidirler. Vida döndükçe malzeme kovan boyunca ilerler ve daha fazla katı malzeme eriyik bölgeye süpürülür. Bu işlem vida dişleri arasında sadece eriyik malzeme kalana kadar devam eder.

Kovanın içindeki vida döndükçe, plastiğin vida boyunca olan hareketi malzemenin vidaya ya da kovana olan yapışmasına bağlıdır. Teorik olarak iki uç nokta vardır. Birinci durumda malzeme sadece vidaya yapışır ve bu nedenle malzeme ve vida kovan içerisinde katı bir silindir gibi döner. Bu durumda sıfır çıkış oluşur ve bu durum açıkça istenmeyen bir durumdur. İkinci durumda ise malzeme vida üzerinde kayar ve kovan içerisinde dönmeye karşı bir dirence sahiptir. Bu durum eriyiğin aksel hareketine neden olur ve istenilen ideal durum budur. Pratikte malzemenin davranışı bu iki sınır durumun arasında bir yere sahiptir. Malzeme hem vidaya hem de kovan çeperine yapışır. Ekstrüderin kullanılabilir çıkış kapasitesi dönen vida ve kovan çevresindeki etkileşimler sonucunda oluşan sürüklemeli akıştır. Bu hareket, viskoz bir malzemenin biri hareketli iki plaka arasındaki akışına denktir. Bu akış vida çevresinde oluşan basınç gradyeni sayesinde oluşur. Yüksek basınç ekstrüderin son kısmında olduğu için basınç akışı çıkış kapasitesini azaltacaktır. Bununla birlikte vida dişleri ve kovan arasındaki açıklık malzemenin vida boyunca geri sızmasına ve bu nedenle çıkışın azalmasına neden olacaktır. Bu sızıntılar vida ısındıkça daha da çok olacaktır.

Harici ısıtma ve soğutma işlemleri erime işleminde önemli rol oynar. Yüksek çıkış kapasiteli ekstrüderlerde malzeme kovan boyunca hızlı hareket ettiği için kayma olayından oluşan ısı

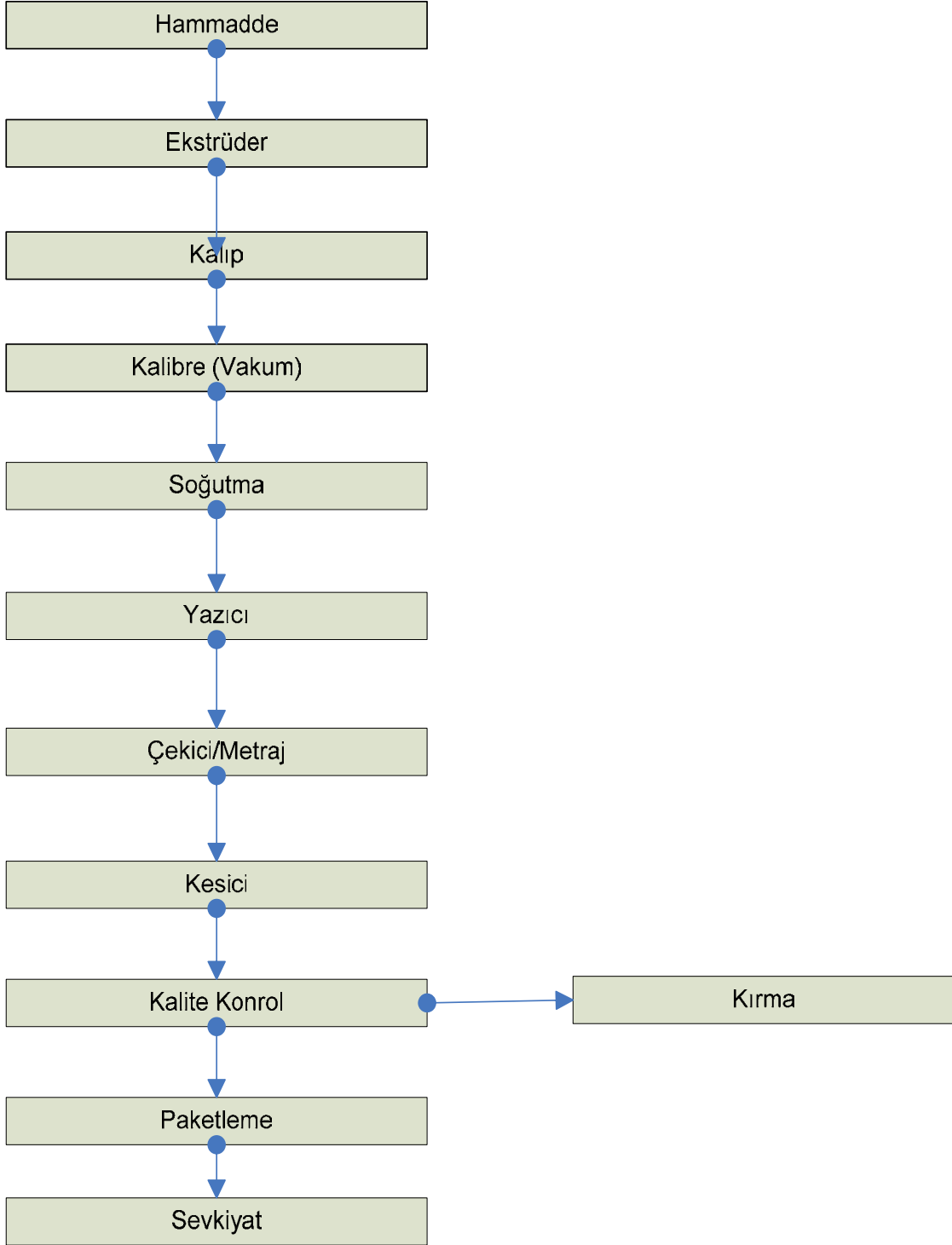
yeterli olur ve kovanı dıştan ısıtmaya gerek kalmaz. Bu şartlarda kovanın dıştan soğutulması eriyik tarafından oluşan ısının fazlalığı durumunda kritik öneme sahip olur. Bazı durumlarda ise vida da soğutulabilir. Bunun amacı eriyik sıcaklığını etkilemek değil plastik ile vida arasındaki sürtünme etkisini azaltmaktır.

Ekstrüderdeki eriyiğin termal durumu genellikle iki ideal termodinamik durum ile karşılaştırılır. Bunlardan bir tanesi prosesin adyabatik olarak kabul edildiği durumdur. Bu durumda sistem dış ortamdan ısı alışverişine karşı tam olarak izole edilmiştir. Eğer ekstrüderde bu ideal duruma ulaşılabilirse ısıtma ve soğutmaya gerek kalmadan doğru miktardaki bir ısıtma işlemi ile proses gerçekleştirilebilir. İkinci ideal durum ise izotermal durumdur. Bu durum ekstrüderde tüm noktalarda sıcaklığın aynı olduğu anlamına gelir ve eriyikteki herhangi bir ısı kaybı veya artışına karşı kovanın acil olarak ısıtma veya soğutmaya ihtiyacı olduğu anlamına gelir. Pratikte ekstrüder içerisindeki ısıl işlem bu iki ideal şartın arasında bir yerdedir. Ekstrüderler dışardan bir ısıtma veya soğutma işlemi olmadan çalıştırılabilirler, ancak ısı kaybı olduğundan dolayı bu proses gerçekte adyabatik bir proses değildir. Ekstrüdere soğuk granüller beslendiği sürece de ekstrüder boyunca izotermal bir işlemin olduğu söylenemez. Buna rağmen bazı özel bölgeler izotermale yakın bir şartta olduğu kabul edilebilir ve genellikle ölçme bölgesi analizlerde bu şekilde kabul edilir.

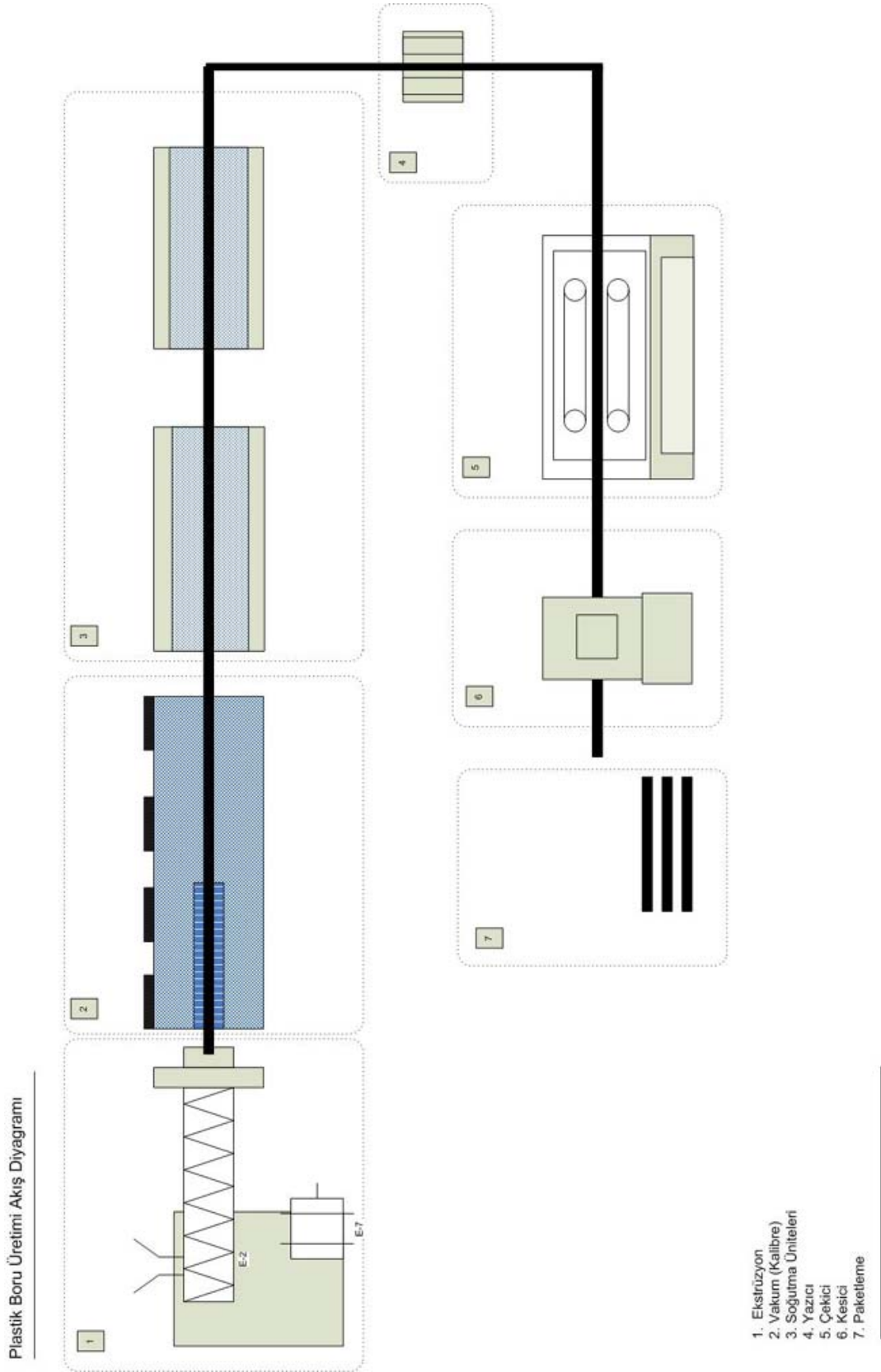
2.4 Boru üretim prosesi

Bir plastik boru üretim hattı en temel şekilde plastiği işleyen ve istenilen şekli veren ekstrüder ve kalıp sistemi, kalıptan çıkan borunun boyutlarını ayarlayan bir kalibre ve vakum sistemi, vakumdan çıkan boruyu soğutmak için soğutma yalıkları ya da fiskiyeleri, boru üzerine gerekli yazıları yazan bir yazıcı sistemi, sürekli olarak boruyu çeken bir çekici, boruyu istenilen boyutlarda kesen bir kesici sistemi ve paketleme ünitesinden oluşur. Şekil 2.18'de prosesin blok diyagramı görülmektedir.

Plastiğin ekstrüderde işlenmesi ve kalıptan çıkması önceki başlıklarda incelenmiştir. Şekil 2.19'da plastik boru üretimi proses diyagramı verilmiştir.

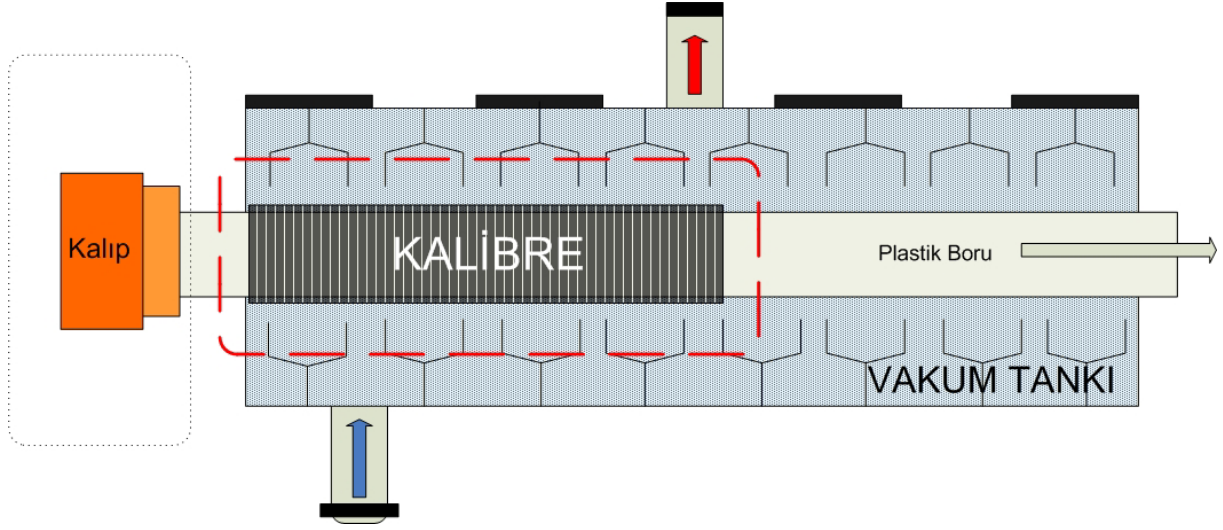


Şekil 2.18 Dizayn Grup plastik boru üretimi blok diyagramı



Şekil 2.19 Dizayn Grup plastik boru üretimi akış diyagramı

Eriyik halde ve istenilen şekilde kalıptan çıkan plastik malzeme, dış çap ayarlaması amacı ile vakum ünitesi içerisine yerleştirilmiş kalibreye girer (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Vakum tankı ve kalibre yerleşiminin şeması

Kalibre istenilen çapa göre ayarlanmış ve etrafı deliklerle örülmüş silindir şeklinde bir alettir. Şekil 2-21'de değişik kalibre tasarımları görülmektedir. Plastik bu kalibrenin içerisinden geçerken, kalibre etrafındaki deliklerden plastiğe vakum uygulanır. Böylece plastik istenilen dış çap değerinde getirilir. Vakum esnasında soğuk su püskürtülerek plastiğin soğuması sağlanır. Soğuma sayesinde kalibreden çıkan boru hemen hemen istenilen dış çap boyutuna gelmiştir. Kalibreden çıkan boru vakum içerisinde ilerlerken soğumaya devam eder.

Kalıptan yüksek sıcaklıkta çıkan henüz eriyik haldeki plastik boru kalibreye girdikten sonra soğumanın etkisi ile malzemenin ısıl genleşme özelliğinden dolayı çapta daralma meydana gelecektir. Boru çapında meydana gelen bu ısıl daralma aşağıdaki eşitlikle ifade edilir;

$$\frac{\Delta L}{L} = \delta \cdot \Delta T \quad (2.1)$$

Burada;

L : sıcak borunun çevresi,

ΔL : soğuduktan sonra borunun çevresindeki daralma,

δ : ısıl genleşme katsayısı,

ΔT : sıcaklık farkıdır



Şekil 2.21 Değişik kalibre tasarımları [4]

Kalibre bölgesinde uygulanan vakum basıncı, malzemenin ağırlığından dolayı çökmesini engellemeli ve soğumadan dolayı olan çap daralmasını karşılamalıdır.

Kalibre boyunca ΔT sıcaklık farkını borunun soğuma hızı belirler. Boru kalibre içerisinden hızlı geçerse soğuma daha az olacağından ΔT değeri daha küçük olur ve ısıl daralma miktarı azalır. Proses sırasında, kalibre boyunca oluşacak olan ΔT sıcaklık farkı, plastiğin kalıptan çıkış sıcaklığına ve boru üretim hattının hızına bağlıdır. Üretim hızı artırılırsa soğuma hızı ve buna bağlı olarak da ısıl daralma azalacaktır.

Dış çapın büyüklüğüne göre vakum ünitelerinin sayısı artırılabilir. Genelde vakum üniteleri iki kademelidir, ancak kalibre sadece birinci üniteye vardır. İkinci üniteye vakum değeri birinci ünitenin değerinden düşük olmalıdır. Çünkü boru kalibreden çıkınca serbest kalmaktadır ve vakum altında genişleme gösterebilir. Şekil 2-22’de basit bir vakum tankı görülmektedir.



Şekil 2.22 Vakum tankı [1]

Vakum ünitelerinde uygulanan vakum değerleri plastik borunun dış çapı üzerinde önemli etkiye sahiptir. Plastik kalibreye girdiğinde, plastiğin dış çeperlerini kalibreye yapıştıracak kadar vakum uygulanmazsa, dış çap istenilen değerden daha düşük çıkacaktır. Büyük çaplı borularda ikinci vakum ünitesinde yeterli vakum uygulanmazsa plastik kendi ağırlığından dolayı çökecektir ve boruda ovallik oluşacaktır. Uygulanan vakum değerlerinin plastik borunun dış çapı ve et kalınlığı üzerine olan etkisi 4. bölümde incelenmiştir.

Vakum ünitesinden çıkan boru soğutma ünitelerine girerek soğumaya devam eder. Soğutma ünitelerinde boru devamlı sirküle olan su ile soğutulur. Soğutma üniteleri genelde fiskiyeli sistemlerdir. Soğuk su fiskiyeler yardımı ile ünite içerisinden sürekli bir şekilde geçen boru üzerine püskürtülür. Diğer bir yöntem ise soğutma yalaklarıdır. Soğutma yalaklarında boru içerisi su dolu olan bir tankın içerisinden geçer. Fiskiyeli sistemler yalak sistemlerinden daha etkilidir. Çünkü yalak sistemlerinde su durgun olduğundan boru üzerinde bir film tabakası oluşur ve boru üzerinden içe doğru olan ısı aktarımı azalır. Şekil 2.23’de basit bir soğutma ünitesi görülmektedir. Bu çalışmanın yapıldığı boru üretim hatlarındaki soğutma üniteleri yalaktan oluşmaktadır.

Kullanılan soğutma suyunun sıcaklığı ΔT ‘ye, dolayısı ile plastiğin ısıl daralmasına ve dış çapına etki eder. Isıl daralma iç çapta da dış çap ile aynı yönde oluşacağından, yalak sıcaklıkları borunun et kalınlığına etki etmeyecektir. Soğutma suyu sıcaklığının plastik borunun dış çap ve et kalınlığına olan etkileri 4. bölümde incelenmiştir.



Şekil 2.23 Su soğutma tankı [1]

Soğutma ünitesinden çıkan boru, boru özelliklerinin ve üretim bilgilerinin üzerine yazılması için bir yazıcıdan geçer. Yazıcı, boruya yazılması istenilen bilgileri boru üzerine sürekli bir şekilde mürekkebi püskürterek ile yazar.

TS 9937'ye göre piyasaya arz edilen PP boruların üzerine en az aşağıdaki bilgiler bozulup silinmeyecek şekilde yazılmalıdır:

- Firma ticari unvanı veya kısa adı, adresi, varsa tescilli markası,
- Boru standardının işaret ve numarası,
- Borunun imal edildiği yıl,
- Borunun anma çapı ve et kalınlığı,
- Parti, seri veya kod numaralarından en az biri.

Gerektiğinde bu bilgiler yabancı dille de yazılabilir.

Plastik boru üretimi sürekli bir proses olduğundan, boru ekstrüder kafasından çıktıktan sonra üretim hattının diğer ucuna yerleştirilmiş bir paletli çekici sistemi ile devamlı olarak çekilir. Çekicinin hızı aynı zamanda üretimin hızıdır. Çekicinin boruyu çekme hızı ekstrüderden borunun çıkış hızına göre ayarlanır. Çekme işlemi hızlı olursa boru kafadan çıkıp kalibreye girerken henüz çok sıcak olduğundan kopabilir. Çekme hızı yavaş olursa boru yine aynı yerde şişerek üretimin durmasına neden olabilir. Ayrıca çekme hızının borunun et kalınlığı ve dış çapı üzerinde de etkileri vardır. Çekicinin hızı ekstrüder vida devrine, ekstrüder vida devride

hammadenin ekstrüdere verildiği gramaj miktarına göre ayarlanır. Gramaj artırılırsa ekstrüder vida devri de artacağından ekstrüder kafasından çıkan borunun hızı artar ve bu nedenle çekici hızı da artırılmalıdır.

Çekici hızının artırılması durumunda borunun vakum, kalibre ve yalıklar içerisinde soğuma süresi azalacağından Eşitlik 2.1'deki ΔT azalacak, dolayısı ile ısı daralma da azalacaktır. Isıl daralmanın azalması dış çapta artışa neden olacaktır. Çekici hızının plastik borunun dış çapı ve et kalınlığı üzerine olan etkisi 4. bölümde incelenmiştir.

Çekici ünitesi paletli bir sistemdir. Altta ve üstte olan paletler boruyu alttan ve üstten sıkıştırarak ileriye doğru hareket ettirir. Paletlerin boruyu sıkıştırma basıncı ünite üzerinde ayarlanabilir. Sıkıştırma basıncı fazla olursa boru ezilecek ve ovalleşme oluşacaktır. Şekil 2.24'de paletli bir çekici görülmektedir.



Şekil 2.24 Çekici [1]

Çekiciden hemen sonra boru istenilen uzunlukta kesilmek üzere kesici ünitesine girer. Kesicide kesilen borular, boru devirici (Şekil 2.25) ile bir araya toplanır ve paketlenir.



Şekil 2.25 Boru devirme makinası [1]

3 İSTATİKSEL PROSES KONTROL

İstatistik, deneysel verilerden gerçeği yansıtan bir sonuç oluşturmayı hedefleyen bilimsel bir disiplindir (Manson vd., 2003).

İstatiksel proses kontrol (Statistical Process Control,SPC), prosesin değişkenliğini azaltarak yapabilirliğini artırıp prosesin devamlılığını amaçlayan güçlü bir problem çözme tekniğidir [6].

Bir proses istatiksel olarak kontrol altında ise, o procese herhangi bir müdahalede bulunmaya gerek yoktur ve proses devam edebilir. Bunun yanında, eğer proses istatiksel olarak kontrol altında değilse, bu duruma sebep olan etkenler belirlenebilir ve prosesden uzaklaştırılabilir (Motorcu ve Güllü, 2004).

3.1 Tanımlar

İstatiksel proses kontrolde kullanılan ortalama, değişim aralığı ve standart sapma gibi temel tanımlamalar aşağıdaki bölümlerde anlatılmıştır.

3.1.1 Ortalama

Basitçe, yapılan ölçümlerin ortalamasıdır. Tüm ölçüm değerlerinin toplamının ölçüm sayısına bölümüdür. Her birisi n adet ölçümden oluşan m adet gözlem alt grubu içeren bir popülasyonda her alt grup için ortalama değer;

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n x_i / n \text{ 'dir.} \quad (3.1)$$

\bar{X} = Grup ortalaması

x_1 = Tek tek ölçümler

n = Ölçüm sayısı

Tüm popülasyon için ise;

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{m} = \sum_{j=1}^k \bar{X}_j / m \text{ 'dir.} \quad (3.2)$$

$\bar{\bar{X}}$ ifadesi burada tüm prosesin ortalamasıdır ve “Büyük Ortalama,(X Mean)” olarak adlandırılabilir.

3.1.2 Değişim Aralığı

Değişim aralığı bir grup içerisindeki ölçümlerin en büyüğü ile en küçüğü arasındaki farkın mutlak değeridir.

Tüm bir popülasyonda bir alt grup için;

$$R = |(\max x - \min x)| \text{ 'dir.} \quad (3.3)$$

Tüm popülasyon için değişim aralığı \bar{R} ise her bir alt grubun değişim aralıklarının aritmetik ortalamasıdır;

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k} = \sum_{i=1}^k R_i / k \quad (3.4)$$

3.1.3 Standart Sapma

Standart sapma tüm verileri hesaba katar ve değerlerin ortalamadan sapmasını hesaplar. Genel olarak formülü Eşitlik 3.6'da verildiği gibidir.

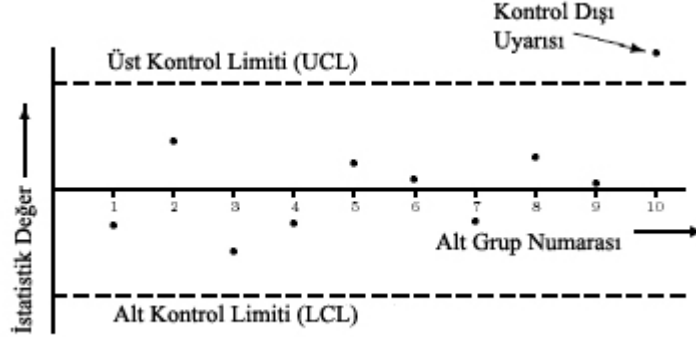
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3.5)$$

3.2 Değişken Kontrol Şemaları

Bir proseste yaygın sebeplerden kaynaklanan değişimler müşterinin isteklerine göre karşılaştırıldığında küçük ise ve proses hedeflenen pozisyonda ise bir problem yoktur. Proses istenileni karşılayabilir durumdadır. Bunun yanında, proses dış sebeplerden kaynaklanan değişikliklerden etkilenebilir ve prosesin normal fonksiyonlarının yerine getirilmesinde sorun oluşabilir. Bu tür durumlar özel sebepli değişimler olarak adlandırılır. Özel sebeplerin varlığı proses çıktısında müşteri şikâyetlerine neden olabilecek sorunlar oluşturabilir. Bu gibi durumlarda kalitenin yükseltilmesi, bu özel sebepli değişimlerin belirlenmesi ve sistemden uzaklaştırılması ile sağlanabilir (Wieringa, 1999).

Shewhart, bu özel sebepli değişimlerin belirlenmesi amacı ile kontrol şemalarını geliştirmiştir. En basit formu ile bir kontrol şeması zamana karşı prosesin grafiğidir (Şekil 3.1). Çizilen noktalar iki adet kontrol limiti ile karşılaştırılır. Bir ya da daha fazla noktanın bu kontrol limitleri arasındaki banttan dışarıya çıkması, prosesin kontrol limitleri dışında olduğu uyarısını verir ve bu durum proseste probleme neden olan özel sebepli değişimlerin olduğunu gösterir (Wieringa, 1999). 1920'lerde Dr. Walter A. Shewhart kontrol şemalı için genel bir model önermiştir [3].

w'nin devamlı olarak değişen bir kalite karakteristiğini ölçen bir istatistik olduğunu düşünelim. w'nin ortalamasının μ_w , standart sapmasının da σ_w olduğu durumda merkez çizgisi, üst ve alt kontrol limitleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.1 Kontrol şeması (Wieringa, 1999)

$$UCL = \mu_w + k\sigma_w \text{ (Üst Kontrol Limiti)} \quad (3.6)$$

$$\text{Merkez Çizgisi} = \mu_w \quad (3.7)$$

$$LCL = \mu_w - k\sigma_w \text{ (Alt Kontrol Limiti)} \quad (3.8)$$

Burada k kontrol limitlerinin merkez çizgisinden uzaklığıdır ve standart sapma birimi ile ifade edilir. k 'nın 3'e ayarlanması bu şemanın 3-sigma kontrol şeması olduğu anlamına gelir ve endüstride k değeri standart olarak 3 alınır.

Merkez çizgisi prosesin ortalamasıdır ve gerçek değeri genelde bilinmez. Bu ortalama değeri hedef değer veya tüm verilerin ortalaması ile değiştirilir. Grafiğini çizdiğimiz değer örneklerin ortalaması olan \bar{X} grafiğidir ve \bar{X} şeması olarak adlandırılır.

σ 'nın gerçek değerinin genelde bilinmediği göz önünde bulundurulmalıdır. Burada σ_w ile ortalama standart sapma hesaplanmıştır. Bu değer n adet ölçümden oluşan m adet alt grubun standart sapmalarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

σ^2 , bir olasılık dağılımının bilinmeyen varyansı olduğunda σ^2 her alt grubun varyansını ifade eder;

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{X})^2}{n - 1} \quad (3.9)$$

Fakat bunun yanında, bir grubun standart sapması s , σ 'nın tarafsız bir ifadesi değildir. Temel dağılım normal olduğunda s aslında $c_4\sigma$ 'yı hesaplar. Burada c_4 bir alt gruptaki ölçüm sayısına bağlı bir sabittir. Bu sabit SPC kitaplarında tablolar halinde verilmiştir ve aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$c_4 = \sqrt{\frac{2}{n-1}} \cdot \frac{\left(\frac{n}{2}-1\right)!}{\left(\frac{n-1}{2}-1\right)!} \quad (3.10)$$

Sonuçta bir örneğin beklenen standart sapması $c_4\sigma$ olur.

3.2.1 \bar{X} -R Kontrol Şemaları

X Şeması

Eğer alt gruplardaki ölçüm sayısı az ise (10 ya da daha az), standart sapmalar yerine dağılım aralıklarını kullanabiliriz.

\bar{R} ile σ arasında istatiksel bir ilişki vardır. Bu ilişki sadece alt gruptaki ölçüm sayısı n 'e bağlıdır. Ortalama R 'nin değeri $d_2\sigma$ 'ya eşittir. Buradaki d_2 değeri n 'nin bir fonksiyonudur. Bu nedenle;

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \text{ şeklinde ifade edilebilir.} \quad (3.11)$$

Böylece, μ 'nin ifadesi olarak \bar{X} 'i ve σ 'nın ifadesi olarak da \bar{R}/d_2 'yi kullandığımızda \bar{X} şemasının parametreleri aşağıdaki gibi olur.

$$UCL = \bar{X} + \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} \quad (3.12)$$

$$\text{Merkez çizgisi} = \bar{X} \quad (3.13)$$

$$LCL = \bar{X} - \frac{3}{d_2\sqrt{n}}\bar{R} \quad (3.14)$$

$\frac{3}{d_2\sqrt{n}}$ ifadesini A_2 olarak tanımlarsak kontrol limitlerinin ifadesi daha da basitleşir ve

aşağıdaki şekline alır;

$$UCL_x = \bar{X} + A_2\bar{R} \quad (3.15)$$

$$\text{Merkez çizgisi} = \bar{\bar{X}} \quad (3.16)$$

$$LCL_X = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R} \quad (3.17)$$

A_2 faktörü sadece n 'e bağlıdır ve değerleri tablolarda verilmiştir.

R Şeması

R şeması, örnek aralığının prosesin standart sapması ile ilişkili olması nedeni ile prosesin değişimini kontrol eder. R şemasının merkez çizgisi ortalama aralık değişimidir.

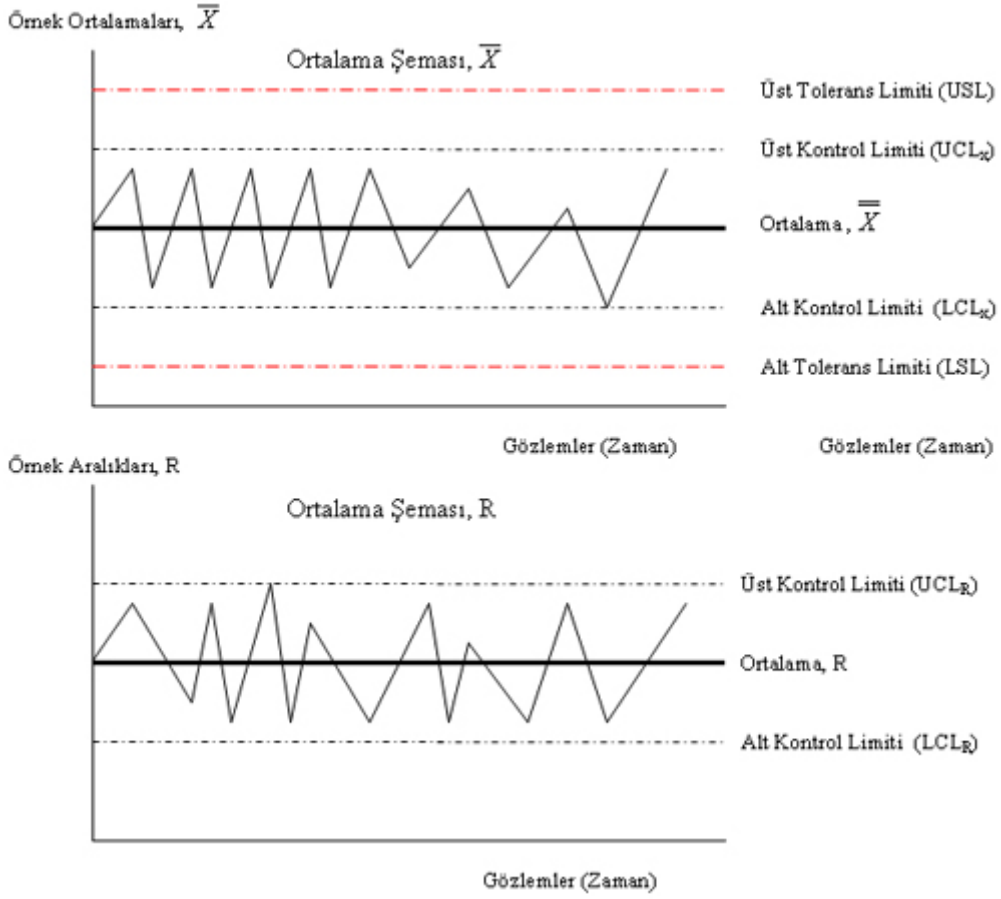
R şeması için kontrol limitleri aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$UCL_R = \bar{R}D_4 \quad (3.18)$$

$$\text{Merkez çizgisi} = \bar{R} \quad (3.19)$$

$$LCL_R = \bar{R}D_3 \quad (3.20)$$

D_3 ve D_4 değerleri sadece n sayısına bağlıdır ve Çizelge 3.1'de verilmiştir. Şekil 3.2'de X-R şemasının oluşumu gösterilmiştir.



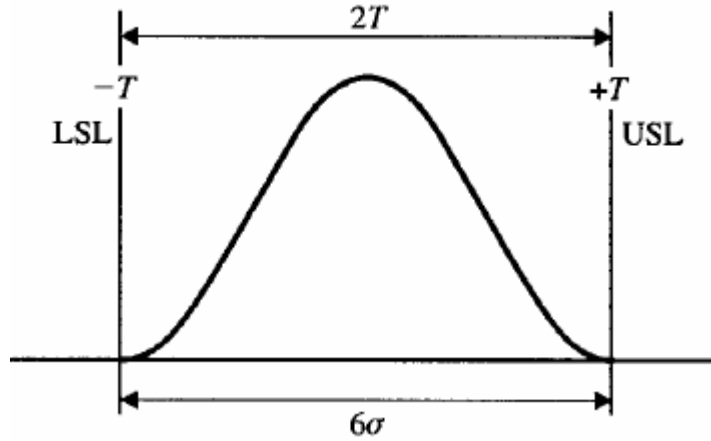
Şekil 3.2 X-R şeması

Çizelge 3.1 X-R şeması katsayıları (Stamatis, 2003)

Alt Grup Ölçüm Sayısı				
<i>n</i>	A_2	d_2	D_3	D_4
2	1.880	1.128	—	3.267
3	1.023	1.693	—	2.574
4	0.729	2.059	—	2.282
5	0.577	2.326	—	2.114
6	0.483	2.534	—	2.004
7	0.419	2.704	0.076	1.924
8	0.373	2.847	0.136	1.864
9	0.337	2.970	0.184	1.816
10	0.308	3.078	0.0223	1.777
11	0.285	3.173	0.256	1.744
12	0.266	3.258	0.283	1.717
13	0.249	3.336	0.307	1.693
14	0.235	3.407	0.328	1.672
15	0.223	3.472	0.347	1.653
16	0.212	3.532	0.363	1.637
17	0.203	3.588	0.378	1.622
18	0.194	3.640	0.391	1.608
19	0.187	3.689	0.403	1.597
20	0.180	3.735	0.415	1.585
21	0.173	3.778	0.425	1.575
22	0.167	3.819	0.434	1.566
23	0.162	3.858	0.443	1.557
24	0.157	3.895	0.451	1.548
25	0.153	3.931	0.459	1.541

3.2.2 Proses Yapabilirliği

Proses değişkenliği ile proses toleransları arasındaki ilişki, prosesin standart sapması göz önüne alınarak formüle edilebilir. Spesifikasyon limitleri içerisinde üretim yapabilmek için Şekil 3.3’de gösterildiği gibi, üst spesifikasyon veya üst tolerans limiti (+T) ile alt spesifikasyon veya alt tolerans limiti (-T) arasındaki fark (2T), prosesin kendi çalışma aralığına eşit veya kendi çalışma aralığından büyük olmalıdır (Oakland, 2003).



Şekil 3.3 Proses yapabilirliği (Oakland, 2003)

3.2.3 Proses Yapabilirlik İndisleri

Proses yapabilirlik indisi, prosesin gerçek performansı ile hedeflenen performans (spesifik performans) arasında bir ölçüdür. Proses yapabilirlik indisi, prosesin değişkenliğini prosesin spesifikasyon toleranslarına göre kıyaslar (Oakland, 2003).

C_p İndisi

Spesifikasyon limitleri içerisinde üretim yapabilmek için, üst ve alt spesifikasyon limitleri arasındaki fark, toplam proses değişimine eşit veya toplam proses değişiminden büyük olmalıdır. Bu nedenle 6σ (USL-LSL) ile 2T arasındaki karşılaştırma prosesin yapabilirliğini verir, C_p ile gösterilir.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \text{ veya } \frac{2T}{6\sigma} \text{ ile ifade edilir.} \quad (3.21)$$

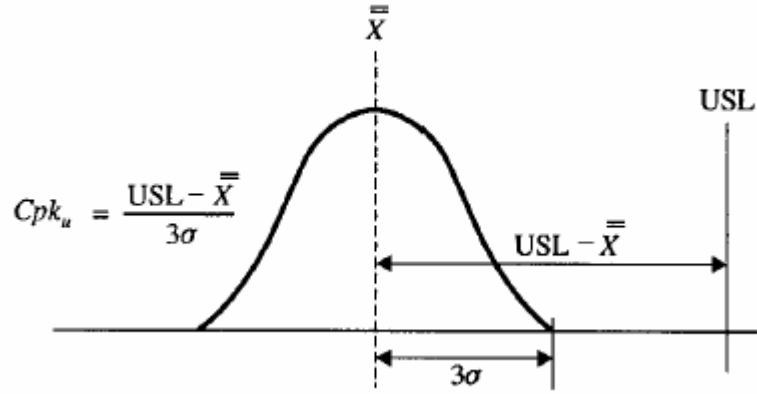
C_p değerinin 1’den düşük olması, proses değişiminin spesifikasyon limitlerinden büyük olduğu anlamına gelir ve o proses yapabilir değildir. C_p indisi prosesin ortalanmış olup olmadığı hakkında bilgi vermez.

Cpk İndisi

Cpk indisi proses değişkenliği ile beraber, prosesin merkezlenmiş olup olmadığını da dikkate alır.

Üst ve alt spesifikasyon limitleri için iki Cpk değeri vardır; Cpk_u , Cpk_l (Şekil 3.4).

$$Cpk_u = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \quad Cpk_l = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \quad (3.22)$$

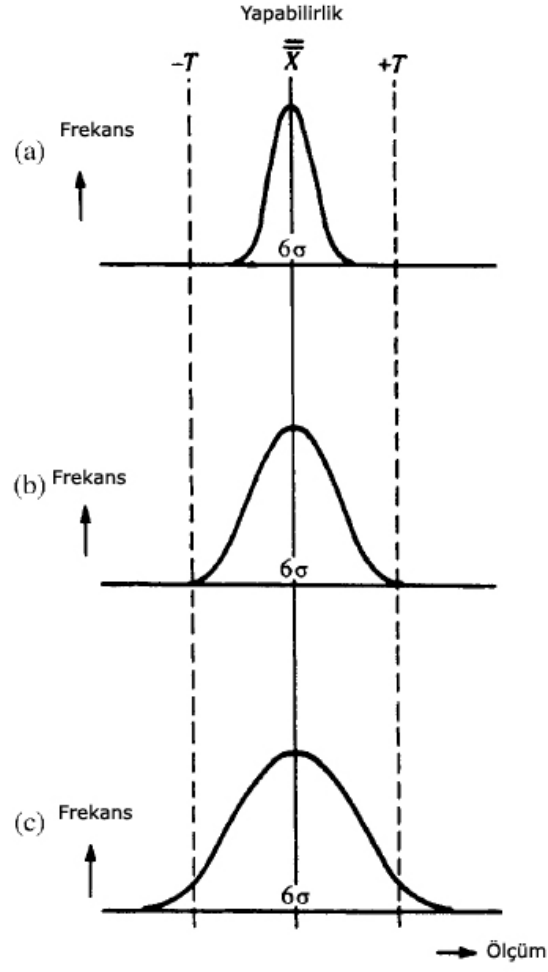


Şekil 3.4 UCL proses yapabilirlik indisi (Oakland, 2003)

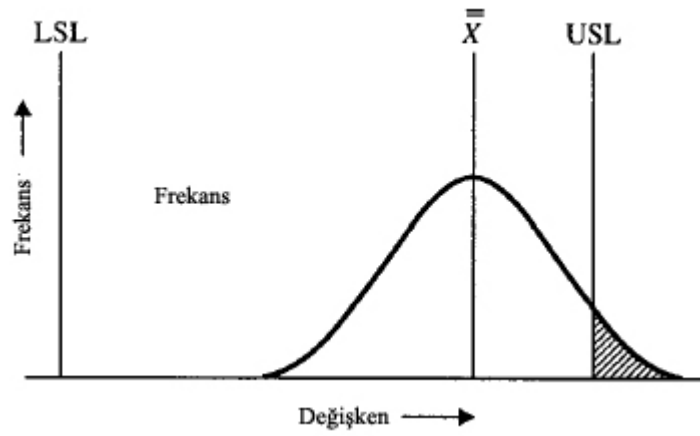
Prosesin Cpk değeri ise Cpk_u ile Cpk_l değerlerinden küçük olandır.

$$Cpk = \min(Cpk_u, Cpk_l) \quad (3.23)$$

Aynı Cp değeri için Cpk değerinin artması proses yapabilirliğinin artması anlamına gelir (Şekil 3.5). Eğer proses hedeflenen değere merkezlenmiş ise Cp ve Cpk arasındaki fark sıfırdır. Şekil 3.6'da ise ortalanmamış bir proses için yapabilirlik grafiği görölmektedir.



Şekil 3.5 Proses duyarlılığı (Oakland, 2003)



Şekil 3.6 Proses yapabilirliği-ortalanmamış proses (Oakland, 2003)

Cpk değerlendirmeleri aşağıdaki gibidir;

Cpk<1: Üretim yapabilir kapasitede olmadığı bir durumdur, prosesten istenmeyen ürünlerin çıkması kaçınılmazdır.

Cpk=1: Üretim sınır değerlere çok yakın olduğu için üretici gerçek anlamda yapabilir kapasitede değildir, çünkü prosesteki herhangi bir değişiklik tespit edilemeyen arızalı ürün oluşumuna neden olacaktır.

Cpk=1,33: Üretim kabul edilebilir durumdan hala uzak, çünkü arızalı ürünlerin kontrol şemaları ile tespiti kolay değildir.

Cpk=1,67: Üretim güvenilir durumdadır. İstenmeyen ürünler oluşabilir, ancak bunları tespit edebilme şansı çok yüksektir

Cpk=2: Üretim yüksek derecede güvenilir durumdadır, kontrol şemaları verimli ve düzenli bir şekilde kullanılıyor demektir.

4 DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu uygulamada istatistiksel proses kontrol şemaları kullanılarak, plastik boru üretiminde üretim parametrelerinin, plastik borunun dış çapına ve et kalınlığına olan etkisi incelenmiştir. Aynı zamanda üretim hatlarının gramaj sapmaları ve proses yapabilirlikleri incelenmiştir.

Çalışma polipropilen random kopolimer (PPRC) hammaddeden yapılan temiz su boruları üzerinde uygulanmıştır. Boru çekme işleminin yapıldığı değişik üretim hatlarından ölçümler alınmıştır. Ölçüm yapılan hatlar A1, A3, A4 ve B7 hatlarıdır. B7 hattı iki kafadan oluştuğu için bu hat aslında iki boru üretim hattını içeren tek bir hattır. Bu nedenle B7 hattı B7-Sağ ve B7-Sol olmak üzere iki ayrı hatmış gibi incelenmiştir.

4.1 Veri Toplaması

Prosesten elde edilen veriler iki ana kategoride toplanmıştır;

1. Dış çap ve et kalınlığı,
2. Proses parametreleri.

4.1.1 Dış Çap ve Et Kalınlığı

TS 9937 standardına göre dış çap ve et kalınlığı şu şekilde tanımlanır;

“Borunun ortalama dış çapı TS 5446’ya göre 0,1 mm doğrulukta ve borunun her iki ucunda boru çevresini ölçmek sureti ile tespit edilir. Boru et kalınlığı TS 5446’ya göre borunun iki ucunda mümkün olduğunca çevresine düzgün dağılmış olan dört noktadan 0,1 mm doğrulukla ölçülerek tayin edilir. Ölçümler $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta yapılmalıdır.”

TS 10595 standardına göre 20 mm dış çap ve 3,4 mm et kalınlığına sahip bir borunun dış çap toleransı (+) 0,3 mm, et kalınlığı toleransı ise (+) 0,6 mm’dir. Dış çapı 25 mm, et kalınlığı 4,2 olan bir borunun ise dış çap toleransı (+) 0,3 mm, et kalınlığı toleransı ise (+) 0,7 mm’dir.

Dış çap, her bir borunun üç ayrı noktasından ölçülüp kaydedilmiştir. Et kalınlığı ise dört ayrı noktadan ölçülüp kaydedilmiştir (Şekil 4.1). Ölçümler elektronik kumpas ile yapılmıştır.



Şekil 4.1 Borunun dış çapı ve et kalınlığı

4.1.2 Proses Parametreleri

Üretim esnasında ölçülen proses parametreleri şunlardır;

1. Hammadde,
2. Ekstrüder devri
3. Vakum,
4. Yalak sıcaklıkları,
5. Çekme hızı
6. Boru gramajı

Yalak sıcaklıkları değişik noktalardan elektronik termometreler ile ölçülmüş ve ortalamaları alınmıştır. Diğer parametreler proses üzerindeki elektronik kontrol panellerinden okunmuştur.

Ardı ardına ölçülen 5 adet 4 boy borunun (1 boy borunun uzunluğu 4 metredir) ağırlığı hassas terazi ile ölçülmüştür. Elde edilen değer 20'ye bölünerek 1 metre borunun ortalama ağırlığına geçilmiştir.

4.1.3 Veri Toplama Sıklığı

Gözlemler birer saat aralıklarla yapılmıştır. Her gözlemlerde peş peşe gelen 5 boy borunun her birinin et kalınlıkları ve dış çapları ölçülmüştür. Aynı zamanda diğer proses parametreleri kaydedilmiştir.

Üretim boyunca hammadde cinsi nadiren değiştiğinden, hammadde değişikliği sadece değişim olduğu saatlerde kaydedilmiştir. Ölçülen değerlerin kaydedildiği tablonun taslağı Çizelge 4.1 de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ölçüm tablosu taslağı

Özellikler ve Ölçüm Değerleri		Gözlemler			
		1.Gözlem	2.Gözlem	n. Gözlem
Dış Çap	1.Ölçüm				
	2.Ölçüm				
	3.Ölçüm				
Et Kalınlığı	1.Ölçüm				
	2.Ölçüm				
	3.Ölçüm				
	4.Ölçüm				
Proses Değerleri	Ekstrüder Devri				
	Vakum				
	Yalak Sıcaklıkları				
	Çekme Hızı				
	Gramaj				

Çalışmada, tüm ölçüm değerlerinin tarih, saat, operatör, hat numarası, ürün adı, ürün kodu gibi gerekli tüm bilgilerin de kaydedilebileceği bir kontrol kartı oluşturulmuştur. Hazırlanan bu istatistiksel proses kontrol kartı örneği Ek 1’de verilmiştir.

4.2 Verilerin İşlenmesi

İstatistiksel proses kontrol kartına kaydedilen veriler, aynı formatta bilgisayara aktarılmıştır. Verilerin bilgisayara kaydedilmesi ve işlenmesi için Microsoft Windows Excel 2003 programı kullanılmıştır.

Daha önce de belirtildiği gibi her bir gözlemde peş peşe gelen 5 boru kullanılmıştır. Her bir borunun dış çapı üç noktadan, et kalınlığı 4 noktadan ölçülmüştür ve bu ölçüm değerlerinin

ortalamları alınmıştır. Sonuçta her bir boru için bir et kalınlığı ve bir dış çap değeri kullanılmıştır. Peş peşe gelen 5 boru değerlendirmeye alındığı için Denklem 3.1'de ölçüm sayısı n , 5'dir.

Excel sayfasına girilen değerler üzerinde istatistiksel hesaplamalar yapan bir başka Excel sayfası (sheet) hazırlanmıştır. X-R şemalarını ve proses yapabilirlik analizlerini yapabilmek amacı ile bu Excel sayfasına her bir proses için üst kontrol limiti, alt kontrol limiti, ortalama çizgisi, standart sapma, ortalama değerler, aralık değerleri, C_p ve C_{pk} değerleri hesaplatılmıştır. Hesaplamaların yapıldığı bu Excel sayfasına bir örnek Ek 2'de verilmiştir.

Excel'de hesaplanan bu değerler ile et kalınlığı ve çap değerleri için ayrı ayrı X-R grafikleri çizilmiştir ve istatistiksel proses kontrol analizi yapılmıştır. Ayrıca dış çap değerlerinin vakum, çekme hızı ve yalak sıcaklığı ile, et kanlılığı değerlerinin ise vakum ve çekme hızı ile olan ilişkileri incelenmiştir.

4.3 Verilerin Değerlendirilmesi

A1 ve A4 hatlarında dış çapı 25 mm olan boru üretimlerinden, A3 ve B7 hatlarında dış çapı 20 mm olan boru üretimlerinden ölçümler alınmıştır. Ölçüm yapılan hatların istatistiksel proses kontrol analizleri aşağıda yapılmıştır.

4.4 İstatistiksel Proses Kontrol Analizi

4.4.1 A1 Hattı İstatistiksel Proses Kontrol Analizi

A1 hattında 16.05.2005 tarihinde başlanarak toplam 38 adet gözlem yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin değerleri ve her gözlem için ayrı ayrı hesaplama sonuçları Ek 3'de verilmiştir. Aşağıda A1 hattı X-R grafiklerinin çizilebilmesi için gerekli olan hesaplamalar örnek olarak yapılmıştır.

1.gözlemde dış çap için ölçüm değerleri aşağıdaki gibidir;

Ölçüm	Değer (mm)
1	25,34
2	25,27
3	25,28
4	25,26
5	25,26

Eşitlik 3.1'e göre;

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

n=5 için;

$$\bar{X} = 25,28 \text{ mm'dir}$$

Aynı şekilde, diğer 38 gözlem içinde alt grup ortalamaları bulunduktan sonra, Eşitlik 3.2'ye göre;

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{m} = \sum_{j=1}^k \bar{X}_j / m$$

m = 38 için;

$$\bar{\bar{X}} = 25,30 \text{ mm olarak bulunur.}$$

1.gözlemde Eşitlik 3.3'e göre;

$$R = |(\max x - \min x)|$$

R = 0,08 mm olarak bulunur.

Eşitlik 3.4'e göre;

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k} = \sum_{i=1}^k R_i / k$$

$$\bar{R} = 0,10 \text{ mm olarak bulunur.}$$

Eşitlik 3.5 kullanılarak 1.gözlem için;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$s = 0,03$ ve tüm popülasyon için her bir alt grubun standart sapmasının ortalaması alınarak

$\bar{s} = 0,04$ olarak bulunur.

X-Şeması için;

Eşitlik 3.15 ve 3.17'dan üst ve alt kontrol limitleri hesaplanır;

$$UCL_X = \bar{X} + A_2 \bar{R}, \quad LCL_X = \bar{X} - A_2 \bar{R}$$

Burada A_2 değeri $n=5$ için $0,577$ 'dir (Çizelge 3.1).

Bu durumda;

$$UCL_X = 25,35, \quad LCL_X = 25,25 \text{ olur.}$$

R-Şeması için;

Eşitlik 3.18 ve 3.20 kullanılarak üst kontrol ve alt kontrol limitleri hesaplanır;

$$UCL_R = \bar{R} D_4, \quad LCL_R = \bar{R} D_3$$

D_4 ve D_3 değerleri $n=5$ için Çizelge 3.1'de verilmiştir, bu durumda;

$$UCL_R = 0,21, \quad LCL_R = 0 \text{ bulunur.}$$

Eşitlik 3.21'den prosesin C_p değeri, eşitlik 3.23'den ise C_{pk} değeri bulunur.

$C_p = 1,18$ ve $C_{pk} = 0,02$ olarak hesaplanır

Aynı hesaplamaları et kalınlığı değerleri için de yaparsak;

Birinci gözlemde et kalınlığı için ölçüm değerleri aşağıdaki gibidir;

Ölçümler	Değer (mm)
1	4,25
2	4,25
3	4,26
4	4,25
5	4,25

Eşitlik 3.1'e göre;

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

n=5 için $\bar{X} = 4,25$ mm'dir.

Aynı şekilde, diğer 38 gözlem içinde alt grup ortalamaları bulunduktan sonra, Eşitlik 3.2'e göre;

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_k}{m} = \sum_{j=1}^k \bar{X}_j / m$$

m = 38 için $\bar{\bar{X}} = 4,27$ mm olarak bulunur.

1.gözlemde Eşitlik 3.3'e göre;

$$R = |(\max x - \min x)|$$

R =0,01 mm olarak bulunur.

Eşitlik 3.4'e göre;

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k} = \sum_{i=1}^k R_i / k$$

$\bar{R} = 0,9$ mm olarak bulunur.

Eşitlik 3.5 kullanılarak 1.gözlem için;

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$s = 0$ ve tüm popülasyon için her bir alt grubun standart sapmasının ortalaması alınarak

$\bar{s} = 0,04$ olarak bulunur.

X-Şeması için;

Eşitlik 3.15 ve 3.17'dan üst ve alt kontrol limitleri hesaplanır;

$$UCL_X = \bar{\bar{X}} + A_2 \bar{R}, \quad LCL_X = \bar{\bar{X}} - A_2 \bar{R}$$

Burada A_2 değeri $n=5$ için $0,577$ 'dir (Çizelge 3.1).

Bu durumda;

$UCL_X = 4,32$, $LCL_X = 4,22$ olur.

R-Şeması için;

Eşitlik 3.18 ve 3.20 kullanılarak üst kontrol ve alt kontrol limitleri hesaplanır;

$$UCL_R = \bar{R}D_4, \quad LCL_R = \bar{R}D_3$$

D_3 ve D_4 değerleri $n=5$ için Çizelge 3.1'de verilmiştir, bu durumda;

$UCL_R = 0,20$, $LCL_R = 0$ bulunur.

Eşitlik 3.22'dan prosesin C_p değeri, eşitlik 3.23'den ise C_{pk} değeri bulunur.

$C_p = 2,89$ ve $C_{pk} = 0,58$ olarak hesaplanır.

Yapılan bu hesaplamalar ile dış çap ve et kalınlığı için ayrı ayrı X-R grafikleri çizilmiştir. Çizelge 4.2'de A1 hattı için istatistiksel proses kontrol değerleri görülmektedir.. Bu sonuçlara göre dış çap ve et kalınlığı prosesleri incelenmiştir.

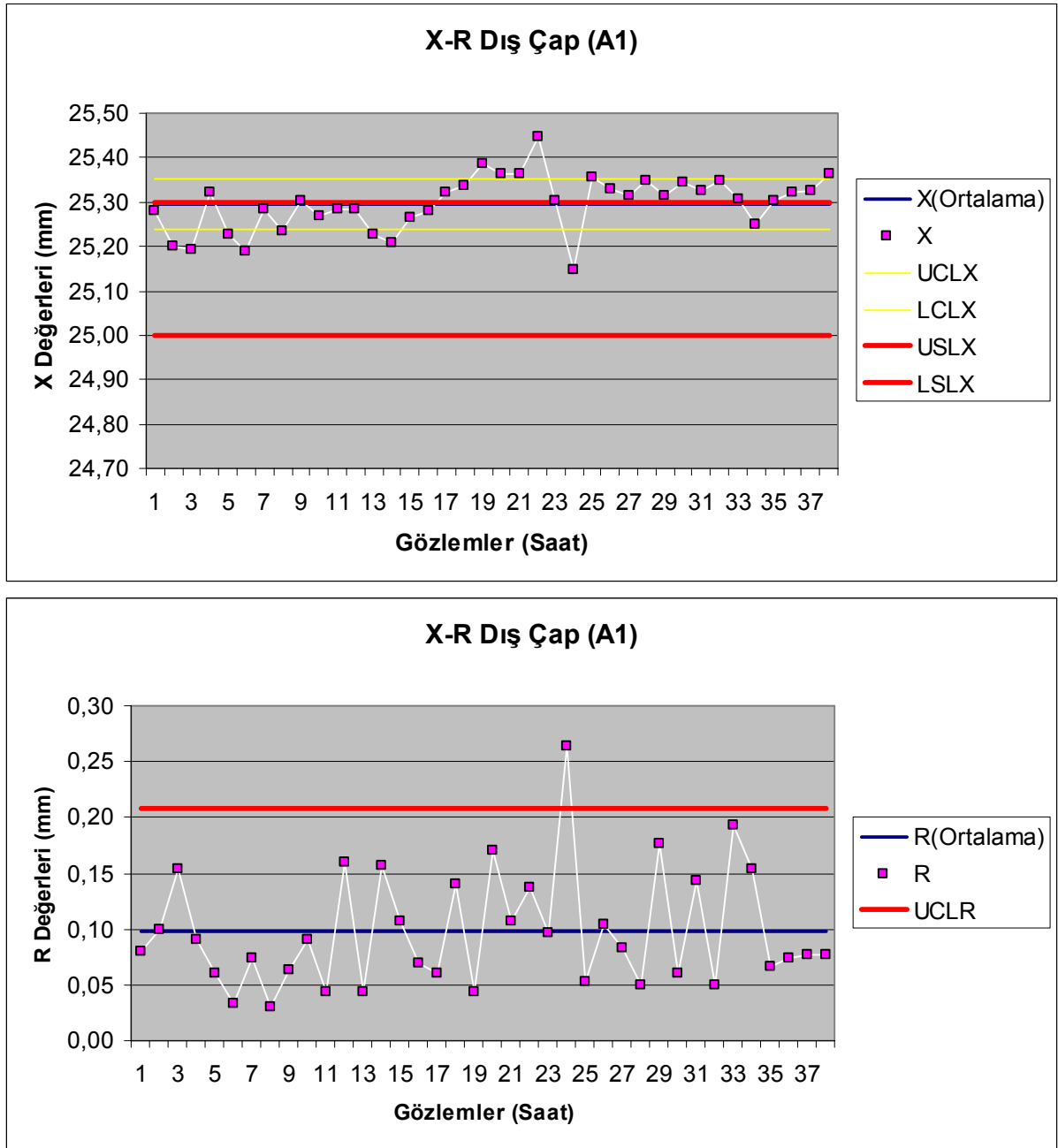
Çizelge 4.2 A1 hattı istatistiksel proses kontrol değerleri

Dış çap (mm)		Et Kalınlığı (mm)		Gramaj (g)	
USL	25,30	USL	4,90	Hesaplanan Gramaj	253,7
LSL	25,00	LSL	4,20	Ortalama Gerçek Gramaj	252,4
UCL_X	25,35	UCL_X	4,32	Min. Gramaj	249,6
LCL_X	25,24	LCL_X	4,22	Sapma (g)	5,5
X(Ortalama)	25,30	X(Ortalama)	4,27	%Sapma	0,02
Cp	1,18	Cp	2,89		
Cpk	0,02	Cpk	0,58		

4.4.1.1 Dış Çap

Prosesin üst kontrol limiti, üst tolerans limitinin üstündedir ve dolayısı ile proses üst tolerans limitinin dışında çalışmıştır (Çizelge 4.2). Proses, kontrol limitlerinden de sapmalar gösterdiği için bu prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olduğunu söylenemez. Prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olmadığı Cp ve Cpk değerleri arasındaki farktan da anlaşılmaktadır. Cpk değeri 1'den çok düşüktür, yani proses tolerans limitleri arasında ortalanmamıştır.

Ancak prosesin üst kontrol limitleri üzerinde çalışması sadece firma için problem oluşturur, bu durum maliyeti artırıcı etkiye sahiptir. Son kullanıcı açısından prosesin üst tolerans limitinin üstünde olmasının bir zararı yoktur. Çünkü kullanıcı için önemli olan borunun basınç dayanımıdır ve olması gereken minimum basınç dayanımı alt tolerans limiti değerleri ile sağlanır.



Şekil 4.2 A1 hattı dış çap X-R grafiği

X grafiğinde (Şekil 4.2) 14. ve 22. gözlemler arasında dış çap değerlerinde 25,21 mm'den 25,41 mm'ye bir artış eğilimi görülmektedir (Bkz Ek:3). Aynı noktalar arasında yalاک sıcaklıklarında da 25,5°C'den 28,7°C'ye bir artış vardır. Bu noktalar arasında çekme hızında 0,2 m/dak'lık bir artış kaydedilmiştir.

23. ve 24. gözlemlerde dış çap değerlerinde, vakum düşüşünden kaynaklanan bir düşme ve 24. gözlemde buna bağlı olarak prosesin alt kontrol limitinden bir sapma kaydedilmiştir. Bu bölgede vakum değeri önce 100 mmHg'dan 90 mmHg'ya, sonra 85 mmHg'ya düşmüştür (Ek 3).

R grafiğinde ise (Şekil 4.2), 24. gözlemde vakumdaki düşüş ve çekme hızındaki artıştan dolayı kontrol limitinden bir sapma kaydedilmiştir (Ek 3).

4.4.1.2 Et Kalınlığı

Proses et kalınlığı açısından incelendiğinde, prosesin tolerans limitleri içerisinde çalıştığı görülmektedir (Çizelge 4.2). Prosesin üst tolerans limitinin çok yüksek olmasından dolayı Cp değeri çok yüksek, aynı nedenle Cpk değeri de çok düşük çıkmıştır. Bu nedenle proses yapabilirlik indisi et kalınlığı değerleri için gerçek yapabilirliği yansıtmamaktadır. Proses kontrol limitlerinden sapmalar kaydedilmiştir.

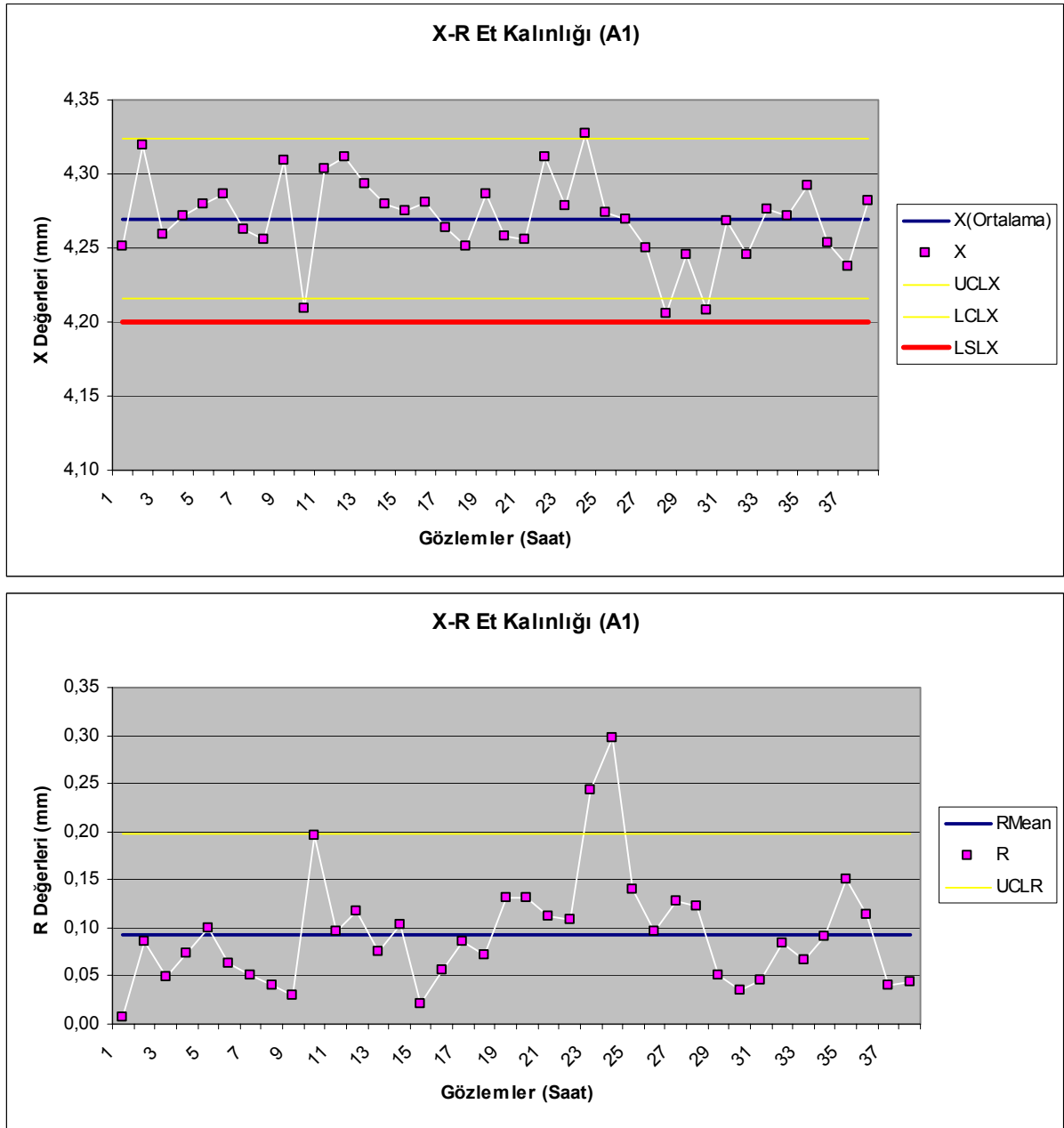
X grafiğinde (Şekil 4.3), 10. gözlemde gramaj miktarındaki düşüşten kaynaklanan bir sapma kaydedilmiştir (Bkz Ek:3).

24. gözlemde 5 mmHg vakum düşüşünden kaynaklanan 0,05 mm'lik bir et kalınlığı artışı ve üst kontrol limitinden sapma gözlenmiştir.

28. gözlemde operatör değişmiştir ve vakum değeri 5 mmHg düşmüştür. Bu nedenle alt kontrol limitinden bir sapma kaydedilmiştir.

30. gözlemde proses şartlarında bir değişiklik olmadığı halde alt kontrol limitinden bir sapma kaydedilmiştir. Bu sapmanın muhtemel sebepleri operatörün hatalı ölçümü ve ya elektrik voltajındaki ani gidip gelmelerdir.

R grafiğinde (Şekil 4.6), 23. ve 24. noktalarda üst kontrol limitinden vakum düşüşü nedeniyle sapmalar gözlenmiştir.



Şekil 4.3 A1 hattı et kalınlığı X-R grafiği

4.4.2 A4 Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi

A4 hattında 23.05.2005 tarihinde başlanarak toplam 45 adet gözlem yapılmıştır. Ø25'lik borularda yapılan ölçüm değerleri Ek 4'de verilmiştir. A1 hattı için yapılan hesaplamalar A4 hattı için de aynı şekilde yapılmıştır ve hesaplama sonuçları her alt grup için ayrı ayrı Ek 4 'de verilmiştir.

Çizelge 4.3'de A4 hattı için istatistiksel proses kontrol değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.3 A4 hattı istatistiksel proses kontrol değerleri

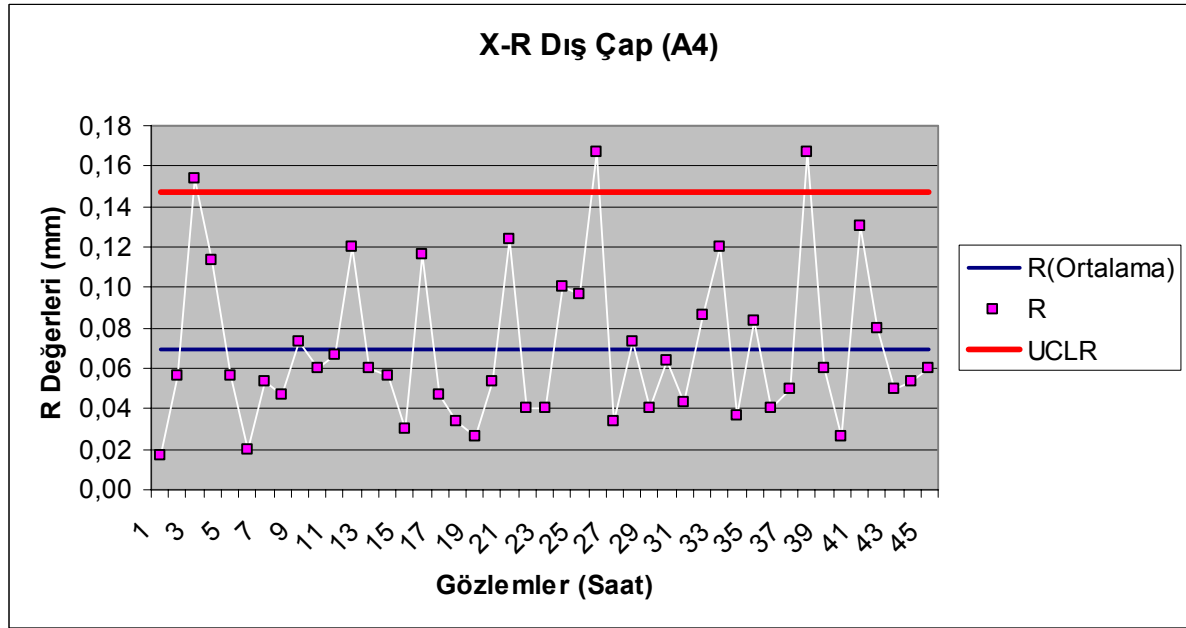
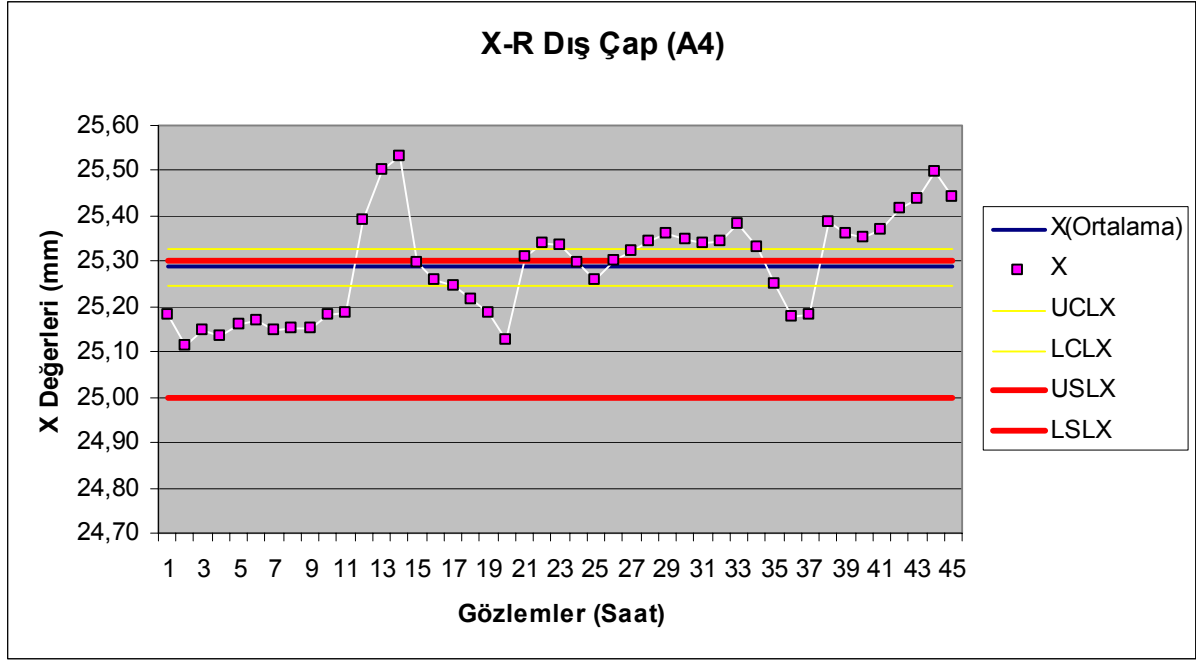
Dış çap (mm)		Et Kalınlığı (m)		Gramaj (g)	
USL	25,30	USL	4,90	Hesaplanan Gramaj	254,1
LSL	25,00	LSL	4,20	Ortalama Gerçek Gramaj	254,9
UCL	25,33	UCL	4,34	Min. Gramaj	249,6
LCL	25,25	LCL	4,23	Sapma (g)	8,0
X(Ortalama)	25,29	X(Ortalama)	4,28	%Sapma	0,03
Cp	1,66	Cp	2,82		
Cpk	0,13	Cpk	0,65		

4.4.2.1 Dış Çap

Prosesin üst kontrol limiti, üst tolerans limitinin üstündedir ve dolayısı ile proses üst tolerans limitinin dışında çalışmıştır (Çizelge 4.3). Proses hem kontrol limitleri hem de tolerans limitleri dışında çalışmıştır, bu nedenle proses istatistiksel olarak kontrol altında değildir. Teorik olarak Cp değeri prosesin yapabilir durumda olduğunu, ancak Cpk değeri prosesin ortalanmamış olduğunu göstermektedir.

X grafiğinde (Şekil 4.4), 2. ve 11. gözlemler arasında dış çaptaki artış (0,08 mm) eğilimi vakumdaki artıştan (40 mmHg) kaynaklanmaktadır. Ayrıca 9., 10. ve 11. gözlemlerde ekstrüder devrinde ve çekici hızında da bir artış kaydedilmiştir (Ek 4).

12., 13. ve 14. gözlemlerde dış çapta ani artışlar görülmektedir. Bu gözlemlerde ekstrüder devri ve çekme hızı artırılmış, vakum değeri ise düşürülmüştür. 14. gözlemden 20. gözleme kadar olan dış çaptaki 0,41 mm'lik düşüşe neden olarak ise yalak sıcaklıklarındaki 23,1°C'den 16,1°C'ye olan düşüş söylenebilir. Daha sonra yalak sıcaklığının artması ile beraber 21. gözlemden tekrar dış çapta bir artış gözlenmiştir (Ek 4).



Şekil 4.4 A4 hatı dış çap X-R grafiği

X grafiğinde, 33. gözlemden sonra dış çapta bir azalma eğilimi görülmektedir. 33. gözlemden sonra proseste operatör değişikliği yapılmıştır. 37. gözlemden sonra dış çapta farklı bir hammadde kullanımından kaynaklanan bir artış görülmektedir.

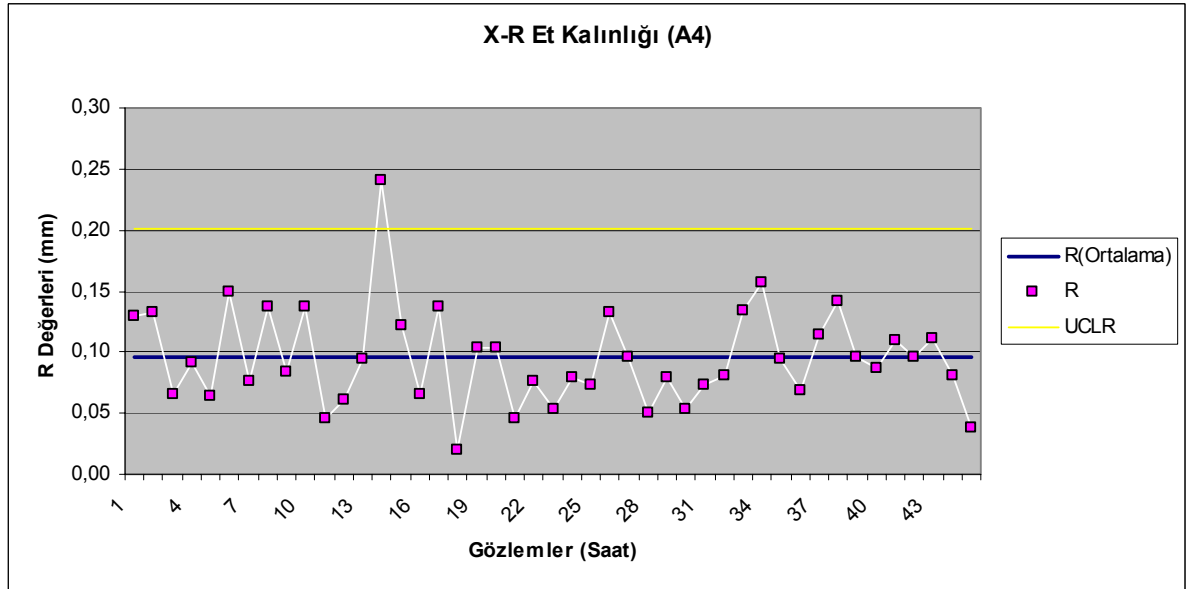
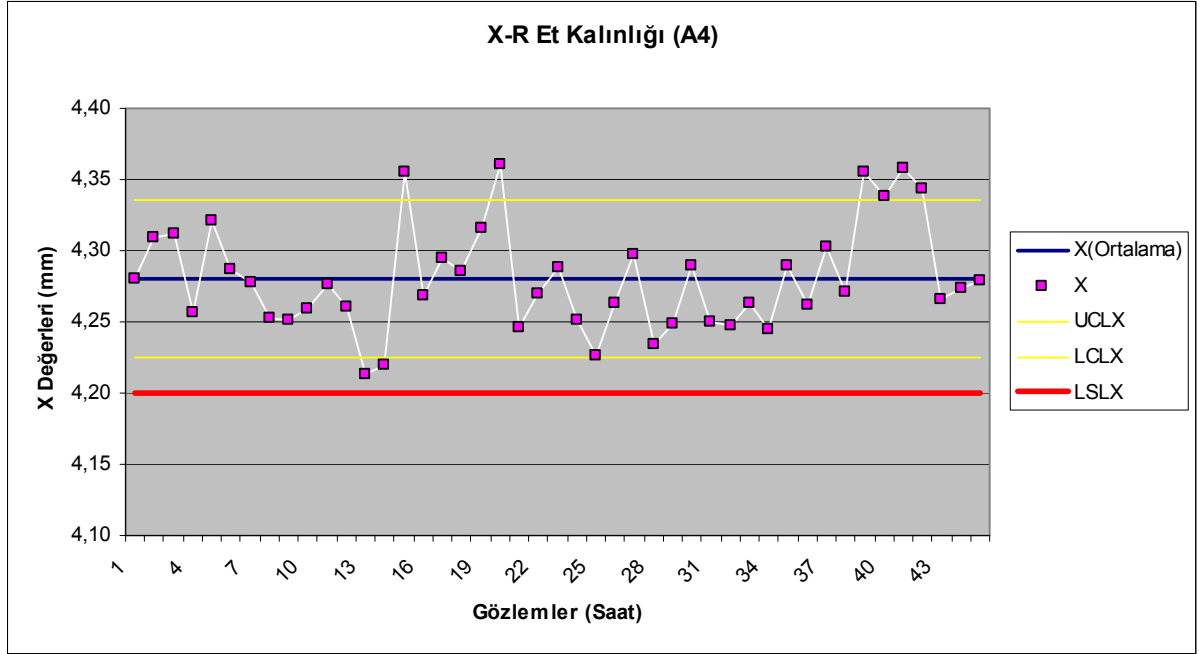
R grafiğinde (Şekil 4.4), prosesin üç ayrı gözlemde kontrol limitin dışına çıktığı görülmektedir. 3. gözlemdeki sapmanın sebebi vakum değerindeki ve çekme hızındaki artıştır. 26. gözlemden vardiya değişimi olmuştur ve çekme hızı artırılmıştır. 38. gözlemden hammadde

değiştirilmiştir ve ekstrüder devri azaltılmıştır. Aynı zamanda vakum değerinde de bir artma gözlemlenmiştir (Ek 4).

4.4.2.2 Et Kalınlığı

Proses tolerans limitleri içerisinde çalışmıştır. Üst tolerans limiti çok yüksek olduğundan, teorik olarak prosesin yapabilirlik indisi C_p çok yüksek, C_{pk} indisi ise çok düşük çıkmıştır. (Çizelge 4.3).

X grafiğinde (Şekil 4.5), 13., 14. ve 15 gözlemlerde ekstrüder devrindeki değişikliklerden dolayı proses kontrol limitleri dışına çıkmıştır. 20. gözlemde ise yalak sıcaklığında ve çekme hızında artış kaydedilmiştir. Bu nedenle 20. gözlemde proses üst kontrol limitinden sapmıştır. 38. gözlemde ise operatör değişikliği olmuştur. Aynı zamanda bu gözlemde hammadde değişmiş, ekstrüder devri düşmüş ve vakum artmıştır. 42. ve 43. gözlemlerde hat durdurulduğu için et kalınlığında düşme kaydedilmiştir (Ek 4).



Şekil 4.5 A4 hattı et kalınlığı X-R grafiği

R grafiğinde (Şekil 4.5), 14. gözlemlerde ekstrüder devrinde yapılan artıştan dolayı bir sapma gözlemlenmiştir (Ek 4).

4.4.3 A3 Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi

A3 hattında 16.05.2005 tarihinde başlanarak toplam 42 adet gözlem yapılmıştır. Ø20'lik borularda yapılan ölçüm değerleri Ek 5'de verilmiştir. A1 hattı için yapılan hesaplamalar A3 hattı için de aynı şekilde yapılmıştır ve hesaplama sonuçları her alt grup için ayrı ayrı Ek 5 'de verilmiştir.

Çizelge 4.4'de A3 hattı için istatistiksel proses kontrol değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.4 A3 hattı istatistiksel proses kontrol değerleri

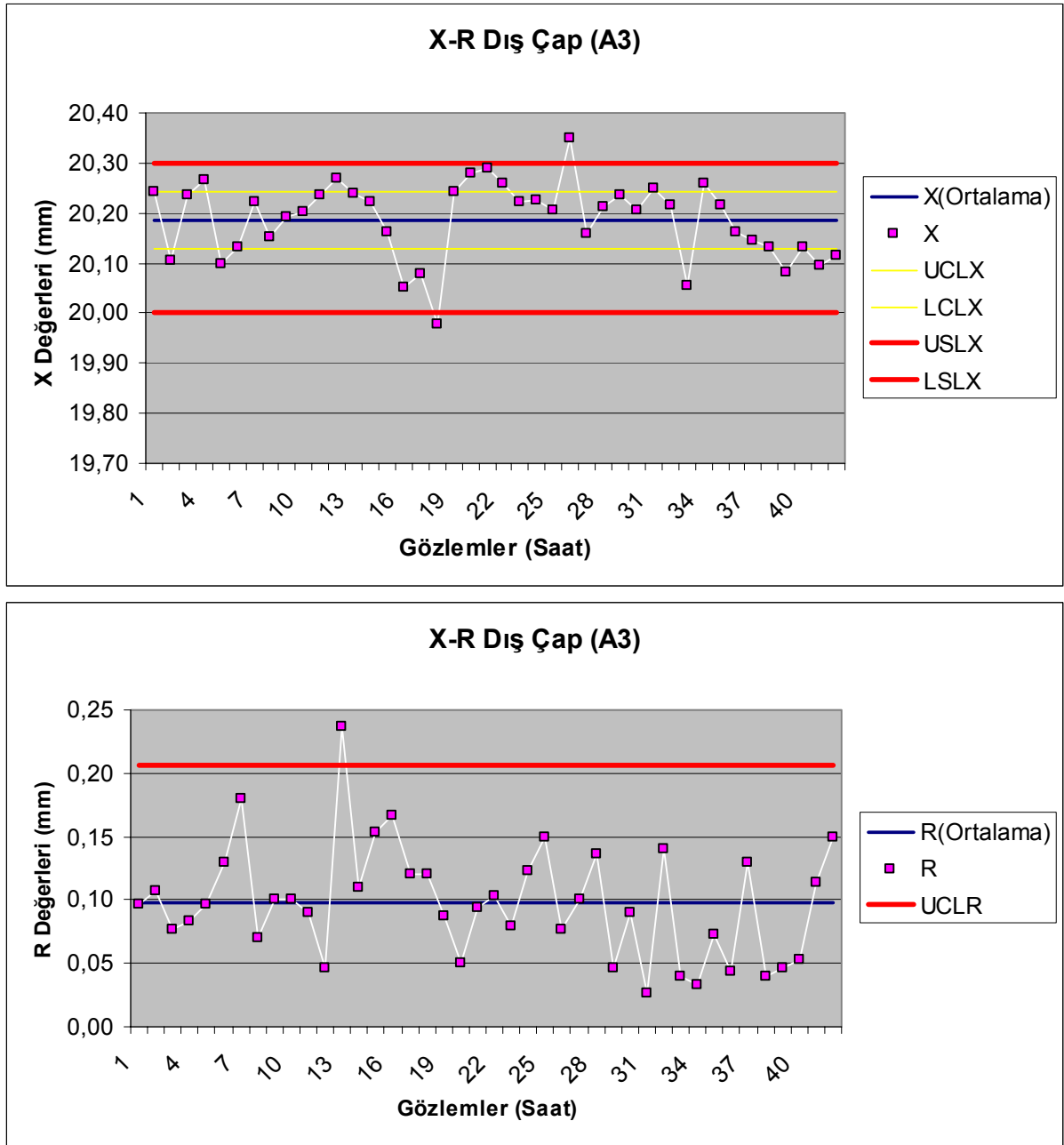
Dış çap (mm)		Et Kalınlığı (mm)		Gramaj (g)	
USL	20,30	USL	4,00	Hesaplanan Gramaj	164,1
LSL	20,00	LSL	3,40	Ortalama Gerçek Gramaj	163,7
UCL	20,24	UCL	3,54	Min. Gramaj	159,5
LCL	20,13	LCL	3,41	Sapma (g)	4,2
X(Ortalama)	20,19	X(Ortalama)	3,47	%Sapma	0,03
Cp	1,18	Cp	2,12		
Cpk	0,89	Cpk	0,53		

4.4.3.1 Dış Çap

Proses kontrol limitleri dışında çalışmıştır. Prosesin yapabilirlik indisi düşüktür, Cpk değerinin 1'den küçük olması, prosesin üst veya alt tolerans limitlerinden birini aştığını göstermektedir (Çizelge 4.4).

X grafiğinde (Şekil 4.6), 18. ve 26. gözlemlerde vakum değerlerinde yapılan değişikliklerden kaynaklanan sapmalar gözlemlenmiştir. 18. gözlemde 10 mmHg, 26. gözlemde ise 5 mmHg değerinde vakum değerlerinde artış kaydedilmiştir (Ek 5).

15. gözlemden sonra hat arızadan dolayı durdurulup tamir edilmiştir. Bu nedenle 15. ve 19. gözlemler arasında proste sapmalar meydana gelmiştir.



Şekil 4.6 A3 hattı dış çap X-R grafiği

18. ve 19. gözlemler arasında vardiya değişimi vardır, bu nedenle grafikte bir sıçrama görülmektedir.

R grafiğinde (Şekil 4.6), 13. gözlemlerde kontrol limitinden bir sapma görülmektedir, ancak proses parametreleri incelendiğinde bu sapmaya neden olacak bir değişiklik bulunamamıştır. Grafikteki sapmanın muhtemel sebebi hatalı ölçüm veya elektrik voltajındaki ani gidip gelmelerdir.

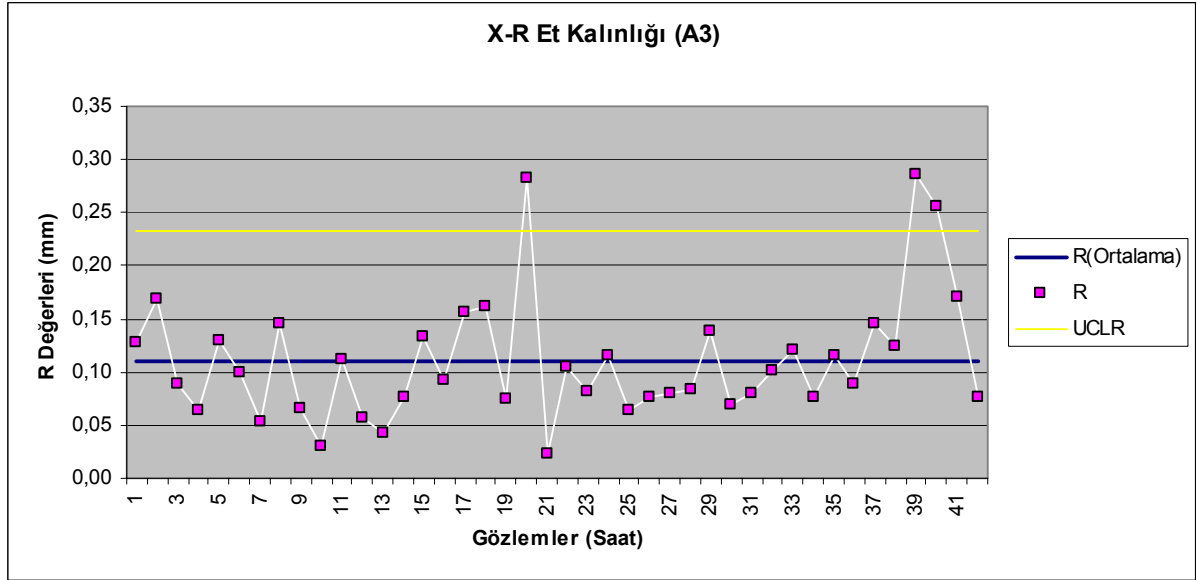
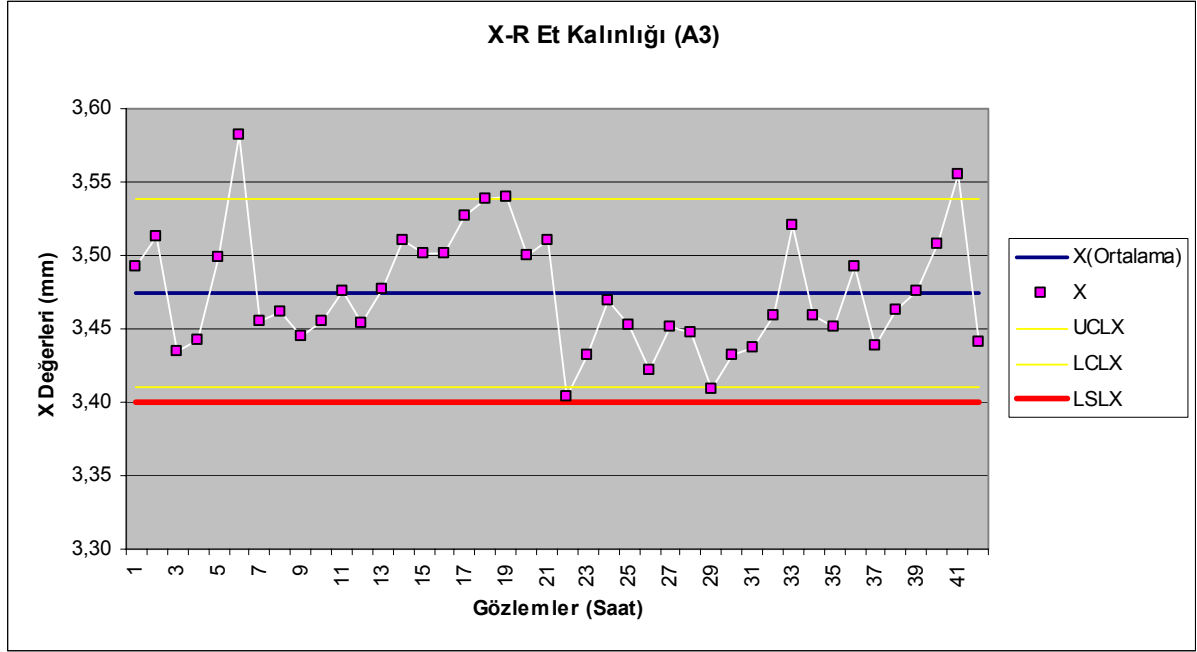
4.4.3.2 Et Kalınlığı

Proses tolerans limitleri içerisinde çalışmıştır. Üst tolerans limiti çok yüksek olduğundan, teorik olarak prosesin yapabilirlik indisi C_p değeri çok yüksek, C_{pk} değeri ise çok düşük çıkmıştır. (Çizelge 4.4).

X grafiğinde (Şekil 4.7), 41. gözlemden önce elektrik kesintisinden dolayı üst kontrol limitinden sapma kaydedilmiştir. 6. gözlemden önce oluşan sapmaya neden olacak bir parametre değişikliği kaydedilmemiştir. Bu sapmanın muhtemel sebebi hatalı ölçüm veya elektrik voltajındaki ani gidip gelmelerdir. 6. gözlemden sonra ise çekme hızı artırıldığı için (0,6 m/dak) et kalınlığında bir düşme görülmüştür (Ek 5).

21. gözlemden sonra gramaj miktarında 1g'lık bir düşme yapılmıştır. Bu nedenle 22. gözlemden önce et kalınlığında bir düşme gözlenmiştir (Ek 5).

R grafiğinde (Şekil 4.19), 20., 39 ve 40. gözlemlerde kontrol limitinden sapmalar görülmektedir. 20. gözlemden önce 3 mmHg, 40. gözlemden önce ise 2 mmHg vakum artışı ve çekme hızında ufak bir artış (0,2 m/dak) kaydedilmiştir (Ek 5).



Şekil 4.7 A3 hattı et kalınlığı X-R grafiği

4.4.4 B7-Sağ Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi

B7 hattı daha önce de belirtildiği gibi B7-Sağ ve B7-Sol olmak üzere iki ayrı hattın oluşmaktadır.

B7-Sağ hattında 02.06.2005 tarihinde başlanarak toplam 50 adet gözlem yapılmıştır. Ø20'lik borularda yapılan ölçüm değerleri Ek 6'da verilmiştir. A1 hattı için yapılan hesaplamalar B7-Sağ hattı için de aynı şekilde yapılmıştır ve hesaplama sonuçları her alt grup için ayrı ayrı Ek 6'da verilmiştir.

Çizelge 4.5'de B7-Sağ hattı için istatiksel proses kontrol değerlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.5 B7-Sağ hattı istatiksel proses kontrol değerleri

Dış çap (mm)		Et Kalınlığı (mm)		Gramaj (g)	
USL	20,30	USL	4,00	Hesaplanan Gramaj	165,4
LSL	20,00	LSL	3,40	Ortalama Gerçek Gramaj	166,4
UCL	20,32	UCL	3,55	Min. Gramaj	159,5
LCL	20,24	LCL	3,43	Sapma (g)	6,9
X(Ortalama)	20,28	X(Ortalama)	3,49	%Sapma	0,04
Cp	1,73	Cp	2,26		
Cpk	0,24	Cpk	0,67		

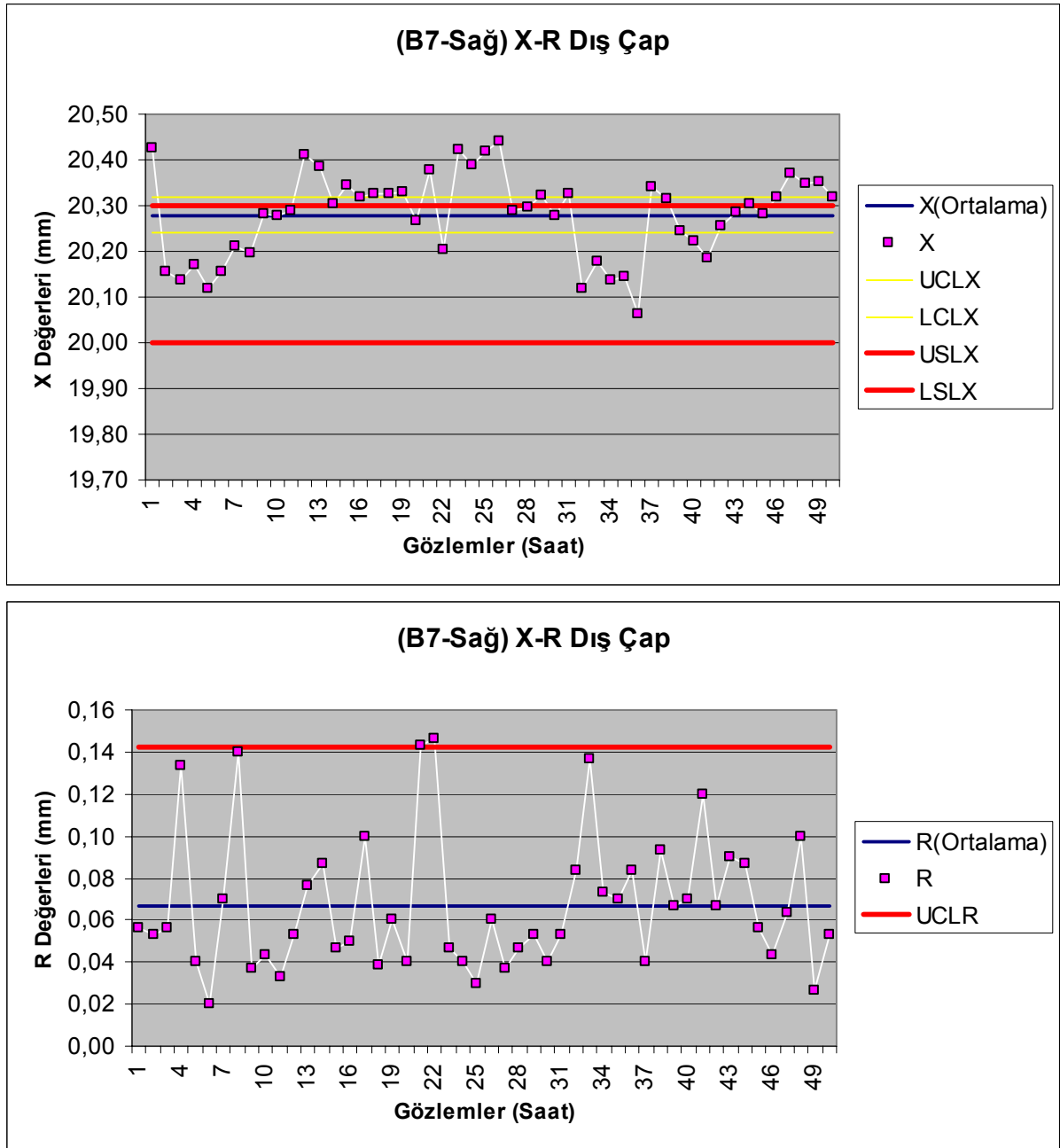
4.4.4.1 Dış Çap

Proses hem kontrol limitleri dışında, hem de tolerans limitleri dışında çalışmıştır. Prosesin ortalama çap değeri üst tolerans limitine çok yakındır (Çizelge 4.5), proses istatiksel olarak kontrol altında değildir.

X grafiğinde (Şekil 4.8), 5. ve 9. gözlemler arasında, dış çap değerlerinde vakum artışından kaynaklanan bir artma eğilimi gözlemlenmektedir. Ayrıca 7. gözlemden sonra kullanılan hammadde değiştirilmiş ve ekstrüder devri azaltılmış, vakum artırılmıştır (Ek 6).

21.gözlemde ekstrüder devri artırıldığı için dış çapta bir artış gözlenmiştir.

31. gözlemde 30 mmHg vakum düşü olduğu için dış çapta 0,18 mm düşme gözlenmiştir. Bu noktada çekme hızında da 0,2 m/dak'lık bir düşme olmuştur (Ek 6).



Şekil 4.8 B7-Sağ hattı dış çap X-R grafiği

37. gözlemlerde 10 mmHg vakum artışı olduğu için dış çap değerinde 0,28 mm artış olmuştur (Ek 6).

R grafiğinde (Şekil 4.8), 21. ve 22. gözlemlerde ekstrüder devrindeki artıştan dolayı kontrol limitinden sapmalar görülmektedir. 37. gözlemden sonra operatör değişimi yapılmıştır. Bu nedenle 37. gözlemden sonraki ölçümlerde grafikte farklı bir eğilim vardır.

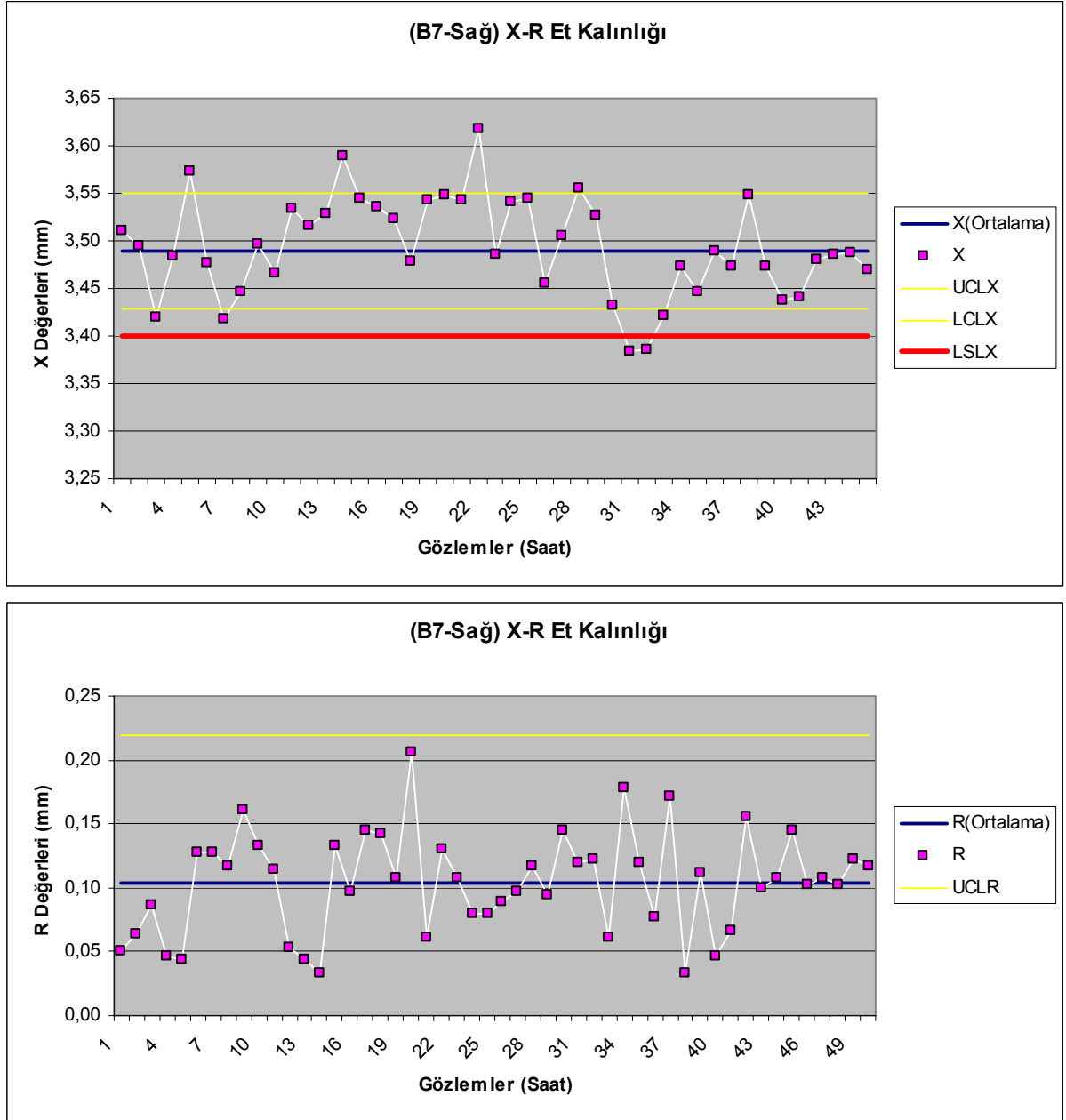
Ekstrüderin gravimetrik cihazı arızalı olduğu için R grafiğindeki dalgalanmalar fazladır.

4.4.4.2 Et Kalınlığı

Proseste kontrol limitlerinden sapmalar görülmektedir, ayrıca alt tolerans limitinin altında iki nokta vardır. Cp ve Cpk değerlerinden de prosesin istatistiksel olarak kontrol altında olmadığı görülmektedir (Çizelge 4.5).

X Grafiğinde (Şekil 4.9), 7. gözlemdeki hammadde değişikliğinden sonra et kalınlığında bir artış eğilimi gözlenmiştir. 31. ve 32. gözlemlerde vakum artışından dolayı alt tolerans limitinden bir sapma vardır (Ek 6). Standart değer altında bir üretim olduğu için bu noktalardaki borular kırmaya gönderilmek üzere diğer borulardan ayrılmıştır.

23. gözlemde çekme hızında 0,2 m/dak'lık bir artma görülmüştür, buna mukabil et kalınlığında 0,13 mm'lik bir azalma kaydedilmiştir (Ek 6).



Şekil 4.9 B7-Sağ hattı et kalınlığı X-R grafiği

7. gözlemlerde ekstrüder devri 6 dev/dak düştüğü için bu noktada et kalınlığında 0,06 mm'lik bir düşme görülmüştür.

R Grafiğinde (Şekil 4.9), gravimetrik cihazı arızasından dolayı dalgalanmalar fazladır, ancak kontrol limitlerinden sapma gözlenmemiştir.

4.4.5 B7-Sol Hattı İstatiksel Proses Kontrol Analizi

B7-Sol hattında 02.06.2005 tarihinde başlanarak toplam 50 adet gözlem yapılmıştır. Ø20'lik borularda yapılan ölçüm değerleri Ek 7'de verilmiştir. A1 hattı için yapılan hesaplamalar B7-Sol hattı için de aynı şekilde yapılmıştır ve hesaplama sonuçları her alt grup için ayrı ayrı Ek 7 'de verilmiştir.

Çizelge 4.6'de B7-Sol hattı için istatistiksel proses kontrol değerlerinin sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.6 B7-Sol hattı istatistiksel proses kontrol değerleri

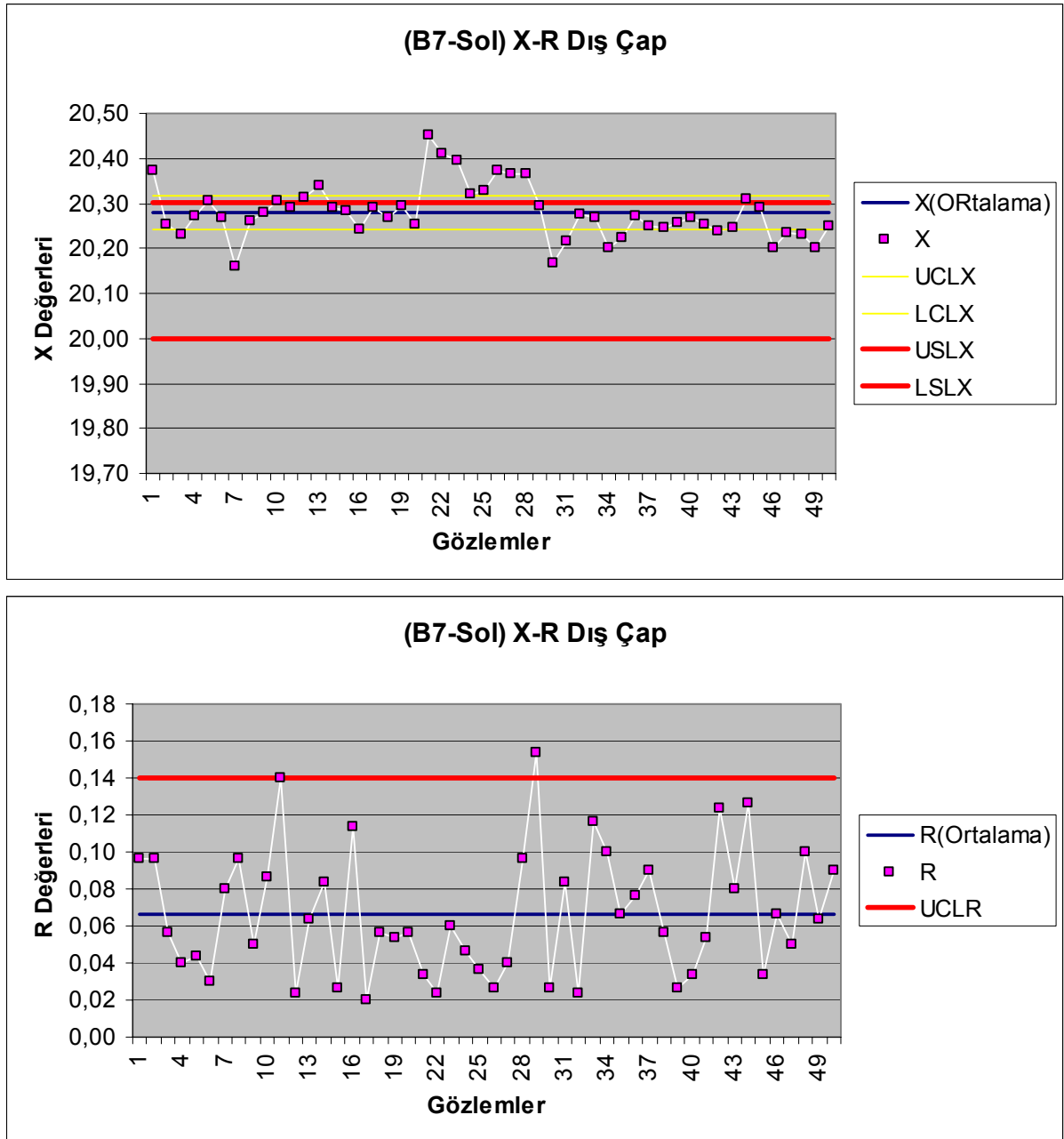
Dış çap (mm)		Et Kalınlığı (mm)		Gramaj (g)	
USL	20,30	USL	4,00	Hesaplanan Gramaj	165,9
LSL	20,00	LSL	3,40	Ortalama Gerçek Gramaj	166,2
UCL	20,32	UCL	3,56	Min. Gramaj	159,5
LCL	20,24	LCL	3,43	Sapma (g)	6,7
Ortalama Çap	20,28	Ortalama Et Kalınlığı	3,50	%Sapma	0,04
Cp	1,75	Cp	2,07		
Cpk	0,24	Cpk	0,68		

4.4.5.1 Dış Çap

Proses hem kontrol limitleri dışında, hem de tolerans limitleri dışında çalışmıştır. Prosesin ortalama çap değeri üst tolerans limitine çok yakındır (Çizelge 4.6). Proses istatistiksel olarak kontrol altında değildir, bu durum Cp ve Cpk değerlerinden de anlaşılmaktadır.

X grafiğinde (Şekil 4.10), 20. gözlemden sonra dış çapta bir artış gözlemlenmiştir ve üst tolerans ve kontrol limitlerinin üstünde çalışılmıştır. 20. gözlemden sonra ekstrüder devrinin artırılması bu durumun muhtemel sebebidir (Ek 7).

7. gözlemden sonra ekstrüder devri 6 dev/dak düştüğü için bu noktada dış çapta 0,11 mm'lik bir düşme görülmüştür (Ek 7).



Şekil 4.10 B7-Sol hattı dış çap X-R grafiği

30. gözlemlerde vakum değeri düşürülmüştür, bu nedenle dış çapta azalma olmuş ve alt kontrol limitinden sapma meydana gelmiştir.

R grafiğinde (Şekil 4.10), 30. gözlemlerde vakum düşüşünden kaynaklanan bir sapma gözlemlenmiştir (Ek 7).

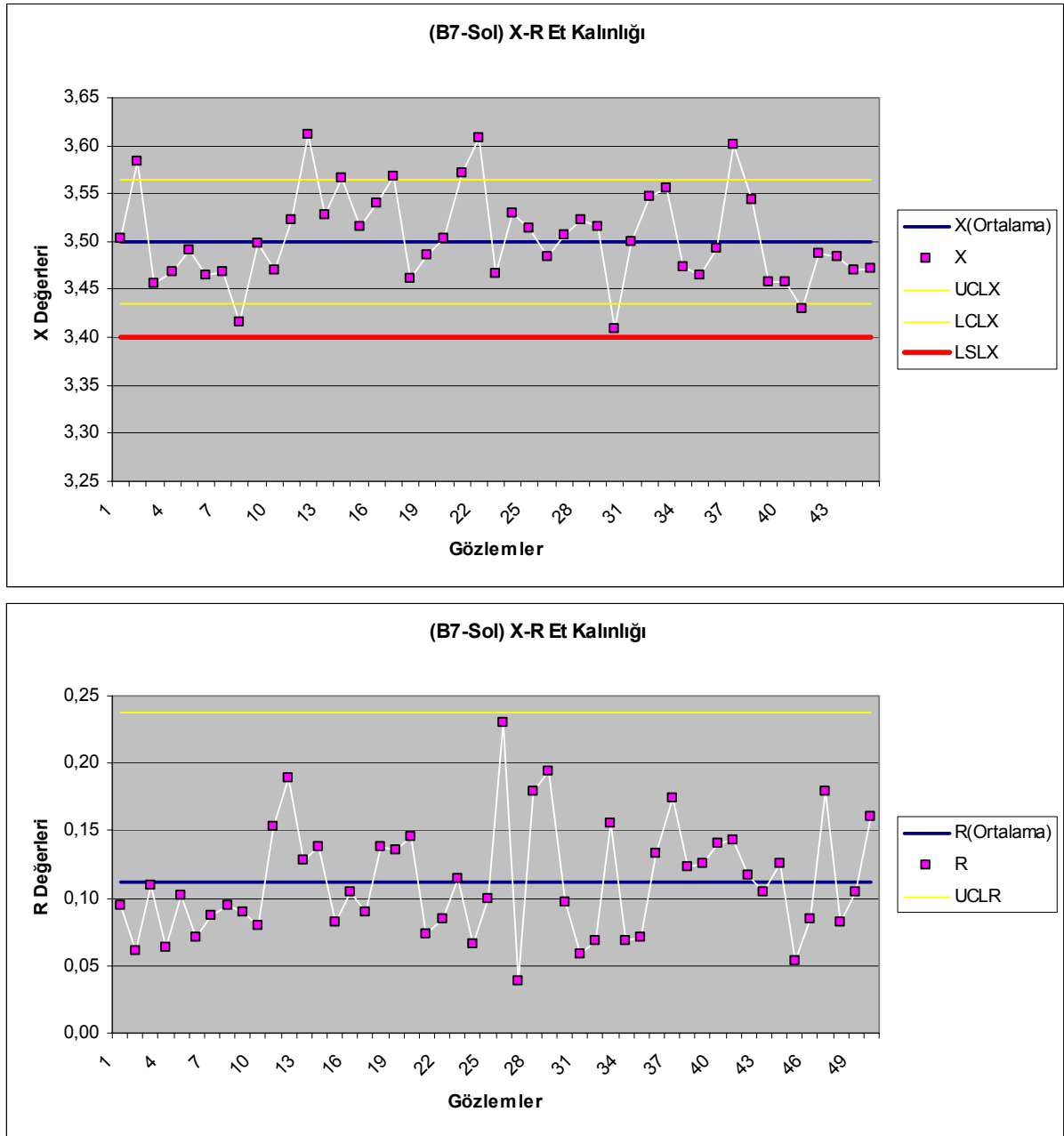
4.4.5.2 Et Kalınlığı

Proses kontrol limitlerinden birçok noktada sapma göstermiştir, ayrıca alt tolerans limitinin de altında çalışmıştır. Proses istatistiksel olarak kontrol altında değildir, bu nedenle prosesin Cp ve Cpk değerleri çok düşüktür.

X grafiğinde (Şekil 4.11), 7. gözlemden sonra et kalınlığında artma eğilimi gözlenmektedir. Bunun sebebi 7. gözlemden sonra hammadde değişikliği yapılmasıdır. Hammadde değişikliği ile hem dış çapta hem de et kalınlığında artma eğilimi gözlenmiştir (Ek 7).

X grafiğinde, 2. gözlemden sonra vakum düşüşünden kaynaklanan bir sapma görülmüştür (Ek 7).

8.gözlemden sonra vakum artışından dolayı et kalınlığında bir düşme ve alt kontrol limitinden bir sapma görülmektedir (Ek 7).



Şekil 4.11 B7-Sol hattı et kalınlığı X-R grafiği

21. gözlemde vakum düşüşünden dolayı et kalınlığında artış ve üst kontrol limitinden sapma vardır.
23. gözlemde çekme hızı 0,3 m/dak artmıştır, buna karşılık et kalınlığında 0,14 mm azalma görülmüştür.
30. gözlemde kontrol limitinden sapmanın muhtemel sebebi operatör değişikliğidir.
37. gözlemde üst kontrol limitinden sapma gözlenmiştir. Bu gözlem sırasında ekstrüder devrinde ve çekme hızında bir azalma vardır.

Şekil 4.27’de R grafiği verilmiştir. Proses limitlerinden herhangi bir sapma görülmemiştir, ancak ekstrüderin gravimetrik cihazı arızalı olduğundan grafikteki salınımlar çok geniştir.

4.5 Proses Parametreleri Analizi

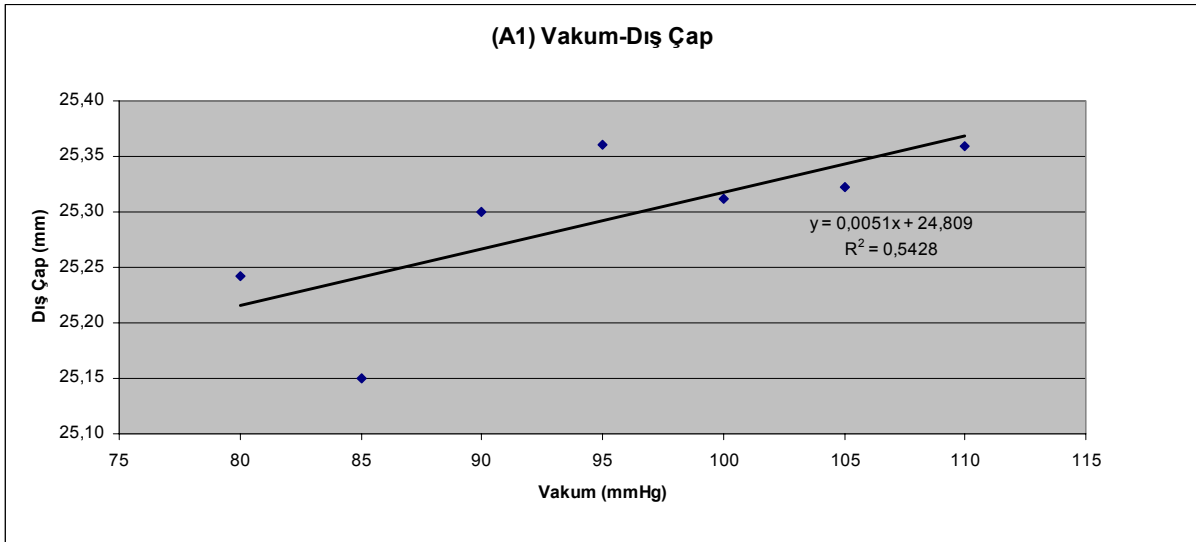
İstatiksel proses kontrol analizlerinden de anlaşıldığı gibi, plastik boru üretiminde dış çap ve et kalınlığı üzerine en çok et eden parametreler vakum, çekme hızı ve yalak sıcaklığı değerleridir. Bu bölümde vakum değerinin dış çap ve et kalınlığı üzerine, yine çekme hızının dış çap ve et kalınlığı üzerine ve son olarak da yalak sıcaklıklarının dış çap üzerine olan etkileri grafiklerle incelenmiştir.

4.5.1 Vakum-Dış Çap

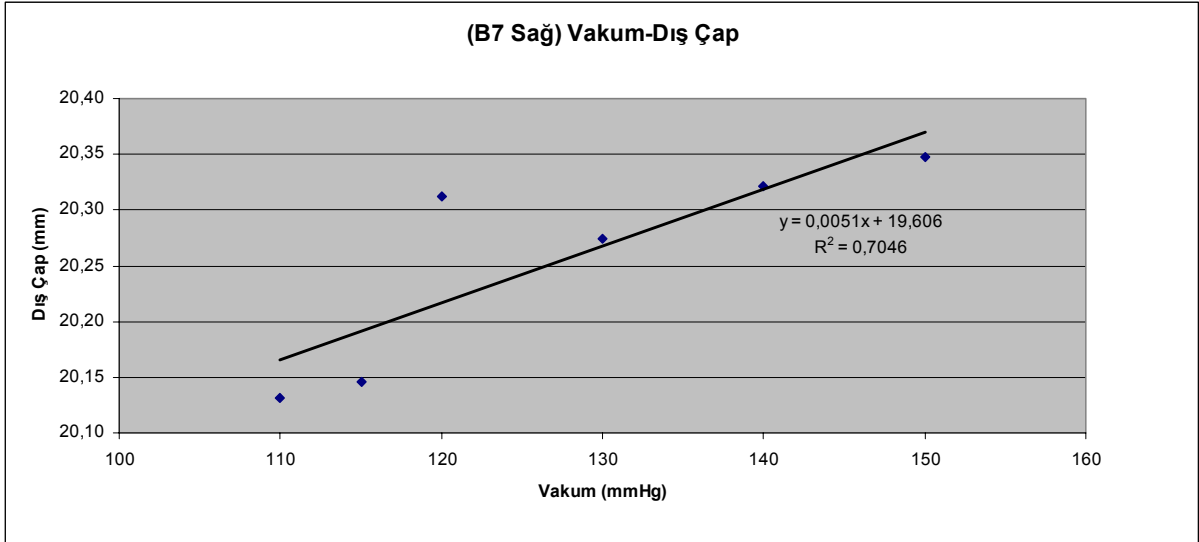
Bölüm 2’de anlatıldığı gibi vakum değerinin artması ile dış çapın artması beklenir. Bir proseste vakum değerleri ile dış çapın ilişkisini görebilmek için proses boyunca okunan vakum değerlerine karşılık gelen ortalama dış çap değerlerinin grafikleri çizilmiştir.

Şekil 4.12, 4.13 ve 4.14 de sırası ile A1, B7-Sağ ve B7-Sol hatları için vakum değerlerine karşılık gelen ortalama dış çap değerlerinin grafiği verilmiştir.

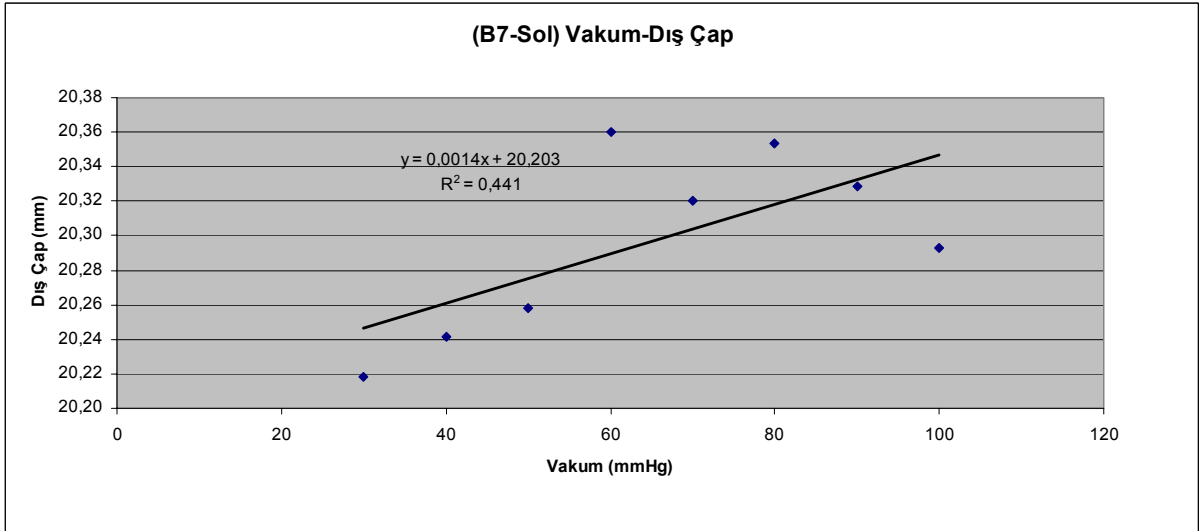
Grafiklerde de açık bir şekilde görülebildiği gibi, her üç hat için de vakum artışı ile dış çapın artma eğiliminde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.12 A1 hattı, vakum- dış çap grafiği



Şekil 4.13 B7-Sağ hattı, vakum dış çap grafiği

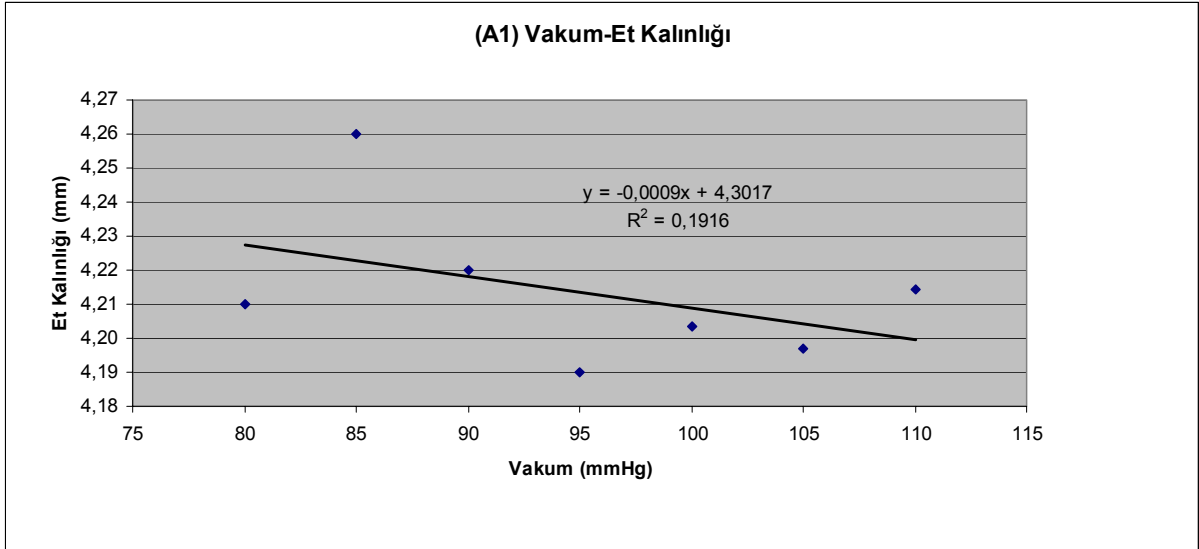


Şekil 4.14 B7-Sol hattı, vakum-dış çap grafiği

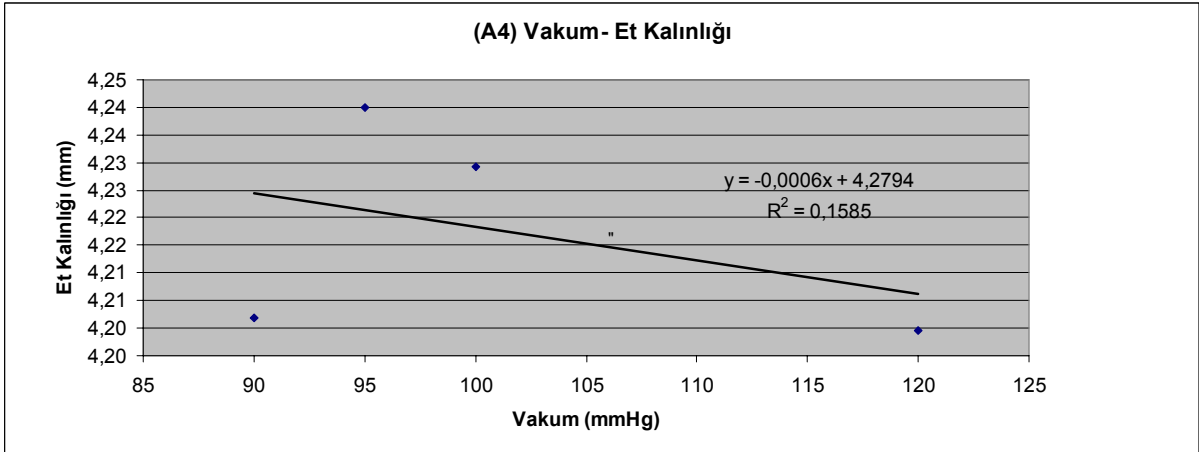
4.5.2 Vakum-Et Kalınlığı

Bölüm 2’de de anlatıldığı gibi, vakum değerinin artması, dış çapın tersine, et kalınlığında azalmaya neden olacaktır. Bir proseste vakum değerleri ile et kalınlığı ilişkisini görebilmek için proses boyunca okunan vakum değerlerine karşılık gelen ortalama et kalınlığı değerlerinin grafikleri çizilmiştir.

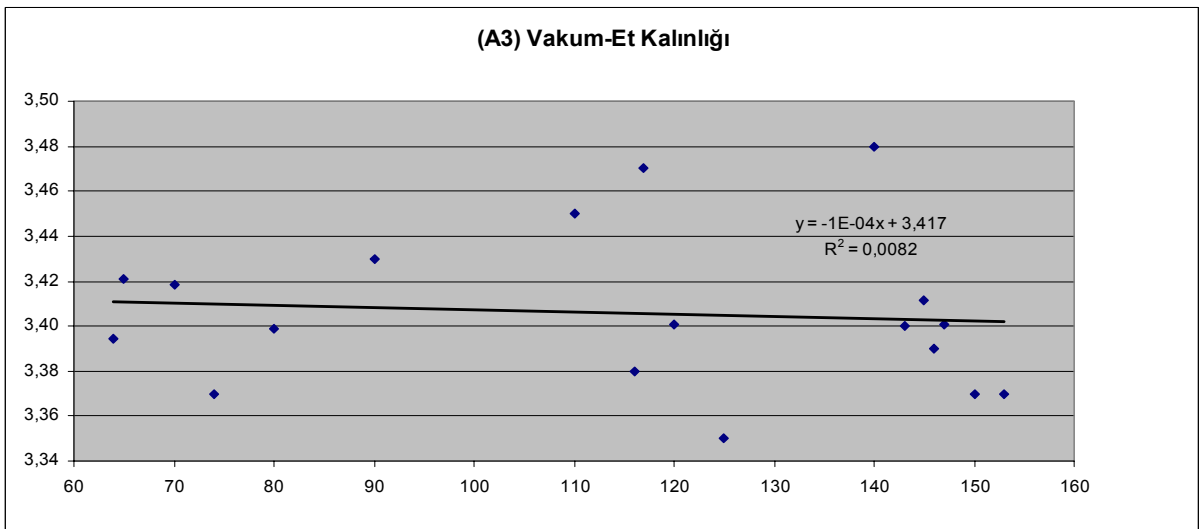
Şekil 4.15, 4.16 ve 4.17’de sırası ile A1, A4 ve A3 hattı için vakum değerlerine karşılık gelen ortalama et kalınlığı değerlerinin grafikleri verilmiştir.



Şekil 4.15 A1 hattı, vakum-et kalınlığı grafiği



Şekil 4.16 A4 hattı, vakum-et kalınlığı grafiği



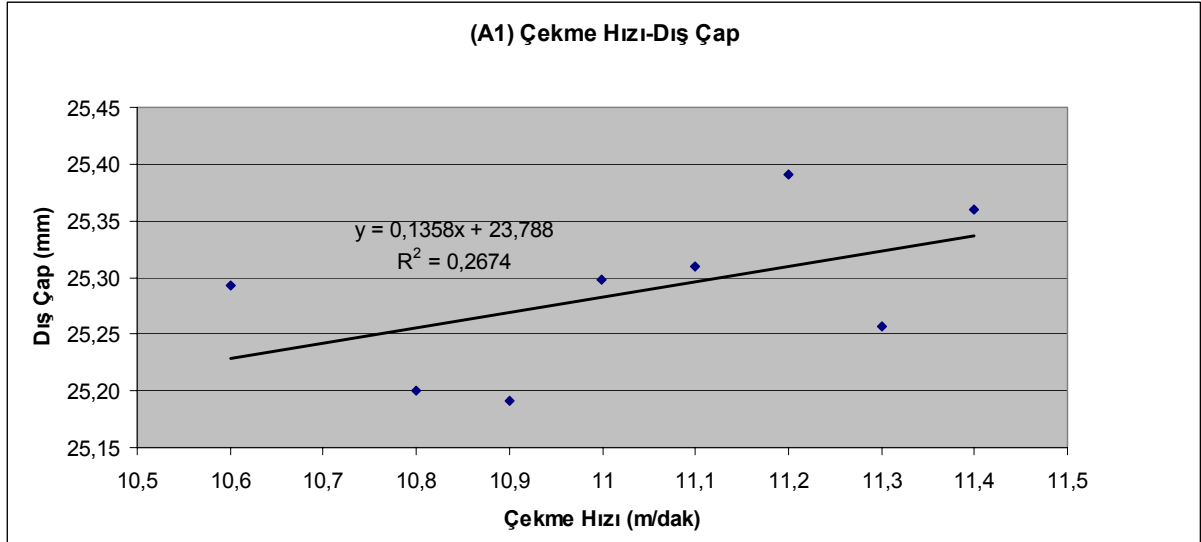
Şekil 4.17 A3 hattı, vakum-et kalınlığı grafiği

A1 ve A4 hatlarında vakum değerinin artması ile et kalınlığının azalma eğilimi gösterdiği görülmektedir. A3 hattında ise noktaların dağılımının fazla olması nedeni ile bu eğilim net olarak görülememektedir.

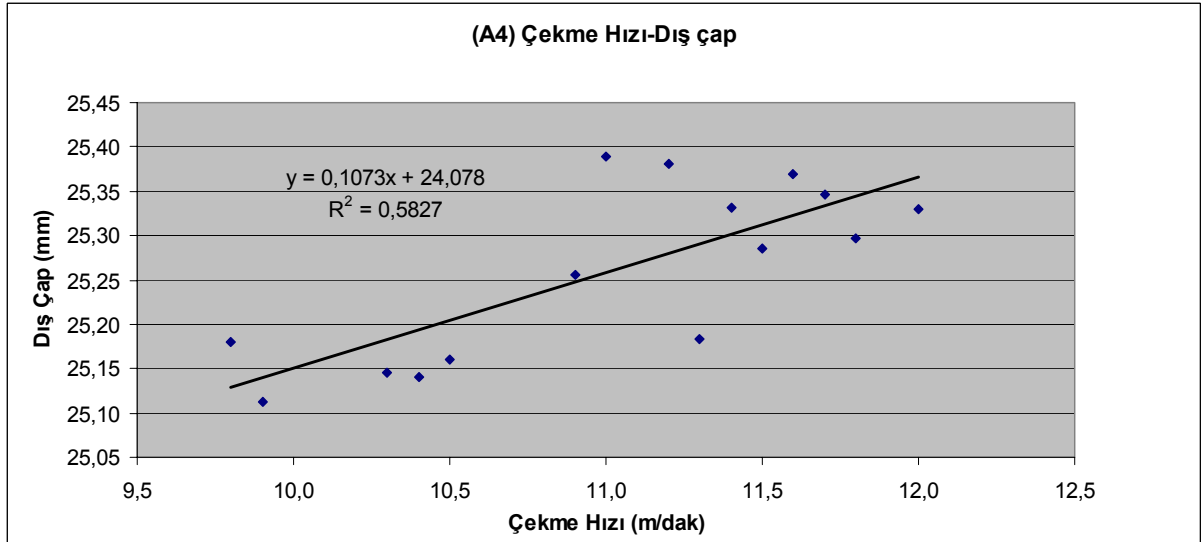
4.5.3 Çekme Hızı-Dış ap

Bölüm 2’de anlatıldığı gibi çekme hızının artması ile dış çapın artması beklenir. Bir proseste çekme hızı ile dış çapın ilişkisini görebilmek için proses boyunca okunan çekme hızı değerlerine karşılık gelen ortalama dış çap değerlerinin grafikleri çizilmiştir.

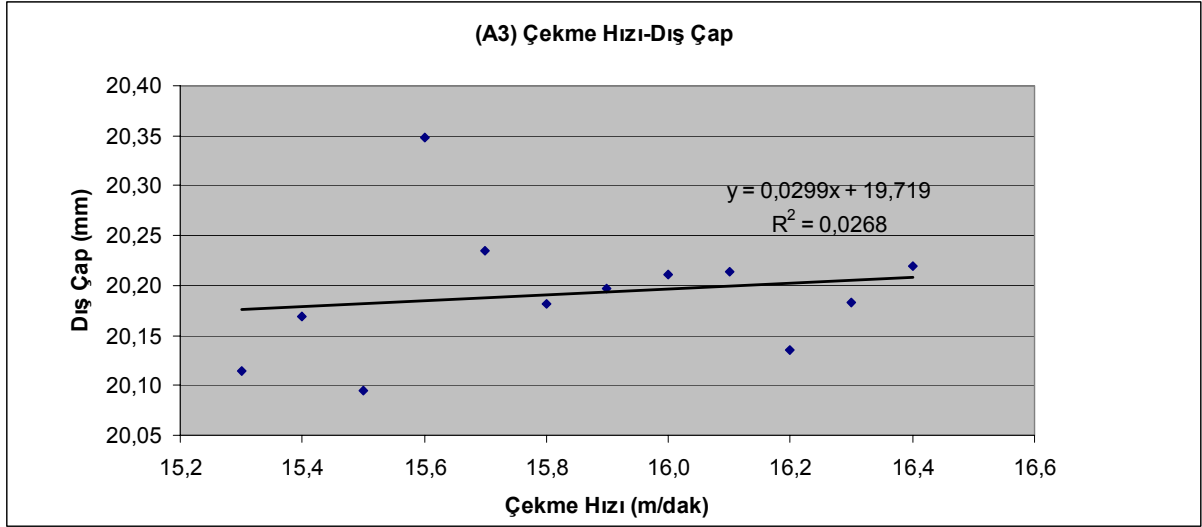
şekil 4.18, 4.19, 4.20 ve 4.21’de sırası ile A1, A4, A3 ve B7-Sağ hatları için çekme hızı değerlerine denk gelen ortalama dış çap değerlerinin grafikleri verilmiştir.



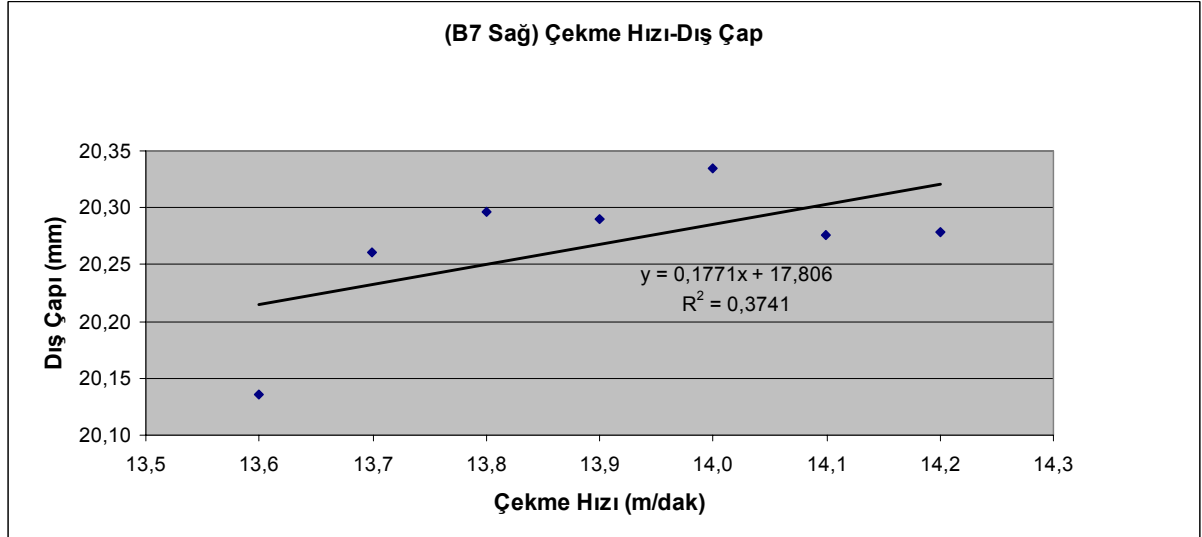
Şekil 4.18 A1 hattı, çekme hızı-dış çap grafiği



Şekil 4.19 A4 hattı, çekme hızı-dış çap grafiği



Şekil 4.20 A3 hattı, çekme hızı- dış çap grafiği



Şekil 4.21 B7-Sağ hattı, çekme hızı-dış çap grafiği

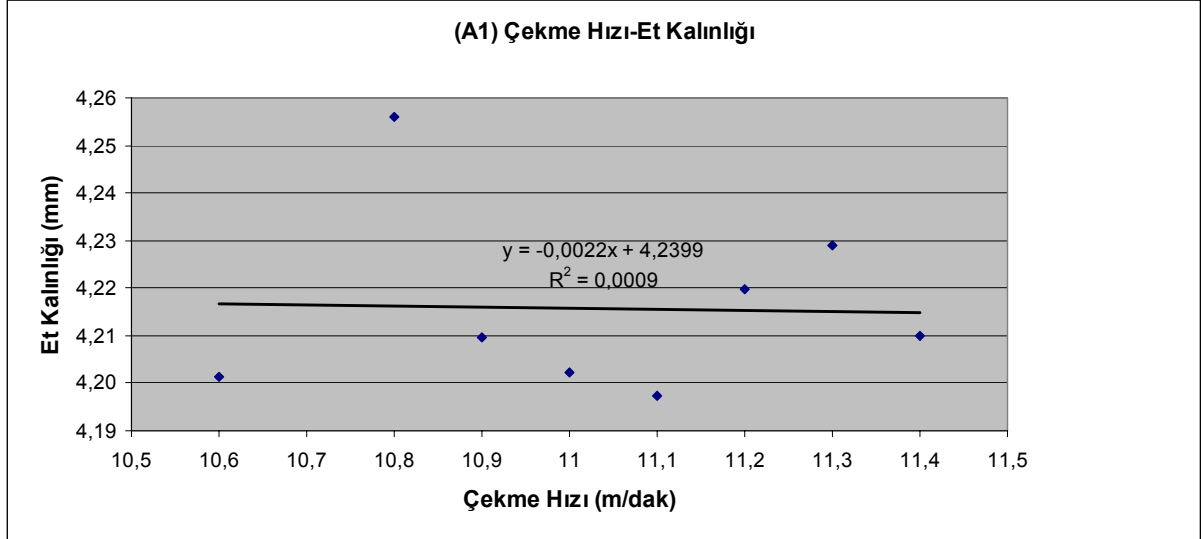
Grafikleri verilen 4 hat için de çekme hızının artması ile dış çapta da artış eğiliminin olduğu görülmektedir.

4.5.4 Çekme Hızı- Et kalınlığı

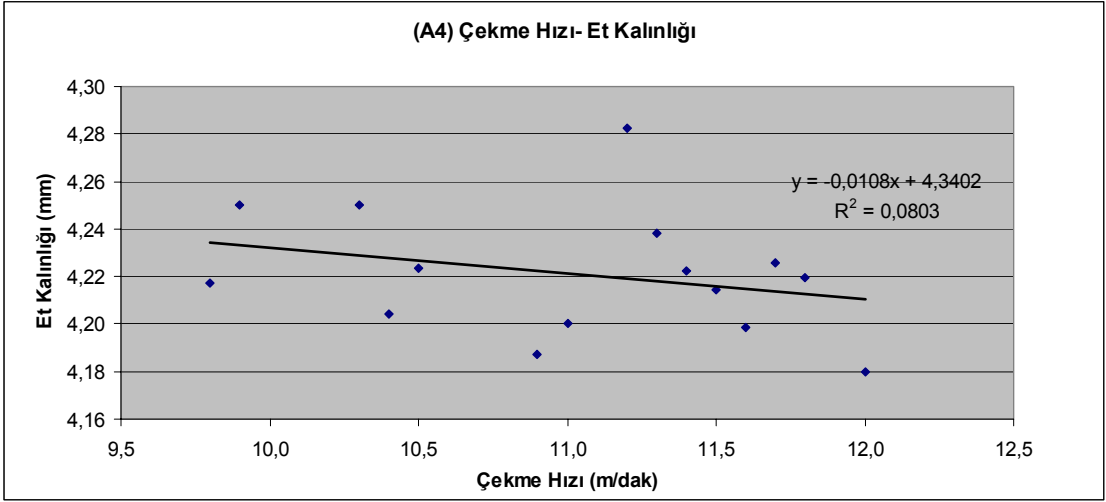
Bölüm 2’de anlatıldığı gibi çekme hızının artması ile ,dış çapın tersine, et kalınlığında azalama beklenir.. Bir proseste çekme hızı ile et kalınlığının ilişkisini görebilmek için proses boyunca okunan çekme hızı değerlerine karşılık gelen ortalama et kalınlığı değerlerinin grafikleri çizilmiştir

Şekil 4.22, 4.23, 4.24 ve 4.25’de sırası ile A1, A4, B7-Sağ ve B7-Sol hatları için çekme hızı değerlerine denk gelen ortalama et kalınlığı değerlerinin grafikleri çizilmiştir.

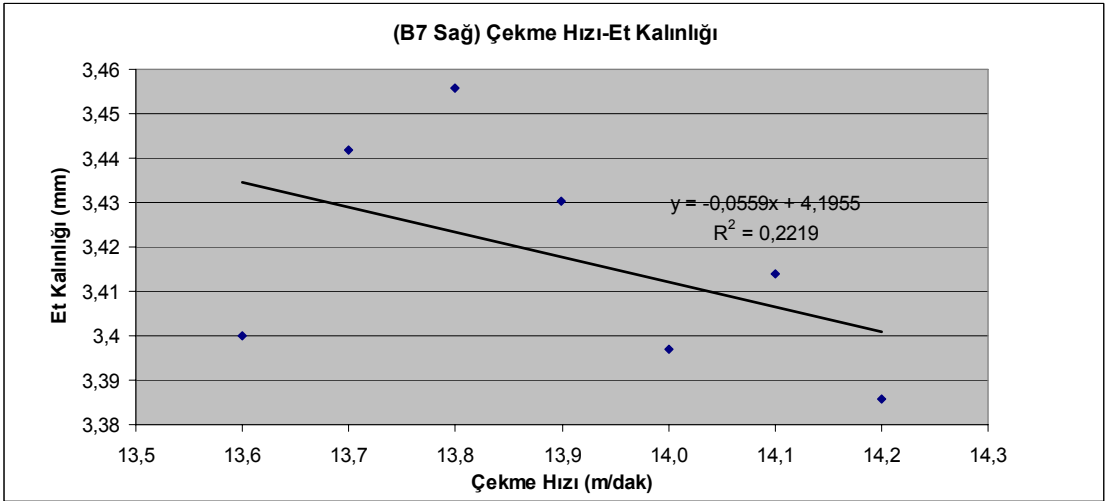
A1 hattında çekme hızı artışı ile et kalınlığındaki azalma eğilimi çok net olarak görülemese de diğer hatlarda bu eğilim açık bir şekilde görülebilmektedir.



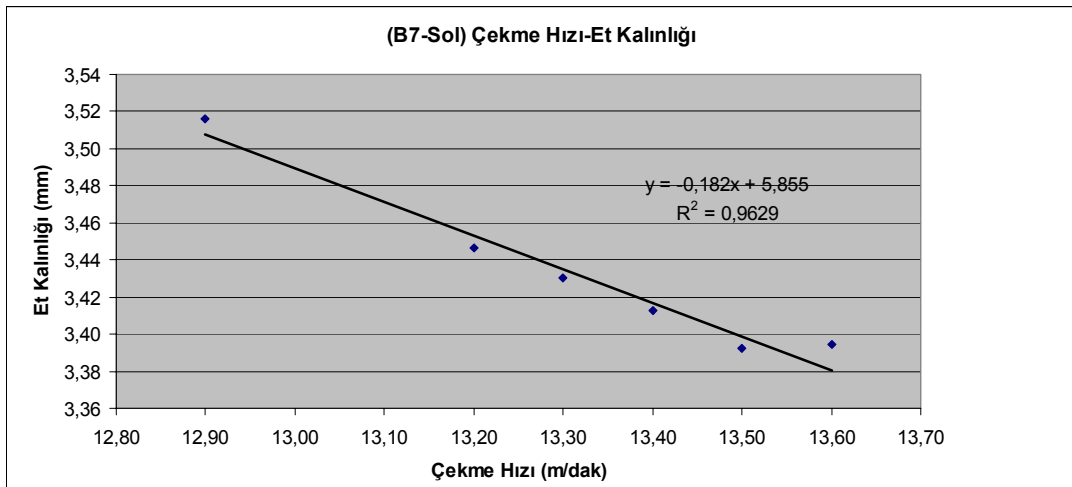
Şekil 4.22 A1 hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği



Şekil 4.23 A4 hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği



Şekil 4.24 B7-Sağ hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği

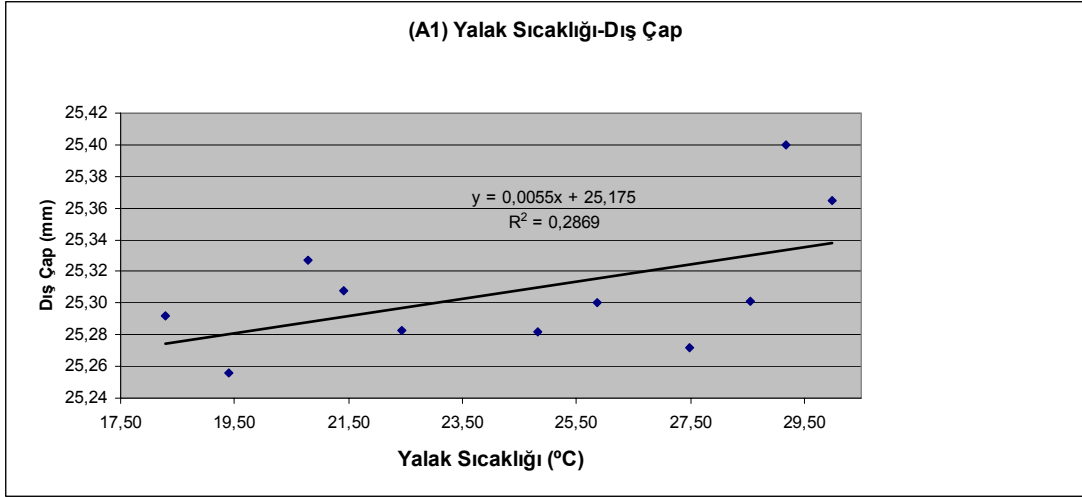


Şekil 4.25 B7-Sol hattı, çekme hızı-et kalınlığı grafiği

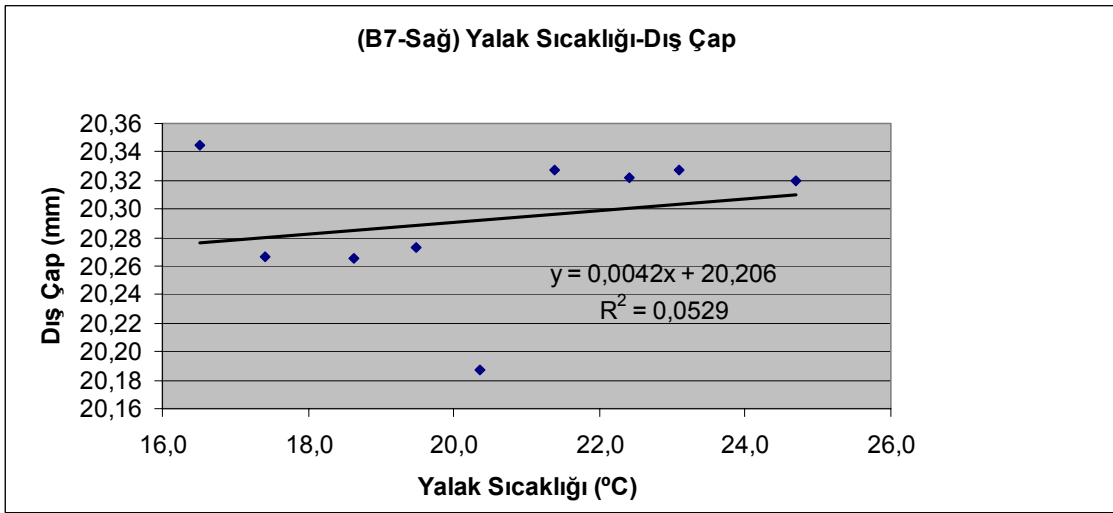
4.5.5 Yalak Sıcaklığı-Dış Çap

Bölüm 2’de anlatıldığı gibi yalak sıcaklığının artması ile dış çapın da artması beklenir. Bir proseste yalak sıcaklığı ile dış çapın ilişkisini görebilmek için proses boyunca okunan yalak sıcaklığı değerlerine karşılık gelen ortalama dış çap değerlerinin grafikleri çizilmiştir.

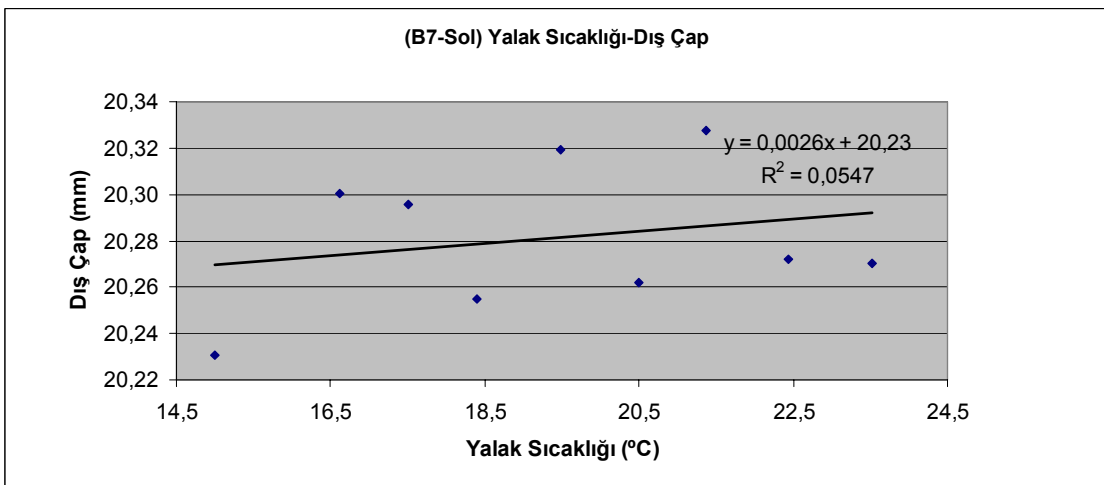
Şekil 4.26, 4.27 ve 4.28’de sırası ile A1, B7-Sağ ve B7-Sol hatları için ortalama yalak sıcaklığı değerlerine denk gelen ortalama dış çap değerlerinin grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerden de anlaşıldığı gibi yalak sıcaklıklarının artması ile dış çap değerlerinde bir artma eğilimi vardır.



Şekil 4.26 A1 hattı, yalak sıcaklığı-dış çap grafiği



Şekil 4.27 B7-Sağ hattı, yalak sıcaklığı-dış çap grafiği



Şekil 4.28 B7-Sol hattı, yalak sıcaklığı-dış çap grafiği

5 SONUÇ VE ÖNERİLER

Proses parametrelerinin dış çap ve et kalınlığı üzerine olan etkileri Çizelge 5-1’de özetlenmiştir. Tabloda (+) işareti aynı yönde etkiyi; yani parametrenin artışı ile dış çap (Ø) veya et kalınlığının (S) da arttığı veya parametrenin azalması ile dış çap ve et kalınlığının da azaldığını ifade etmektedir. (-) işareti ise ters yöndeki etkiyi; yani parametrenin artışı ile dış çap veya et kalınlığının da azaldığını, parametrenin azalması ile dış çap ve et kalınlığının arttığını ifade etmektedir. (o) işareti ilgili parametreye karşı et kalınlığı veya dış çapta bir değişikliğin kaydedilmediğini ifade etmektedir.

Çizelge 5.1 Proses parametrelerinin dış çap ve et kalınlığı üzerine etkileri

Parametreler	A1		A3		A4		B7-Sağ		B7-Sol	
	Ø	S	Ø	S	Ø	S	Ø	S	Ø	S
Vakum (mmHg)	+	-	0	-	0	-	+	0	+	0
Çekme Hızı (m/dak)	+	-	+	0	+	-	+	-	0	-
Yalak Sıcaklığı (°C)	+	0	0	0	0	0	+	0	+	0

Ø: Dış çap

S: Et Kalınlığı

(+) pozitif yönde etki,

(-) negatif yönde etki

Çizelge 5-1’e göre;

Vakum değerinin artması A1, B7-Sağ ve B7-Sol hatlarında dış çapta artma; A1, A3 ve A4 hatlarında et kalınlığında azalma eğilimine neden olmuştur.

Çekme hızının artması A1, A3, A4 ve B7-Sağ hatlarında dış çapta artma, A1, A4, B7-Sağ ve B7-Sol hatlarında et kalınlığında azalma eğilime neden olmuştur.

Yalak sıcaklığının artması A1, B7-Sağ ve B7-Sol hatlarında dış çapta artma eğilimine neden olmuştur. Yalak sıcaklığının et kalınlığı üzerinde bir etkisi görülmemiştir.

Çizelge 5-2’de üretim hatlarının dış çap, et kalınlığı ve gramaj ortalamaları verilmiştir. Aynı zamanda her hat için bir metre başına düşen gramajdaki sapma miktarı hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2 Üretim hatlarındaki ortalama çap ve et kalınlığı değerleri ve sapmalar

	A1	A4	A3	B7-Sağ	B7-Sol
Ölçüm Hatası	0,01	0	0	0,01	0
Standart Çap (mm)	25,00	25,00	20,00	20,00	20,00
Ortalama Çap (mm)	25,30	25,29	20,19	20,28	20,28
Standart Et Kalınlığı (mm)	4,20	4,20	3,40	3,40	3,40
Ortalama Et Kalınlığı (mm)	4,27	4,28	3,47	3,49	3,50
Standart Gramaj (g/metre)	246,88	246,88	159,50	159,50	159,50
Ortalama Gramaj (Hesaplanan, gr/metre)	253,7	254,1	164,1	165,6	165,9
Gerçek Gramaj (g/metre)	252,4	254,9	163,7	166,4	166,2
Sapma	%2	%3	%3	%4	%4

Çizelge 5-2'ye göre, yapılan ölçümlerden elde edilen ortalama dış çap ve ortalama et kalınlığına göre hesaplanan boru gramajları ile ölçümü yapılan boruların hassas terazi ile tartılan gerçek gramajları birbirlerine çok yakındır.

Metre başına düşen gramaj miktarında en az sapmayı gösteren hat A1, en fazla sapmayı gösteren hat ise B7 hattıdır.

Çizelge 5-3'de istatistiksel proses kontrol çalışmasında elde edilen verilerin özeti verilmiştir. Tablodaki proses yapabilirlik indislerinden de anlaşılacağı gibi, prosesteki et kalınlığı değişimi istatistiksel olarak kontrol altındadır, ancak dış çap değişimi istatistiksel olarak kontrol altında değildir.

Çizelge 5.3 SPC özet tablo

	A1		A4		A3		B7-Sağ		B7-Sol	
	Dış Çap	Et Kalınlığı	Dış Çap	Et Kalınlığı	Dış Çap	Et Kalınlığı	Dış Çap	Et Kalınlığı	Dış Çap	Et Kalınlığı
UCL (mm)	25,35	4,32	25,33	4,34	20,24	3,54	20,32	3,55	20,32	3,56
LCL (mm)	25,24	4,22	25,25	4,23	20,13	3,41	20,24	3,43	20,24	3,43
X(Ortalama) (mm)	25,30	4,27	25,29	4,28	20,19	3,47	20,28	3,49	20,28	3,50
Cp	1,18	2,89	1,66	2,82	1,18	2,12	1,73	2,26	1,75	2,07
Cpk	0,02	0,58	0,13	0,65	0,89	0,57	0,24	0,67	0,24	0,68

Et kalınlıklarının istatistiksel olarak kontrol altında olmasına rağmen Cpk indislerinin çok düşük olmasının sebebi ise, standartta verilen et kalınlığı üst tolerans limitinin çok yüksek olmasıdır.

Dış çap değerleri genelde üst tolerans limitinin üstündedir. Ancak ürünlerin dış çap değerlerinin üst tolerans limitinin üstünde olması 4. bölümde açıklandığı gibi kullanıcı açısından bir sorun teşkil etmez.

Dış çap değerlerinin istatistiksel olarak kontrol altında tutulması et kalınlığı değerlerinin istatistiksel olarak kontrol altında tutulmasına nazaran daha çoktur. Çünkü üretilen borunun soğuma etkisi ile ısıl daralma prosesi sırasında hem iç çap hem de dış çap eşit orada daraldığı için ısıl daralmanın et kalınlığı değerleri üzerinde etkisi yoktur. Ancak bu ısıl daralma etkisi dış çapı kontrol eden önemli bir parametredir.

KAYNAKLAR

- Billmeyer, F.W., (1984), Textbook Of Polymer Science, John Willey & Sons, Singapore.
- Braydson, J.A., (1999), Plastic Materials, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Burlilkovska, M.D., (2005), "Quality estimation of process with usage control charts type X-R and quality capability of process C_p , C_{pk} ", Journal of Materials Processing Technology, 162-163:736-743.
- Crawford, R.J., (2002), Plastic Engineering, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Manson, R.M., Gunst, R.F. ve Hess, J.M., (2003), Statistical Design And Analysis Of Experiment, John & Willey, New Jersey.
- Motorcu, A.R., Güllü, A., (2006), "Statistical Process Control In Machining, A Case Study For Machine Tool Capability And Process Capability", Materials and Design, 27:364-372.
- Oakland, J.S., (2003), Statistical Process Control, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Reuwendaal, C., (2001), Polymer Extrusion, Hanser Gardner, Munich.
- Rosato, D.V., (1997), Polymer Processing Data Handbook, Champman & Hall, London.
- Reuwendaal, C., (2000), SPC Statistical Process Control in Injection Molding and Extrusion, Hanser Gardner, Munich.
- Srikaeo, K., Furst, J.E. ve Asthon, J., (2005), "Characterization of wheat-based biscuit cooking process by statistical process control techniques", Food Control, 16:309-317
- Stamatis, D.H., (2003), Six Sigma And Beyond: Statistical Process Kontrol Vol:4, St.Luice Pres, New York.
- Vegt, A.K., (2002), From Polymers To Plastics, Delft Unersity Pres, The Nedherlands.
- Wieringa, J.E., (1999), Satatistical Process Control For Serially Corolated Data, Labyrant Publication, The Nedherlands
- Yağcı, M.A., (1999), Polimerler, Pagev Yayınları, İstanbul.
- Zimmerman, M.S. ve Icenogle, M.L., (1999), Statistical Quality Control Using Excel, ASQ Quality Pres, Wisconsin.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.cdsmachines.com>
- [2] <http://www.gealan.de>
- [3]"Engineering Statistic Handbook, (1995), NIST SEMATEC"
(<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook>)
- [4] <http://www.lidermakina.com.tr>
- [5] "Macrogalleria source of information in polymer science"
(<http://www.pslc.ws/macrogess>)
- [6] "How to Measure Performance A Handbook of Techniques and Tools, 1995, U.S.Department Of Energy, Defence Program, USA."
(<http://www.orau.gov/pbm/handbook>)

EKLER

- Ek 1 İstatiksel proses kontrol ölçüm kartı
- Ek 2 Hesaplamalar için hazırlanan Microsoft Excel sayfası
- Ek 3 A1 hattı istatiksel proses kontrol ölçüm kartı
- Ek 4 A4 hattı istatiksel proses kontrol ölçüm kartı
- Ek 5 A3 hattı istatiksel proses kontrol ölçüm kartı
- Ek 6 B7-Sağ hattı istatiksel proses kontrol ölçüm kartı
- Ek 7 B7-Sol-hattı istatiksel proses kontrol ölçüm kartı

Ek:6 B7-Sağ hattı istatistiksel proses kontrol ölçüm kartı (devam)

23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	08:30	09:30	10:30	11:30
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
20,34	20,24	20,22	20,15	20,24	20,24	20,34	20,28	20,33	20,40	20,29	20,35	20,32
20,26	20,28	20,25	20,25	20,23	20,25	20,28	20,25	20,32	20,37	20,38	20,36	20,36
20,34	20,21	20,18	20,13	20,29	20,30	20,26	20,29	20,33	20,34	20,39	20,36	20,31
20,35	20,26	20,24	20,23	20,28	20,33	20,29	20,30	20,33	20,38	20,37	20,34	20,31
20,27	20,25	20,23	20,17	20,24	20,31	20,35	20,29	20,29	20,36	20,32	20,34	20,30
20,31	20,25	20,22	20,18	20,26	20,29	20,31	20,28	20,32	20,37	20,35	20,35	20,32
0,09	0,07	0,07	0,12	0,07	0,09	0,09	0,06	0,04	0,06	0,10	0,03	0,05
20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
0,04	0,02	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,01	0,02
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32
20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
3,53	3,40	3,41	3,42	3,39	3,52	3,43	3,50	3,48	3,42	3,43	3,49	3,44
3,55	3,48	3,45	3,43	3,54	3,48	3,48	3,40	3,48	3,43	3,41	3,54	3,49
3,56	3,50	3,43	3,44	3,50	3,50	3,45	3,43	3,40	3,35	3,41	3,44	3,50
3,53	3,51	3,45	3,44	3,49	3,42	3,54	3,55	3,43	3,36	3,41	3,53	3,42
3,56	3,48	3,45	3,48	3,47	3,50	3,53	3,47	3,38	3,46	3,51	3,42	3,54
3,55	3,47	3,44	3,44	3,48	3,49	3,49	3,47	3,43	3,40	3,43	3,49	3,48
0,03	0,11	0,05	0,07	0,16	0,10	0,11	0,15	0,10	0,11	0,10	0,12	0,12
3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49	3,49
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
0,02	0,04	0,02	0,03	0,06	0,04	0,05	0,06	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55	3,55
3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43
0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	120,0	150,0	150,0	150,0	150,0	140,0
15,8	16,7	17,1	18,1	18,1	18,2	18,7	18,5	23,7	18,2	15,1	15,9	21,2
18,0	18,8	19,1	19,3	19,5	19,6	19,8	19,8	25,7	20,3	17,2	18,6	21,6
16,9	17,8	18,1	18,7	18,8	18,9	19,3	19,2	24,7	19,3	16,2	17,3	21,4
14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,1	14,1
167,4	163,8	164,7	162,8	164,3	163,2	164,7	163,8	165,3	164,6	166,1	167,2	168,1

Ek:7 B7-Sol hattı istatikselsel proses kontrol ölçüm kartı (devam)

23:30	00:30	01:30	02:30	03:30	04:30	05:30	06:30	07:30	08:30	09:30	10:30	11:30
38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
20,27	20,24	20,27	20,22	20,23	20,25	20,29	20,28	20,21	20,26	20,27	20,22	20,21
20,21	20,26	20,25	20,27	20,18	20,22	20,27	20,31	20,16	20,21	20,23	20,17	20,25
20,23	20,27	20,27	20,27	20,27	20,20	20,26	20,28	20,22	20,23	20,18	20,19	20,27
20,24	20,25	20,28	20,26	20,30	20,27	20,34	20,31	20,18	20,25	20,18	20,20	20,23
20,27	20,26	20,28	20,25	20,21	20,28	20,38	20,29	20,23	20,23	20,28	20,23	20,30
20,24	20,26	20,27	20,25	20,24	20,24	20,31	20,29	20,20	20,24	20,23	20,20	20,25
0,06	0,03	0,03	0,05	0,12	0,08	0,13	0,03	0,07	0,05	0,10	0,06	0,09
20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28	20,28
0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
0,03	0,01	0,01	0,02	0,05	0,03	0,05	0,02	0,03	0,02	0,05	0,03	0,04
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32	20,32
20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24	20,24
0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30	20,30
20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
3,55	3,38	3,42	3,33	3,57	3,52	3,50	3,44	3,47	3,57	3,43	3,51	3,51
3,59	3,48	3,42	3,47	3,48	3,50	3,42	3,49	3,49	3,45	3,46	3,41	3,42
3,55	3,47	3,41	3,46	3,45	3,42	3,42	3,48	3,42	3,49	3,41	3,43	3,36
3,56	3,46	3,55	3,42	3,46	3,48	3,54	3,49	3,50	3,44	3,44	3,49	3,42
3,47	3,50	3,49	3,47	3,48	3,50	3,47	3,46	3,42	3,39	3,49	3,44	3,52
3,54	3,46	3,46	3,43	3,49	3,48	3,47	3,47	3,46	3,47	3,45	3,46	3,44
0,12	0,13	0,14	0,14	0,12	0,10	0,13	0,05	0,08	0,18	0,08	0,10	0,16
3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50
0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,05	0,02	0,04	0,07	0,03	0,04	0,07
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56	3,56
3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43	3,43
0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
50	50	50	50	50	50	50	50	30	30	40	40	40
17,8	18,3	18,1	18,2	18,0	18,2	18,7	18,6	23,7	18,4	15,3	16,8	20,8
16,4	17,3	17,6	17,8	17,9	18,1	18,2	18,3	23,7	18,3	15,2	16,9	20,6
17,1	17,8	17,9	18,0	18,0	18,2	18,5	18,5	23,7	18,4	15,3	16,9	20,7
13,3	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,2	13,2	13,3	13,3	13,3
165,7	163,9	162,8	164,5	163,7	163,6	163,5	162,4	165,3	166,7	166,0	165,7	164,0

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 01.03.1981

Doğum yeri Gümüşhane

Lise 1995-1998 Silivri Selimpaşa Lisesi

Lisans 1998-2004 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.
Kimya Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004- Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2005 Şubat- Devam ediyor Dizayn Teknik Plastik Boru Ve Elemanları San.
Ve Tic A.Ş
(Araştırma ve Teknoloji Geliştirme Müdürlüğü)