

**TAŞKIN TEHLİKESİNİN BELİRLENMESİ AMACI İLE OTOMATİK YAĞIŞ
MİKTARI ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC SYSTEM
MEASURING PRECIPITATION AMOUNT IN ORDER TO DETERMINE FLOOD
RISK**

YELİZ SARICAN

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2013

TAŞKIN TEHLİKESİNİN BELİRLENMESİ AMACI İLE OTOMATİK YAĞIŞ MİKTARI ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yeliz SARICAN

ÖZ

Doğal olarak meydana gelen afetlerin en önemlilerinden ve tahrip edicilerinden birisi taşkınlardır. Meteorolojik, jeomorfolojik ya da insan müdahalesi sonucunda meydana gelen taşkınlara çok sayıda can ve mal kaybına ayrıca çevre ve ekonomi üzerinde de oldukça ağır etkilere sebep olmaktadır. Taşkın tehlikesinin önlenmesi ve meydana gelecek olan kayıpların azaltılması amacıyla yapılması gereken en önemli iş taşkın tahmin ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasıdır.

Yer gözlem sistemleri, uydu sistemleri ve radarlar bu uyarı sisteminin temel bilgi kaynaklarını oluşturmaktadır. Bu sistemlerin her birinden elde edilecek yağış verileri birbirleri ile karşılaştırılarak daha sağlıklı ve güvenilir verilerle daha kaliteli bir erken uyarı sistemi oluşturulmuş olacaktır. Bu sebeple erken uyarı sisteminin bir bölümünü oluşturan yer gözlem sistemlerinden elde edilecek verilerin de doğru ve güvenilir olması oldukça büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda tez çalışmasında yağış miktarının ölçülmesi amacıyla düşük maliyetli ve yapımı zor olmayan otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bunun için seviye sensör kontrollü ve taşma kontrollü kap kullanılarak iki farklı düzenek geliştirilmiş ve bunlar için test çalışmaları yapılmıştır.

Ölçüm sonuçlarına göre verimlilik dikkate alındığında taşma kontrollü kabın kullanıldığı otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin kullanılabilirliğine karar verilmiştir. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve normal dağılım testleri uygulanmıştır. Ölçüm sonuçlarından elde edilen verilerin birbirleri ile anlamlı olduğu ve normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir.

Geliştirilen ölçüm cihazı farklı yağış hızlarına göre ayarlanabilmektedir. Farklı arazilerde tehlike oluşturacak yağış şiddetine göre, ölçüm kabının dolma süresi sisteme tanımlanabilmekte ve istenilen yağış şiddeti için uyarı alınabilmektedir.

Ülkemizde kullanılan otomatik yağış ölçerlerin hassasiyeti 0,2 mm'dir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen ölçüm cihazının hassasiyeti ise 2,5 mikron değerindedir. Bu nedenle sistemin hassasiyeti ve elde edilen verilerin güvenilirliği oldukça yüksektir.

Ayrıca geliştirilen ölçüm cihazının maliyetinin de piyasadaki cihazlarla karşılaştırıldığında oldukça uygun olduğu görülmüştür. Tez çalışması kapsamında geliştirilen Taşma Kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin maliyetinin ise piyasada satılan cihazlara oranla 7 kat daha ucuz olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Yağış, otomatik yağış miktarı ölçümü, taşkın, taşkın tahmin ve erken uyarı sistemi.

Danışman: Dr. Türkay Onacak, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC SYSTEM MEASURING PRECIPITATION AMOUNT IN ORDER TO DETERMINE FLOOD RISK

Yeliz SARICAN

ABSTRACT

Flood is one of the most important and destructive naturally occurring disaster. Floods, which occur meteorologically, geomorphologically or by human interference, cause innumerable loss of life and property and furthermore result in considerable serious impact on the environment and economy. In order to prevent flood hazard and mitigation of damages, which will occur in future, the most important work is to set up of flood forecasting and early warning systems.

Reducing material and moral damages is aimed by priorly forecasting floods by using modeling and flood forecasting & early warning systems. Earth observation systems, satellite systems and radars are the basic information sources of this warning system. By comparing rainfall data from each of these systems, better qualified early warning system will be created with more robust and reliable data. For this reason, it is important that data gained from earth observation systems, which constitute a part of the early warning system, must be accurate and reliable.

In this thesis study, it is intended to develop a low cost automatic precipitation amount measuring system which can be easily manufactured. For this purpose two different systems were improved by using level sensor and overflow controlled vessels and test studies were performed.

According to the results of measurement, when efficiency is considered, it was decided that, automatic precipitation amount measuring system, which includes overflowing-controlled vessel, is usable. Measurement results were statistically evaluated and the normal distribution tests were applied. It was determined that the results were both correlated with each other and obtained the normal distribution.

The developed measuring system can be adjusted according to different rainfall rates. Moreover, vessels filling time can be described according to precipitation

intensity which can be dangerous in different areas. Thus, the system enables warning for desired precipitation intensity.

Accuracy of automatic rain gauges used in our country is 0.2 mm. Sensitivity of the measuring device developed in this thesis is 2.5 microns. For this reason, sensitivity of the system and reliability of the data obtained are fairly high.

Furthermore, when compared with other devices on the market, it is seen that the cost of the developed measuring system is more affordable. The overflow controlled automatic rainfall measuring system, developed within the scope of this thesis, is 7 times cheaper than other devices.

Keywords: Precipitation, automatic precipitation amount measuring, flood, flood forecasting and early warning system.

Advisor: Türkey Onacak, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin tez çalışma dönemi boyunca karşılaşılan güçlüklerin aşılması ve çalışmamın tamamlanması konusunda desteğini ve yardımını eksik etmeyen, değerli zamanını ayıran ve yol gösteren tez danışmanım Sayın Dr. Türkay Onacak'a içtenlikle teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve yardımlarını esirgemeyen Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Bu sürede maddi-manevi desteğini esirgemeyen aileme ve sevgili eşime, tez çalışmam sırasında bana gerekli desteği gösteren amirlerime ve çalışma arkadaşlarıma içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Yağış Nedir?.....	3
2.2. Yağışların Oluşum Şekillerine Göre Sınıflandırılması.....	3
2.3. Yağışların Şiddetine Göre Sınıflandırılması.....	4
2.4. Yağışı Etkileyen Faktörler.....	5
2.4.1. Yükseklik	5
2.4.2. Yer şekli.....	5
2.4.3. Denize olan uzaklık	6
2.4.4. Deniz akıntıları.....	6
2.4.5. Ormanlar	6
2.5. Yağışın Ölçülmesi.....	6
2.5.1. Yazıcı olmayan ölçekler (Plüviyometre).....	7
2.5.2. Yazıcı ölçekler (Plüvyograf).....	7
2.5.2.1. Tartılı plüviyograflar	8
2.5.2.2. Devrilen kovalı plüviyograflar.....	8
2.5.2.3. Şamandıralı plüviyograflar	8

2.5.3. Radarlar.....	9
2.6. Otomatik Gözlem İstasyonu.....	10
2.7. Ölçüm Hataları	13
2.8. Yağış Ölçekleri Ağı	14
2.9. Ortalama Yağış Yüksekliğinin Hesabı	14
2.10. Sel/Taşkın Nedir?	15
2.11. Taşkın Türleri	15
2.11.1. Nehir kıyısı taşkınları	16
2.11.2. Sahil taşkınları	16
2.11.3. Yüzeysel taşkınlar	16
2.12. Oluşma Süreleri Bakımından Taşkınlar	17
2.13. Taşkınların Nedenleri	17
2.13.1. Doğal meteorolojik koşullar	18
2.13.2. Jeomorfolojik koşullar	18
2.13.3. İnsan müdahalesi ve sosyal faktörler.....	18
2.14. Taşkın Zararları	19
2.15. Taşkın Yararları	20
2.16. Taşkın Verileri	21
2.17. Taşkın Yönetimi.....	22
2.18. Taşkın Risk Yönetimi.....	24
2.19. Taşkın Harita Tipleri	25
2.19.1. Taşkın genişlik haritaları	25
2.19.2. Taşkın derinlik haritaları.....	26

2.19.3. Diğer taşkın parametrelerini gösteren haritalar.....	26
2.19.4. Taşkın tehlike haritaları.....	26
2.19.5. Taşkın risk haritaları.....	27
2.20. Taşkınlar ve Erken Uyarı Sistemleri	27
2.20.1. Taşkınları önceden haber verme	29
2.21. İstatistik ve Ölçüm	33
2.21.1. İstatistiksel kavramlar	33
2.21.2. Ölçüm belirsizliği.....	35
2.21.2.1. Ölçüm belirsizliğinin istatistiksel ifadesi	35
2.21.2.2. Hata ve belirsizlikler nelerden kaynaklanır	36
3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ	38
3.1. Seviye Sensör Kontrollü Otomatik Yağış Miktarı Ölçüm Sistemi.....	38
3.1.1 Sistem Bileşenleri	40
3.1.2. Sistemin çalışma süreci	43
3.2. Taşma Kontrollü Otomatik Yağış Miktarı Ölçüm Sistemi.....	48
3.2.1. Sistem bileşenleri.....	49
3.2.2. Sistemin çalışma süreci	50
4. TEST ÇALIŞMALARI VE SONUÇLAR	54
4.1 Seviye Sensör Kontrollü Sistem ile Yapılan Test Çalışmaları	56
4.1.1. Seviye sensör kontrollü sistemde büyük ve küçük hacimli ölçüm kapları ile yapılan test çalışmalarının sonuçları	56
4.1.1.1. Küçük hacimli ölçüm kabı ile yapılan deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri.....	57
4.1.1.2. Büyük hacimli ölçüm kabı ile yapılan deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri.....	58

4.1.2. Seviye sensör kontrollü sistemde ölçüm kabında kalan yağış miktarlarının damla ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri	59
4.1.2.1. Ölçüm kabında kalan 500 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi.....	61
4.1.2.2. Ölçüm kabında kalan 1000 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi.....	62
4.1.2.3. Ölçüm kabında kalan 1500 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi.....	63
4.1.2.4. Ölçüm kabında kalan 2000 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi.....	65
4.1.3. Seviye sensör kontrollü sistemde sabit hızlı yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirilmeleri.....	66
4.1.3.1. Seviye sensör kontrollü sistemde 100 mm/h meydana gelen yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	67
4.1.3.2. Seviye sensör kontrollü sistemde 300 mm/h meydana gelen yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	68
4.2. Taşma Kontrollü Kap ile Yapılan Test Çalışmalarının Sonuçları	70
4.2.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak sabit hızlı yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	70
4.2.1.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak 20 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	71
4.2.1.2. Taşma kontrollü kap kullanılarak 50 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	73
4.2.1.3. Taşma kontrollü kap kullanılarak 75 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	75
4.2.1.4. Taşma kontrollü kap kullanılarak 100 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	77

4.2.1.5.	Taşma kontrollü kap kullanılarak 200 mm yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri	78
4.2.2.	Taşma kontrollü kap kullanılarak sabit hızda toplanan yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri	79
4.2.2.1.	Taşma kontrollü kap kullanılarak 20 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri .	80
4.2.2.2.	Taşma kontrollü kap kullanılarak 50 mm yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri	82
4.2.2.3.	Taşma kontrollü kap kullanılarak 75 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri .	83
4.2.2.4.	Taşma kontrollü kap kullanılarak 100 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri .	84
4.2.2.5.	Taşma kontrollü kap kullanılarak 200 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri .	86
4.2.3.	Taşma kontrollü kap ile ölçüm kabında kalan yağış miktarlarının damla ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri	87
4.2.3.1.	Ölçüm kabında kalan 250 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri	89
4.2.3.2.	Ölçüm kabında kalan 500 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri	90
4.2.3.3.	Ölçüm kabında kalan 750 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri	91
4.2.3.4.	Ölçüm kabında kalan 1000 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri	93
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	95
5.1.	Seviye Sensör Kontrollü Sistem ile Yapılan Test Çalışmalarının Sonuçlarının Değerlendirilmesi	95

5.2 Taşma Kontrollü Kap ile Yapılan Test Çalışmalarının Sonuçlarının Değerlendirilmesi	96
--	----

KAYNAKLAR	101
------------------------	-----

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Plüviyometre	7
Şekil 2.2 Plüviyograf.....	8
Şekil 2.3 Radar sisteminin çalışma prensibi	9
Şekil 2.4 Otomatik gözlem sistemi.....	11
Şekil 2.5 Otomatik yağış ölçer	12
Şekil 2.6 Otomatik meteoroloji istasyonlarının dağılımı	12
Şekil 2.7 Ülkemizde kurulu olan ve kurulması planlanan radar İstasyonları	13
Şekil 2.8 Taşkın alanlarına yapılan insan müdahalesi.....	19
Şekil 2.9 Taşkın verileri	22
Şekil 2.10 Taşkın kontrolü için alınması gereken önlemler.....	23
Şekil 2.11 Taşkın genişlik haritası	25
Şekil 2.12 Taşkın derinlik haritası.....	26
Şekil 2.13 Taşkın tehlike haritası.....	27
Şekil 2.14 Taşkın risk haritası.....	27
Şekil 2.15 Erken uyarı sisteminin oluşturulma aşamaları	31
Şekil 2.16 Güven aralıklarının grafik ile gösterimi.....	34
Şekil 2.17 Bias teriminin şekil ve grafik ile gösterimi	34
Şekil 3.1 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin şematik gösterimi.....	39
Şekil 3.2 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin fotoğrafı	40
Şekil 3.3 Elektronik kontrol kartın şematik gösterimi.	42
Şekil 3.4 Elektronik kontrol kartın fotoğrafı	43
Şekil 3.5 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi için yazılan programın iş akış şeması.....	47
Şekil 3.6 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin şematik gösterimi.....	48

Şekil 3.7	Taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi.....	49
Şekil 3.8	Taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi için yazılan programın iş akış şeması	53
Şekil 4. 1	Box and Whisker grafiğinin şematik görünümü.....	54
Şekil 4. 2	Küçük hacimli kabın Box and Whisker grafiği	57
Şekil 4.3	Küçük hacimli kap için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.	58
Şekil 4.4	Büyük hacimli kabın Box and Whisker grafiği	58
Şekil 4.5	Büyük hacimli kap için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.	59
Şekil 4.6	Seviye sensör kontrollü sistemde damla ölçüm sonuçları ile elde edilen kalibrasyon grafiği.....	60
Şekil 4.7	500 damla için Box and Whisker grafiği	61
Şekil 4.8	500 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	62
Şekil 4.9	1000 damla için Box and Whisker grafiği.....	62
Şekil 4.10	1000 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	63
Şekil 4.11	1500 damla için Box and Whisker grafiği.....	64
Şekil 4.12	1500 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	64
Şekil 4.13	2000 damla için Box and Whisker grafiği.....	65
Şekil 4.14	2000 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	66
Şekil 4.15	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	67
Şekil 4.16	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	68
Şekil 4.17	300 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	69
Şekil 4.18	300 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.	69
Şekil 4.19	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	71
Şekil 4.20	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	72

Şekil 4.21	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	73
Şekil 4.22	50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	74
Şekil 4.23	50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	74
Şekil 4.24	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	75
Şekil 4.25	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	76
Şekil 4.26	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	76
Şekil 4.27	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği.....	77
Şekil 4.28	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	78
Şekil 4.29	200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	78
Şekil 4.30	200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	79
Şekil 4.31	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	81
Şekil 4.32	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	81
Şekil 4.33	50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	82
Şekil 4.34	50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	83
Şekil 4.35	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	83
Şekil 4.36	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	84

Şekil 4.37	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği.....	85
Şekil 4.38	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	85
Şekil 4.39	200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği	86
Şekil 4.40	200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.....	87
Şekil 4.41	Taşma kontrollü sistemde damla ölçüm sonuçları ile elde edilen kalibrasyon grafiği	88
Şekil 4.42	250 damla için Box and Whisker grafiği	89
Şekil 4.43	250 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	90
Şekil 4.44	500 damla için Box and Whisker grafiği.....	90
Şekil 4.45	500 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	91
Şekil 4.46	750 damla için Box and Whisker grafiği	92
Şekil 4.47	750 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	92
Şekil 4. 48	1000 damla için Box and Whisker grafiği.....	93
Şekil 4. 49	1000 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	94
Şekil 5.1	Farklı yağış hızlarında elde edilen ölçüm sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Yağış şiddetlerinin sınıflandırılması	5
Çizelge 4.1.	Seviye sensör kontrollü sistemde büyük ve küçük hacimli ölçüm kaplarının ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları	56
Çizelge 4.2	Küçük hacimli kap için normal dağılım testlerinin sonuçları	57
Çizelge 4.3	Büyük hacimli kap için normal dağılım testlerinin sonuçları	59
Çizelge 4.4	Seviye sensör kontrollü sistemde damla ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	60
Çizelge 4.5	500 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları	61
Çizelge 4.6	1000 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları	63
Çizelge 4.7	1500 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları	64
Çizelge 4.8	2000 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları	65
Çizelge 4.9	100mm/h ve 300mm/h hızda meydana gelecek yağışlar için elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri	67
Çizelge 4.10	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	68
Çizelge 4.11	300 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	69
Çizelge 4.12	Sabit hızlı yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarları için elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri	71
Çizelge 4.13	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	72
Çizelge 4.14	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	73
Çizelge 4.15	50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	74
Çizelge 4.16	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	75
Çizelge 4.17	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	76

Çizelge 4.18	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	77
Çizelge 4.19	200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	79
Çizelge 4. 20	Sabit hızda toplanan yağış miktarlarının eklenik ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	80
Çizelge 4.21	20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	81
Çizelge 4.22	50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	82
Çizelge 4.23	75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	84
Çizelge 4.24	100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	85
Çizelge 4.25	200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları.....	86
Çizelge 4.26	Ölçüm kabında kalan yağış miktarlarının damla ölçüm değerlerinin istatistiksel sonuçları.....	88
Çizelge 4.27	250 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları.....	89
Çizelge 4.28	500 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları.....	91
Çizelge 4.29	750 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları.....	92
Çizelge 4.30	1000 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları.....	93
Çizelge 5.1.	Üretim maliyeti.....	100

1. GİRİŞ

Doğal afetler, toplumun sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel faaliyetlerini önemli ölçüde aksatan, can ve mal kayıplarına neden olan doğa olayları olarak tanımlanabilir. Doğal afetlerin büyük bir kısmı meteorolojik karakterli doğal afetlerdir ve taşkınlar en yaygın görülen meteorolojik karakterli doğal afetlerin başında gelmektedir (Kömüşçü ve Ceylan, 2007).

Taşkınların temel özelliği, insanlar için hiçbir zaman tümüyle bertaraf edilemeyen, sürekli bir problem oluşturmalarıdır. Toplumlar, yüzyıllardan beri taşkın tehdidi ile karşı karşıya kaldıklarından, bu ekstrem olayın kontrolü amacıyla araştırma ve mücadele faaliyetlerini sürdürmüşlerdir. Ancak günümüzde ulaşılan bilgi birikimine rağmen sorun çözümlenmiş değildir. Taşkınlar, ülkemiz de dahil olmak üzere dünyanın pek çok yöresinde halen daha etkili olmakta, can ve mal kaybına neden olmaktadır (Onuşluel ve Harmancıoğlu, 2002).

Taşkın afetlerini yalnızca meteorolojik oluşumlara bağlı olarak ifade etmek mümkün değildir. Özellikle Türkiye gibi ekonomik gelişme faaliyetinin yoğun bir biçimde devam ettiği ülkelerde, sanayileşme ve sektör çeşitliliğinin beraberinde getirdiği kentleşme aktivitesi, akarsu havzalarının muhtelif kesimlerindeki insan faaliyetinin çeşitliliğini ve yoğunluğunu da büyük ölçüde arttırmaktadır. Bu durum ise havza bütünündeki hidrolojik dengeyi bozmakta ve sonuçta büyük miktarda can ve mal kaybına yol açan taşkın afetleri yaşanmaktadır. Akarsu havzaları içinde büyüyen yerleşimler, açılan yeni yollar ve kurulan yeni tesisler ile arazi yapısı değişmekte, elverişsiz tarım yöntemleri ile topraklar daha yoğun bir şekilde kullanılmakta, ormanlar ve meralar tahrip edilmekte, tüm bu koşullarda taşkın afetleri giderek daha büyük ve sık olarak görülmektedir (Özcan vd., 2009).

Dünyada son 20 yılda doğal afetler 1,5 milyon kişinin hayatını kaybetmesine neden olmuştur. Afet riski altında bulunan nüfusun %15'i gelişmiş ülkelerde olmasına karşılık, can kayıplarının sadece %1,8'i bu ülkelerde meydana gelmiştir. Kalkınmakta olan ülkelerin afetler sonucu ekonomik kayıpları (G.S.M.H. %'si olarak) gelişmiş ülkelerin 20 mislidir.

Ülkemizde her yıl ortalama 200 civarında sel-taşkın felaketi yaşanmakta ve bu felaketler sonucu yılda ortalama 100 milyon dolar maddi kayıp meydana gelmektedir (Bacanlı, 2011).

2001-2009 yılları arasında meydana gelen taşkın olaylarına bakıldığında, Ülkemizde bulunan 25 havzada, toplam 383 akarsuda 453 taşkın olayının meydana geldiği görülmektedir. En çok taşkın olayı 69 akarsuda 90 taşkın ile Doğu Karadeniz Havzasında yaşanmıştır (Kasalak vd., 2010). 1975–2005 Yılları arasında yaşanan taşkınlar sonucu oluşan can kayıplarının %35'inin Doğu Karadeniz Havzası'nda meydana geldiği tespit edilmiştir. Bu sebeple taşkınları önleyebilmek ya da etkisini azaltabilmek son derece önem arz etmektedir.

Taşkın tehlikesinin önlenmesi ve meydana gelen kayıplarının azaltılması amacıyla taşkın tahmin ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulması oldukça büyük önem taşımaktadır. Taşkın tahmin sistemlerinin temel amacı can ve mal kayıplarının azaltılmasında acil durum yöneticilerine gerekli zamanın verilmesini sağlamaktır.

Taşkın tahmin ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasında yağış verilerinin elde edilmesinde gerçek yağış, uydu ve radar verilerinden yararlanılmaktadır. Ülkemizde radar kullanımı oldukça sınırlı olmakla birlikte yağış ölçümleri plüviyometrelerle ya da plüviyograflar vasıtasıyla yapılmaktadır.

Bu tez çalışmasında yağış miktarını tespit etmek amacıyla düşük maliyetli otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bunun için seviye sensör ve taşma kontrollü ölçüm kapları kullanılarak iki farklı sistem geliştirilmiş ve bunlar üzerinde test çalışmaları yapılmıştır.

Yağış ölçüm sisteminde sabit miktarda yağış toplamaya ve yağış hızına yetişebilme özelliğine yönelik sistemin hassasiyeti test edilmiştir. İlk düzenekte ölçüm kabının içinde bulunan sensörlerin yağmurla temas etmesi halinde; ikinci düzenekte ise ölçüm kabının belli hacimde yüzeyinden taşan suyun taşma kabında yer alan sensörlerle temas etmesi durumunda yağmur alımına son verilerek alınan miktarlar tartılmış ve yağış miktarı belirlenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yağış Nedir?

Havanın herhangi bir şekilde yükselmesi ile içindeki nemin soğuması sonucu yoğunlaşıp yeryüzüne düşmesi olayına "yağış" denir. Sıvı haldeki yağışa "yağmur" adı verilir. Katı haldeki yağış ise kar, dolu, çığ veya kırağı şeklinde olabilir. Hidrolojik bakımdan en önemli yağışlar yağmur ve kardır. Yağmur sonucu oluşan sular çok kısa sürede akışa geçerken, kar sularının eriyip akışa geçmesi daha uzun bir sürede olmaktadır.

Havadaki su buharının yağış halinde yeryüzüne düşmesi için gerekli şartlar:

- a. Atmosferde yeterince su buharı bulunmalıdır.
- b. Hava kütlesi soğumalıdır. Hava soğuyunca, su buharı taşıma kapasitesi de azalır. Belirli bir sıcaklıktan sonra da su buharı sıvı haline gelir.
- c. Yoğunlaşma olmalıdır. Yoğunlaşma olayı, "yoğunlaşma çekirdeği" adı verilen çok küçük tozlar üzerinde gerçekleşir.
- d. Yeryüzüne düşebilecek irilikte (yaklaşık 1 mm) damlalar oluşmalıdır.

2.2. Yağışların Oluşum Şekillerine Göre Sınıflandırılması

Yağışın oluşması için gerekli şartlardan biri olan havanın soğuması, hava kütlesinin yukarı doğru hareket etmesidir. Yağışlar, bu yükselmenin nedenlerine göre "konvektif", "orografik" ve "depresyonik" olmak üzere üç gruba ayrılır.

Yeryüzüne yakın havanın fazla ısınıp yükselmesi sonucu soğuması ile oluşan konvektif yağışlar (kısa süreli, şiddetli ve yersel), özellikle etrafı dağlarla çevrili olan bölgelerde ve daha çok yaz aylarında görülürler.

Bir sıcak hava kütlesi ile bir soğuk hava kütlesinin düşey bir cephe boyunca karşılaşmaları halinde, sıcak hava yukarıya, soğuk havada aşağıya doğru hareket eder. Böylece sıcak havanın yukarıda soğuması ile oluşan depresyonik (siklonik,

cephe) yağışlar, orta şiddette ve uzun süreli olup oldukça geniş alanlarda etkili olabilirler. Yurdumuzda meydana gelen yağışların çoğu bu şekildedir.

Nemli hava kütlelerinin dağ dizilerinin aşması sırasında soğuması sonucu olan orografik yağışlar, ülkemizde, denize paralel dağ sıralarının denize bakan yamaçlarında görülürler (Kömürcü, 2010).

2.3. Yağışların Şiddetine Göre Sınıflandırılması

Günümüzde can ve mal kayıplarına neden olan sel ve taşkınların kontrolü, her çeşit su yapısı (baraj, gölet, sulama ve drenaj kanalları, kanalizasyon vb.) tasarımında, taşkın kontrol işlerinin planlama ve projelendirilmesi, mevcut kaynakların optimal kullanımı göz önünde bulundurularak yapılmaktadır. Bu durum yağış değerlerinin güvenilir biçimde toplanması ve geleceğe yönelik doğru biçimde tahmin edilmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır.

Yağış şiddeti (i) dediğimiz zaman birim zamanda düşen yağış yüksekliği, Yağış frekansı ise belirli bir şiddetteki bir yağışın belli bir zaman süresi içinde (1 yıl, 10 yıl, 50 yıl vb.) oluşma veya yinelenme (tekerrür) sayısına verilen isimdir.

Türkiye’de maksimum yağışları ve tekerrür analizlerinde en az 10 yıl güvenilir gözlemi olan plüviyografli (yazıcı yağışölçer) istasyonlarımızın yağış verileri kullanılmaktadır. Yıllık olarak standart zamanlardaki (5, 10, 15, 30 dak, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 ve 24 saat) maksimum yağış değerleri tespit edilir. Yağış-Şiddet-Süre Tekerrür analizleri yapılarak 2, 5, 10, 25, 50 ve 100 yıllık tekerrür periyotlarında olması muhtemel yağış miktarı hesaplanır. Yağışların çeşitli büyüklükleri ve bunların frekansları arasındaki ilişkiyi veren yağış frekans değerleri, diziye en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonlarının Khi Kare ve Kolmogrov-Simirnov uygunluk sınamalarından geçirilerek belirlenmesiyle gerçekleştirilmektedir.

Yağış şiddetinin sınıflandırılması ülkeler arasında farklılık gösterebilmektedir. Örneğin İspanya’da Ulusal Meteoroloji Enstitüsü yağış şiddetlerini ülkemize göre daha farklı şekilde sınıflandırmıştır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2. 1: Yağış şiddetlerinin sınıflandırılması (Meteoroloji Genel Müdürlüğü; Llasat, 2001)

Yağış Şiddeti	Türkiye	İspanya
Hafif yağış	$1 \leq I \leq 5$	≤ 2
Orta kuvvette yağış	$6 \leq I \leq 20$	$2 < I < 15$
Kuvvetli yağış	$21 \leq I \leq 50$	$15 < I < 30$
Çok kuvvetli yağış	$51 \leq I \leq 75$	$30 < I < 60$
Şiddetli yağış	$76 \leq I \leq 100$	$60 > I$
Aşırı yağış	> 100	

2.4. Yağışı Etkileyen Faktörler

Herhangi bir yerde meydana gelen yağış miktarını çeşitli faktörler etkilemektedir.

2.4.1. Yükseklik

Genel bir kural olarak belirli bir yüksekliğe kadar çıkıldıkça yağış artar fakat bu yükseklikten sonra yağış birden kesilir. Yer şeklinin özellikleri bu artışta olumlu ya da olumsuz etki yapar. Örneğin; Toros Dağlarında genellikle 1800 metrede yağış 2000-2500 mm iken bu yükseklikten sonra birden azalır ve 300-350 mm ye kadar düşer. Bu durum bitki örtüsü üzerine de etki yapar ve bunun sonucunda belirli bir yükseklikten sonra orman örtüsünün yerini stepler alır.

2.4.2. Yer şekli

Dağların nemli hava kütlelerine gelen yüzü diğer yamaçlardan daha çok yağış alır. Rüzgara dönük yamaçlar dikliği ve yüksekliği oranında yağışı çok alır. Bu durumda, dağların öbür yamaçları hissedilir derecede kuraktır. Örneğin; Karadeniz dağlarında denize bakan yamaçlar çok yağışlıdır. Dağlar az yüksek ve kesintili olursa nemli hava kütlelerinin bir bölümü, fazla yağış bırakmadan içerilere geçebilir. Yer şekillerinin yağış miktarına olumlu etkileri yanında, bazı bölgelerde yağışın azalmasına neden olarak olumsuz etkileri de vardır ve yer yer çöl oluşumuna neden olacak kadar önem taşır. İç Anadolu'nun yüksekliğine rağmen kurak olmasının nedeni de yüksek dağ sıraları ile çevrili olmasındandır.

2.4.3. Denize olan uzaklık

Denizlerden uzaklaştıkça, karasallığın artması sonucu hava kütlelerinin ihtiva ettiği su miktarı azalır ve ısınır, bunun sonucu olarak da yağış azalır, yağışı azaltacak önemli dağ sıraları olmasa da yağışlarda bu azalma görülür. Çünkü, daha sıcak iç bölgelere giden hava kütlelerinde alttan ısınma konveksiyonlarına bağlı yağışlar oluşur ve içlere gittikçe kütlelerin içerdiği su miktarı, dolayısıyla yağışlar azalır.

2.4.4. Deniz akıntıları

Sıcak deniz akıntıları veya sıcak denizler, üzerlerindeki havanın ısınıp nemlenmesine neden olur. Bu kütleler serin karaya giderse orada yağış bırakır. Soğuk su akıntıları veya soğuk denizler, üzerindeki kütleler sıcak kara üzerine giderse ısınacağı için az yağış bırakırlar. Ayrıca sıcak deniz akıntıları karalara doğru esen rüzgarların sonucudur ve o nedenle etkileri kara içlerine kadar sokulur. Soğuk deniz akıntıları ise daha çok karadan denize esen rüzgarların sonucudur, dolayısıyla bu akıntıların etkisi kara içlerine doğru genişleyemez. Sonuçta sıcak akıntılar kıyılara çok yağış getirdiği halde soğuk akıntılar az yağış etkeni olurlar.

2.4.5. Ormanlar

Yapılan çeşitli araştırmalara göre ormanların yağışı %3-6 oranında arttırdığı anlaşılmıştır. Bunun başlıca sebepleri ormanlık alanların türbülansa sebep olmaları ve bitkilerde gerçekleşen terleme olayıdır. (Uğurlu vd., 2009)

2.5. Yağışın Ölçülmesi

Yağış miktarı belli zaman süresinde yatay bir yüzey üzerine düşen ve düştüğü yerde kalarak biriktiği kabul edilen su sütununun yüksekliği ile ifade edilir. Yağışın miktarının ölçülmesinde amaç, atmosferden değişik şekillerde düşen yağışın, buharlaşma, toprağa sızma vb. gibi nedenlerle miktarının azalmadan ölçülebilmesidir.

Yağış 24 saatlik miktarlar toplanarak, yani diğer iklim elemanlarından farklı yöntemle ölçülür. Yağış ölçümünde önemli olan belirli bir süre içinde yere düşen su miktarıdır. Bu nedenle gün, ay, yıl gibi belirli zaman sürelerinde yağış ortalamalarından çok yağış toplamları söz konusudur. Bu şekildeki ölçmenin nedenlerinden biride yağışların sürekli olmayıp zaman zaman görülmesidir. Bu nedenle yağış ölçümleri için en kısa dönem 24 saat olarak alınmıştır. Çünkü

genellikle günlük yağışlar ölçmeye yeter miktardadır. Günlük yağış miktarları toplanarak aylık, yıllık ve mevsimlik değerler elde edilir.

Kendisinden daha uzun bir dönem seçilmesi durumunda, ele alınan karakteristik hidrolojik özelliğin belirgin bir değişiklik göstermeyeceği konusunda görüş birliğine varılarak seçilmiş bir dönem boyunca söz konusu özellikle ilgili ölçümlerin ortalamasına “normal” denir. Meteorolojide herhangi bir ortalama değerin normal olarak kabul edilmesi için en az 30 yıl ve üzerinde bir periyotta verilerin olması gerekir. Yağış ölçerlerde mm olarak okunan değerler aynı zamanda 1 m² lik alanda kg’a tekabül eder. Yani yağış ölçerde su miktarı 1 mm olarak ölçülmüşse, bu miktar 1 m² lik alanda 1 kg’lık ağırlığa karşılık gelir

Yağış miktarı ölçümünde mekanik, yazıcı ve elektronik aletler kullanılmaktadır. Ülkemizde yağış miktarı ölçümünde plüviyometre, plüviyograf ve otomatik yağış ölçerler kullanılmaktadır.

2.5.1. Yazıcı olmayan ölçekler (Plüviyometre)

Ölçümlerde bir standart sağlamak için aynı tip kapların kullanılması tercih edilmektedir. En çok kullanılan plüviyometre tipi, 20 cm çaplı bir silindir şeklindedir (Şekil 2.1). Okuma hassasiyetini artırmak için, bu silindirden daha küçük ikinci bir silindir iç kısma yerleştirilmiştir. Plüviyometreler, yalnızca belirli bir zaman aralığındaki toplam yağış yüksekliğini verirler, yağış yüksekliğinin zamanla değişimini kaydedemezler. Bu nedenle, kullanım alanları giderek azalmaktadır.

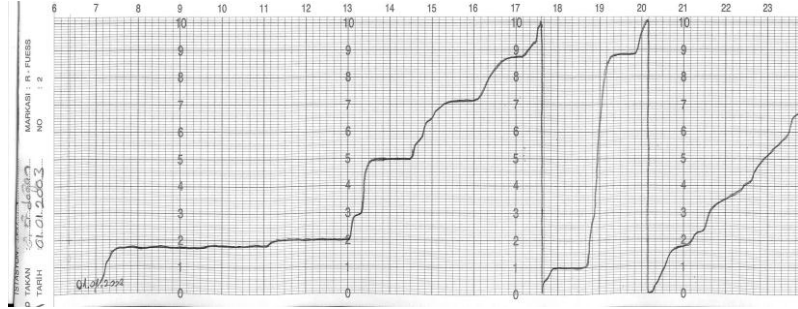


Şekil 2. 1 Plüviyometre (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012)

2.5.2. Yazıcı ölçekler (Plüviyograf)

Yağış yüksekliğinin zamanla değişimini kaydeden aletlerdir. Plüviyografa ait fotoğraf Şekil 2.2’de verilmiştir.

Yağan yağışın miktar ve şiddetini, içinde bulunan diyagram üzerine kaydeden bir alettir. Yağışın hangi saatte başladığını, ne kadar süre devam ettiğini ve bıraktığı yağış miktarını takip etmek açısından plüviyometreye göre daha hassastır.



Şekil 2. 2 Plüviyograf (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012)

Plüviyograflar kendi aralarına 3 gruba ayrılmaktadır.

2.5.2.1. Tartılı plüviyograflar

Yağmur, alt tarafına yay monte edilmiş bir kovada toplanır; yağmur yağdıkça kova ağırlaşarak aşağı doğru hareket edip dönen bir kâğıt şerit üzerindeki yazıcı ucu hareket ettirir ve böylece yağış yüksekliğinin zamanla değişimi kaydedilir. Bu sistemle, oldukça hassas ve doğru ölçümler yapılabilir. Türkiye'de en yaygın olarak kullanılan plüviyograf tipidir.

2.5.2.2. Devrilen kovalı plüviyograflar

Giriş kabına yağan yağmur küçük bir kovada toplanır. Kova dolunca devrilir ve her devrilme ile yazıcı bir uç kâğıt şerit üzerinde hareket eder. Bir kova devrilince yerine bir diğeri geçerek dönel şerit üzerinde basamaklı çizgiler elde edilir. Hassasiyeti daha azdır.

2.5.2.3. Şamandıralı plüviyograflar

Kaptaki su seviyesinin yükselmesi ile su yüzeyinde bulunan bir şamandıra (yüzgeç), yazıcı bir ucu hareket ettirerek kâğıt şerit üzerinde yazı yazmasını sağlar (Kömürcü, 2010).

2.5.3. Radarlar

Mikrodalga (dalga uzunluğu 1-20 cm) radarlar yağış ölçmekte kullanılabilir. Yansıyan ışınların enerjisi yağmur damlalarının büyüklüğü ve dolayısıyla yağışın şiddeti ile orantılıdır. Radar özellikle yağışın yerel dağılımını belirlemekte faydalı olur, başka tipten bir yağış ölçüğü kullanarak ayarlanması gerekir (Yenigün ve Gümüş, 2009).



Şekil 2. 3 Radar sisteminin çalışma prensibi (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012)

Radar, Radio Detecting And Ranging kelimelerinin kısaltmasıdır. Radarlar ilk kez 1950'li yıllarda meteorolojide kullanılmaya başlanmıştır. 1970'li yıllardan itibaren Doppler radar teknolojisine geçilerek radarlardan dijital formda bilgiler alınmaya başlanmıştır. Meteoroloji alanında radarların kullanılmasıyla özellikle şiddetli yağışlar, dolu, tornado, taşkın ve selleri önceden belirleyebilmek mümkün olmuştur. Radarlar, aktif bir uzaktan algılama sistemleridir. Meteorolojik radarlar ile hedefin yeri ve hızı belirlenerek, meteorolojik hadisenin tipi ve miktarı hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Radar, elektromanyetik dalgalar yayınlarken hareket eden ya da hareketsiz hedefler hakkında çeşitli bilgiler alabilen bir uzaktan algılama sistemidir. Çalışma prensibi, radardan gönderilen bir elektromanyetik sinyalin hedefe çarparak geri gelmesi esasına dayanır (Şekil 2.3). Yağmur zerrecikleri, kar taneleri, dolu gibi hidrometeorlar tarafından geri yansıtılan bu elektromanyetik dalgalar, radarlar tarafından ölçülerek, radar yazılımları vasıtasıyla kullanıcıya görsel bir ürün olarak sunulurlar.

Radarlar meteorolojide iki türlü kullanım alanına sahiptir:

- Kısa Süreli Tahmin
- Uyarı

Topluma yönelik 0-4 saatlik kısa vadeli hava tahminidir. Radar operasyon merkezinde gerçek zamanlı (real time) olarak toplanan veri işlenerek yaratılan ürünler, yine gerçek zamanlı olarak hava tahmin merkezlerinin kullanımına sunulur. Radarın kaplama alanının ışın geometrisi ve dünyanın küreselliği nedeniyle sınırlı olması ve hava kütlelerinin hareketinin ortalama 50 km/saat (kış mevsiminde daha hızlı-yaz mevsiminde ise daha yavaştır) olması nedeniyle, radarlar ile ancak gelecek birkaç saat için tahmin yapılabilir. Bundan dolayı uzun vadeli hava tahminleri için radar kullanımı anlamlı değildir. Ancak konvektif olayların tespitinde oldukça faydalıdır.

Ülkemizde sel ve taşkınlar açısından risk oranı oldukça yüksek olan bölgeler bulunmaktadır. Bunun temel nedenlerinden birisi ve en önemlisi, bu bölgelerin topografik yapısıdır. Bu bölgelere düşen yağışlar topografik yapıya, toprak yapısına ve yağış miktarına bağlı olarak hızla akışa geçmekte, sel ve taşkınlara neden olabilmektedir.

Klasik gözlem ağı ile düşen yağış miktarını sağlıklı olarak ölçebilmek ve de bu yağışlar sonucunda oluşabilecek taşkınları önceden tahmin edebilmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle sel ve taşkınlar açısından riskli bölgelere düşebilecek yağış miktarını önceden tespit edebilecek ve bu yağışlar sonucunda oluşabilecek olayları önceden tahmin edebilecek erken uyarı sistemlerini oluşturmak açısından meteoroloji radarlarının kullanılması dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemiz için de kaçınılmaz olmuştur. Ancak radarların ülkemizde kullanım alanı sınırlı olup, her bölgemizde radar bulunmamaktadır (<http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiradarlari.aspx?s=radaragi>, 2012).

2.6. Otomatik Gözlem İstasyonu

Otomatik meteoroloji istasyonları, meteorolojik parametrelerdeki değişimlere duyarlı ve bu değişimlerin miktarını ölçen sensörlerden oluşmaktadır.

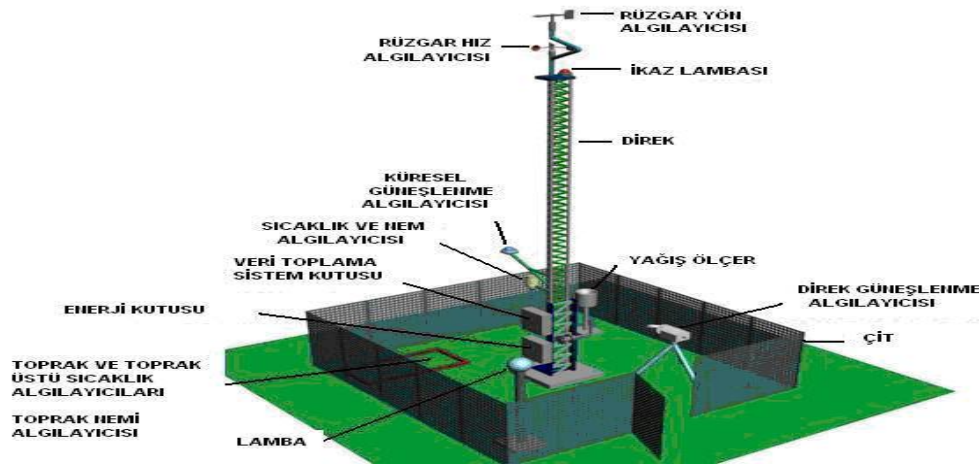
Ayrıca, bu sensörlerin ürettiği mühendislik birimlerini (volt, amper, frekans gibi) meteorolojik bilgilere ve birimlere dönüştürmek için gerekli hesaplamaları ve

çevirmeleri yapan ana işlem ünitesi, bu bilgilerin çeşitli yerlerde görüntülenmesini sağlayan görüntüleme üniteleri ile üretilen bilgi ve meteorolojik kodların ilgili merkezlere iletilmesini sağlayan haberleşme üniteleri de otomatik istasyon bünyesinde yer almaktadır. Otomatik gözlem istasyonu Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

Otomatik istasyonlar, ölçülen ve hesaplanan çeşitli meteorolojik parametrelerin belirli formatlarda meteorolojik mesajlara dönüştürülmesi işlemini yaptıkları gibi, yine bu bilgilerin belirli formatlarda saklanması, grafiklere dönüştürülmesi ve yazıcılarda kaydedilmesi işlerini de yaparlar. Böylece, herhangi bir bilgi kaybı olmaksızın, meteorolojik parametrelerin sürekli olarak ve en doğru şekilde elde edilmesi sağlanmış olur.

Otomatik gözlem istasyonları aşağıdaki ünitelerden oluşmaktadır:

- Sensörler ve sensör ara yüzleri
- Veri toplama ünitesi
- Merkezi kontrol ve işlem ünitesi
- Görüntüleme ünitesi
- İletişim ara yüzleri
- Güç kaynakları



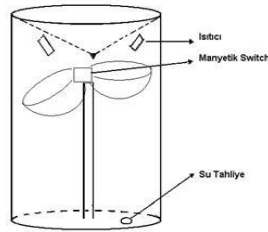
Şekil 2. 4 Otomatik gözlem sistemi (Meteoroloji Genel Müdürlüğü , 2012)

Otomatik Gözlem Sisteminin Avantajları:

- Gözlemlere bir standart getirir
- Parametreler gündüz ve gece sürekli ölçülebilir

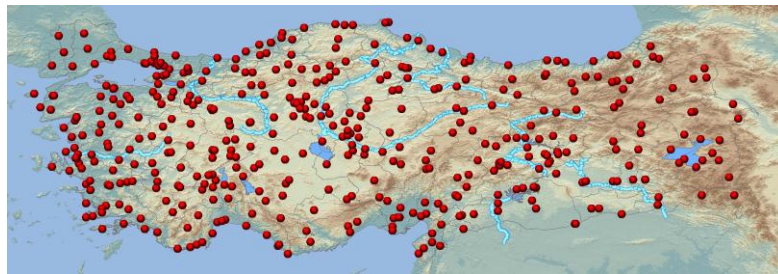
- Daha fazla doğruluk
- Daha fazla güvenilirlik
- Meteorolojik verilerin görüntülenmesi
- Data arşivine lokal ve uzaktan erişme
- Çevre şartlarından etkilenmeme

Otomatik yağış istasyonlarında yaygın olarak kullanılan bu tip yağış ölçerler plüviyometre şeklinde olup yağış sensörü rasat parkı içerisinde yerden 1 metre yüksekliktedir. Kefeli ve ısıtıcılı tiptedir. 0.2 mm hassasiyetle çalışır. Yağış ölçümü için, darbe (pulse) sayıcı yağış ölçer kullanılır (Şekil 2.5). Silindirik toplama kabındaki kepçelerden birisi su ile dolunca pozisyon değişerek su diğer kepçeye dolmaya başlar. Pozisyon değiştirme esnasında manyetik anahtar (switch) kontak yaparak darbe üretir. Her bir darbe 0,2 mm yağışa karşılık gelir. Bu darbeler sayılarak yağış ölçülür. Termostatlı ısıtıcılar kar ve doluyu eritir.



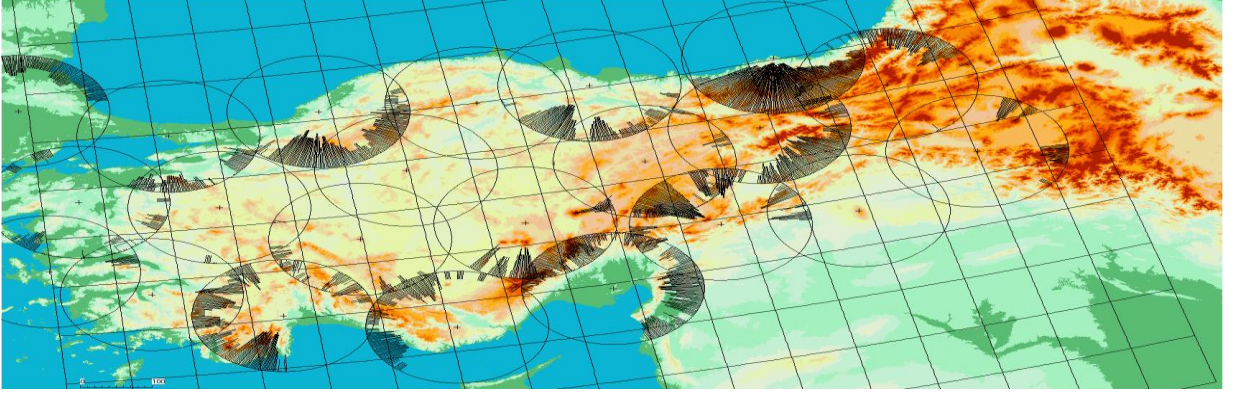
Şekil 2. 5 Otomatik yağış ölçer (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)

Son zamanlarda, gelişen teknoloji ile birlikte, uydu ve radar görüntüleri, elektronik plüviograflar ve distrometreler de yağış miktarı ölçümünde kullanılmaktadır (Uğurlu vd., 2009). Tüm Türkiye’de 519 noktada otomatik, 24 noktada da insanlı olarak yapılan meteorolojik gözlemler, 2012 yılı sonunda 631 istasyon ile yapılması planlanmaktadır. Ülkemizde yer alan istasyonlar Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Otomatik meteoroloji istasyonlarının dağılımı

Ankara, İstanbul, Balıkesir, Zonguldak, Antalya, İzmir, Muğla, Samsun, Trabzon ve Hatay'da kurulu olan 10 adet Meteoroloji Radarından alınan ürünler sayesinde, kuvvetli yağışlar ve fırtına gibi kuvvetli meteorolojik olayların tespiti ve tahmini detaylı olarak yapılmakta, ilgili kurum ve kuruluşlar zamanında uyarılmaktadır (Şekil 2.7).



Şekil 2. 7 Ülkemizde kurulu olan ve kurulması planlanan radar İstasyonları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)

2.7. Ölçüm Hataları

Ölçülen yağış miktarı yere ulaşan yağış miktarından daha azdır. Bu durum yağışa ölçüm tipine ve yere göre oluşan sistematik hatalardan kaynaklanmaktadır. Katı halde meydana gelen yağışlardan kaynaklanan sistematik hatalar sıvı halde meydana gelen yağışlardan kaynaklanan hatalardan fazla olmaktadır. Sistematik hatalar rüzgar tesiri, toplayıcının iç kısmındaki kütle kaybı, özellikle sıcak iklimlerde buharlaşmadan kaynaklanan hatalar, eser miktardaki yağışlar, sıçramadan kaynaklanan hatalar, mekanik hatalar, esme ve sürüklenmeden kaynaklanan hatalardır (Wagner, 2009).

Bu hataları en aza indirmek için çeşitli tedbirler alınabilmektedir. Rüzgâr nedeniyle, yağışın bir kısmının ölçeğe girmesi engellenir. Bunu önlemek için, yağış ölçeği rüzgâr etkisinden uzak bir yere konur ayrıca rüzgâr perdeleri de kullanılabilir. Yağış ölçeğinin etrafındaki ağaç, bina gibi yüksek engeller, doğru ölçüm yapılmasına mani olur. Tedbir olarak, ölçeklerin, engel yüksekliğinin en az iki katı uzağına yerleştirilmesi gerekir. Ayrıca civardan sıçrayan damlaların neden olacağı hataları önlemek amacıyla ölçek, yerden en az 1 m yükseğe yerleştirilmelidir.

2.8. Yağış Ölçekleri Ağı

Yağışın yerel dağılımının öğrenilebilmesi için bir ölçüm ağının kurulması gerekir. Özellikle dağlık bölgelerde yağış miktarı ve şiddeti hızla değiştiğinden, bu yerlerde oldukça sık bir ölçüm ağı kurulmalıdır. Dünya Meteoroloji Teşkilatı, (WMO), optimum ölçek sıklığı olarak, düz bölgelerde 600-900 km²'de, dağlık bölgelerde ise 100-250 km²'de bir ve ayrıca en çok 500 m kot farkıyla ölçek yerleştirilmesini tavsiye etmektedir. Türkiye'de ölçümler Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından yapılmaktadır.

2.9. Ortalama Yağış Yüksekliğinin Hesabı

Bir bölgedeki çeşitli noktalarda yağış gözlemleri yapılmışsa, o bölgenin ortalama yağış yüksekliği çeşitli yöntemlerle hesaplanabilir.

Ortalama yağışın hesabında aşağıdaki üç yöntem kullanılır:

a. Aritmetik Ortalama Yöntemi: Bu yöntemde, bölge içindeki tüm istasyonların değerlerinin ortalaması alınarak bölgenin ortalama yağış yüksekliği bulunur. Çok basit olan bu yöntem, dağlık bölgelerde ve şiddetli yağışlar sırasında uygulanamaz. Çünkü bu durumlarda yağış şiddeti çok kısa mesafelerde hızla değişebilir. Yağış ölçeklerinin oldukça üniform olduğu 500 km²'den küçük bölgelerde bu yöntem uygulanabilir.

b. Thiessen Yöntemi: Bölgedeki yağış istasyonlarının dağılımı üniform değilse uygulanan bu yöntemde, bölge içinde olmayan yakındaki yağış istasyonlarının verileri de kullanılabilir. Birbirine yakın istasyonlar doğru parçalarıyla birleştirilir; bu doğru parçalarından orta dikmeler çıkılarak her bir istasyona ait bir çokgen (Thiessen Çokgeni) teşkil edilir. Her bir çokgenin sınırladığı alanın o istasyonla temsil edildiği varsayılarak ortalama yağış yüksekliği hesaplanır.

c. İzohiyet Yöntemi: Bu yöntem, özellikle dağlık bölgelerde iyi sonuçlar verir. Yağış yüksekliği aynı olan noktaları birleştiren izohiyetler (eş yağış yüksekliği eğrileri) çizilir. İki ardışık izohiyet arasındaki alanda yağış yüksekliğinin, izohiyetlerin değerlerinin ortalamasına eşit olduğu varsayılarak ortalama yağış yüksekliği bulunur.

2.10. Sel/Taşkın Nedir?

Sel ve taşkın terimleri eş anlamlı olarak kullanılsalar da amenajman bakımından yaklaşıldığı zaman bu iki hidrolojik olay arasında gerek oluş biçimleri ve nedenleri, gerekse sonuçları bakımından farklar olduğu görülmektedir.

Sel olayı genellikle alanları küçük, dağlık havzalarda oluşan ve yüksek hızı nedeniyle büyük çaplı taş, çakıl vb. materyalden oluşan yatak yükü taşıyan aşağı kesimlerdeki tesisler ve arazi üzerinde tahrip gücü fazla olan yüksek akımları tanımlamaktadır. Taşkın ise, bir akarsuyun akışının azaldığı ve yatak eğiminin düştüğü aşağı havza kesimlerinde yatağından taşarak çevresindeki araziye yayılmasına neden olan yüksek akımlardır. Sel ile aralarındaki en önemli farklılık taşkın sularıyla taşınan materyalin daha ince ve küçük boyutlu askı materyali ve yatak yükünden oluşmasıdır. Sellerde ise akımın yüksek hızından dolayı büyük ve kaba materyalin daha dik bir yatak içerisinde aşırı derecede hızla taşınması söz konusudur. Diğer taraftan oluşum mekanizmaları arasında da farklılık vardır. Nitekim seller genellikle çok şiddetli ve sürekli yerel sağanak yağışların sonucunda ani bir yüksek akım şeklinde oluşur. Buna karşılık taşkınlar şiddetli, sürekli ve daha yaygın sağanaklar sonunda oluşabileceği gibi, ülkemizde çok görülen ve ilkbahar sonlarında yükseklerdeki kalıcı kar kütlelerinin çeşitli nedenlerle eriyerek akıma dönüşmelerinden de kaynaklanabilir (Korkanç, 2004).

Taşkın hidrolojik olarak; suyun yükselerek akarsu kenarlarını aşması ve yakın civarı sular altında bırakması olarak tanımlanırken; ekolojik olarak ise suyun akarsu tabanındaki malzemeyi oyması ve tabanda yaşayan organizmaları sürükleyerek yerlerini değiştirmesi olarak tanımlanmaktadır (Öztürk ve Ertürk, 2010).

2.11. Taşkın Türleri

Ülkemizde depremlerden sonra en büyük ekonomik kayıplara neden olan doğal afetler sel ve taşkınlardır. Bu olayların oluşumunu ve şiddetini etkileyen en önemli etken yağıştır.

Taşkınları 3 ana türe ayrılmaktadır. Bunlar aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

2.11.1. Nehir kıyısı taşkınları

Kendi içinde ikiye ayrılabilir. Bu alt türler taşma (overbank) ve ani (flash) taşkınlar olarak tanımlanmaktadır. Taşma olayı, nehrin normalde taşıyabileceğinden çok daha fazla yağış veya yer altı suyu beslemesi aldığı anda veya nehrin kesit alanını küçültecek bir etken (moloz birikmesi veya buz yığılması) oluştuğunda görülmektedir. Bu tür taşkınlar akarsu ve taşkın yatağının büyüklüğüne bağlı olarak günlerce sürebilir. Ani taşkınlar ise, ciddi bir fırtına sonucunda kısa bir sürede beklenenin çok üzerinde yağış gerçekleşir ve kısa bir zaman içerisinde taşkın meydana gelir. Bu tür taşkınlar birçok ülkede taşkın sebepli ölümlerde birinci sıradadır.

2.11.2. Sahil taşkınları

Burada söz konusu olan su kaynağı neredeyse sonsuz bir şekilde mevcuttur. Sahil açıklarında meydana gelen bir hortum veya ciddi bir fırtına eğer deniz med durumunda ise daha çok alanın taşkından etkilenmesiyle sonuçlanacak bir durum oluşturmaktadır. Ayrıca kuvvetli rüzgârların baskısını ve deprem sonucu oluşabilecek tsunami dalgasının da sahil tipi taşkınlara etkisi vardır.

2.11.3. Yüzeysel taşkınlar

Kendi arasında üç alt türe ayrılır. Bunlar sırasıyla düz alanlarda oluşan tabakalı akım taşkını, göllenme taşkını ve şehirlerdeki altyapı yetersizliğinden kaynaklanan kentsel taşkın olarak ifade edilebilir.

Bu 3 ana taşkın türü dışında ülkenin ulusal normlarına uymayan taşkınları hazırlayan pek çok yerel taşkın tehlikesi üreten durumlar da mevcuttur. Bunlar kapalı havza gölleri, kararsız akım yolları, baraj kaçakları, buz yığılması ve çamur akıntısı olarak özetlenebilir. Kapalı havza gölleri boşalma ağzı olmayan göller ve yetersiz boşalma ağzına sahip göllerdir. Yağıştaki dönemsel artışlar bu göllerin taşmasına neden olur ve sonuç olarak etraflarında taşkına sebep olurlar. Kararsız akım yollarında ise farklı bir durum söz konusudur. Örneğin, kayalık alanlarda yüksek hızda akan taşkın suyu sediment ve taşları suyun hızının ve eğimin azaldığı bölgelere doğru taşır ve buralara yığar, sonuç olarak yelpaze şeklinde bir alüvyal oluşuma sebep olur. Bu da her taşkın oluştuğunda yatağın değişeceği anlamına gelir. Baraj kaçakları oldukça tehlikeli bir taşkın tehlikesi

yaratmaktadırlar. Barajdan gelen yüksek hız ve büyük hacimdeki su ciddi hasara yol açabilir. Buz yığılması taşkınları genellikle hava ısınması ve yağışın nehir üstündeki buzlu çözmeye başlamasıyla oluşmaktadır. Çözülen buz kütleleri nehir boyunca sürüklenerek bir köprü veya yüzey alanında birikir ve kesit alanını daraltarak taşkına neden olur. Çamur akıntısı ise yağışın toprağa etkimesi neticesinde bir tür toprak kayması gibi aşağı akmasıdır. Bu tip taşkınlar normal su taşkınlarından çok daha tehlikeli olabilmektedir (Akay vd., 2010).

2.12. Oluşma Süreleri Bakımından Taşkınlar

Taşkınlar oluşum süreleri bakımından incelendiğinde 3 farklı türe ayrıldığı görülmektedir. Bu türler sırasıyla şu şekilde açıklanmaktadır:

1. Yavaş Gelişen Taşkınlar (Slow-Onset Floods): Bir hafta veya daha uzun bir süre içinde oluşabilirler.
2. Hızlı Gelişen Taşkınlar (Rapid-Onset Floods): Bir-iki gün içinde oluşabilirler.
3. Ani Taşkınlar (Flash Floods): 6 saat içinde oluşabilir. Ani seller, dünyanın her yerinde görülür.

Akdeniz bölgesinde yağışlı dönemle kurak dönemler arasındaki farklar oldukça fazladır. Hem yıl içinde ve hem de yıllar arası dönemlerde oldukça düzensiz bir dağılım gösteren şiddetli yağışlar, yıkıcı taşkınlara neden olabilmektedir. Akdeniz kıyı bölgesi nehir havzalarında bu şiddetli yağışların neden olduğu taşkınlar sıklıkla görülen ve ekonomik açıdan en çok zarar veren doğal afetlerdendir. Akdeniz kıyı şeridinde, "flash flood" olarak adlandırılan ani taşkınlar konvektif yağışlar nedeniyle de oldukça sık yaşanan olaylar olarak kabul edilir (Kadıoğlu, 2008).

2.13. Taşkınların Nedenleri

Jeolojik açıdan bakıldığında, taşkın sürekli değişen bir ortamda akarsu akışının doğal bir sonucudur. Taşkınlar Dünya tarihi boyunca meydana gelmiştir ve su döngüsü devam ettiği sürece beklenmektedir. Nehirler kendi sularının çoğunu yağıştan elde etmektedirler ve bir nehir havzasına düşen yağış miktarı günden güne, aydan aya ve yıldan yıla değişmektedir (Nelson, 2011).

Taşkın nedenlerinin temelinde doğal meteorolojik koşullar, jeomorfolojik koşullar ve insan müdahalesi-sosyal faktörler yer almaktadır.

2.13.1. Doğal meteorolojik koşullar

Doğal meteorolojik koşullara müdahale mümkün olmadığından, bu konuda herhangi bir önlem alınması da söz konusu değildir. Ancak, taşkına neden olabilecek meteorolojik koşulların, günümüzde mevcut gelişmiş yöntemlerle tahmini yapılabilir ve taşkın riski irdelenebilir (Yavuz vd., 2010).

2.13.2. Jeomorfolojik koşullar

Bu koşullar dere havzalarının doğal özelliklerine ilişkin olup, bu konuda da herhangi bir müdahale söz konusu değildir. Türkiye’de eğimi % 40 olan alanlar, genel yüz ölçümünün %45 ini kaplamaktadır. Türkiye’nin büyük bir bölümü bu jeomorfolojik özelliği ile şiddetli ve sürekli yağış sonucunda her an taşkın olayı ile karşılaşabilecek olan bir ülke konumundadır (Bayat, 2011).

2.13.3. İnsan müdahalesi ve sosyal faktörler

Hatalı arazi kullanımı, bitkilerin yok edilmesi, ormansızlaşma, dere yataklarında usulsüz yerleşimler, erozyon, vs. gibi temelde insan müdahalesine dayanan bu olumsuz koşulların kontrolü mümkün olup, alınacak önlemlerle taşkın zararları en aza indirgenebilir. DSİ tarafından hazırlanan bir raporda, taşkın sorununun veya afetinin, tamamen insan aktivitelerinin bir sonucu olarak meydana geldiği belirtilmiştir; taşkın riski bulunan sahalarda önceden tedbir alınmaksızın süregelen kontrolsüz kentleşme faaliyetlerinin, dünyanın her yerinde taşkın afetinin temel nedeni olduğu belirtilmiştir (Yavuz vd., 2010).

Kıyılar günümüzde giderek artan biçimde doğal afet olaylarına maruz kalan alanlar haline gelmiştir. Kontrolsüz kentleşme faaliyetlerinin bir kısmını kıyı kesimlere yapılan yerleşmeler ve kıyı kenar çizgisine uymayan yapılardan kaynaklanmaktadır. Kıyı kenar çizgisi; deniz, tabii ve suni göl ve akarsuların kıyı çizgisinden sonraki kara yönündeki hareketlerinin oluşturduğu kumsal ve kıyı kumullarından oluşan kumluk, çakıllık, taşlık, kayalık, sazlık, bataklık ve benzeri alanların doğal sınırı olarak tanımlanmaktadır. Yerleşim yerlerinin bu çizgiyi taşması sonucu taşkın tehlikesi artmakta ve meydana gelen zararlar ciddi

boyutlara ulaşmaktadır. Şekil 2.8'de taşkın alanlarına yapılan müdahaleleri gösterilmektedir.



Şekil 2. 8 Taşkın alanlarına yapılan insan müdahalesi (Koç vd., 2010)

Genel olarak su döngüsü dengeli bir sistemdir. Döngünün herhangi bir yerindeki su akışı, akışın tekrar okyanusa dönmesi sonucu dengelenir. Fakat bazen bir alana gelen akış, sistemin doğal sınırlar içerisinde tutabileceğinden oldukça yüksektir ve bunun sonucunda taşkınlar oluşur. Yağış dışındaki faktörlerde taşkına sebep olabilir. Örneğin aşırı kar erimeleri, suya doymun zemin, olağanüstü gelgit ve drenaj modifikasyonları da taşkına sebep olabilir (Nelson, 2011).

2.14. Taşkının Zararları

Taşkın zararları doğrudan ve dolaylı olmak üzere 2'ye ayrılır. Doğrudan zararlar taşkın sularının insanlarla, eşyalarla ya da diğer nesnelere teması sonucu oluşmaktadır. Dolaylı zararlar ise doğrudan zararların etkileri sonucunda ve taşkın olayı sonrasında meydana gelen zararlardır. İki tür zararda, parasal olarak değerlendirilebilir olsun ya da olmasın maddi ve maddi olmayan hasarlar olarak ikiye ayrılmaktadır.

Maddi hasar insan yapımı nesnelere meydana gelen zarar ve parasal olarak kolayca belirlenebilen zarar türüdür buna karşın maddi olmayan hasar ise parasal olarak değerinin ifade edilmesinin mümkün olmadığı varlıklarda meydana gelen hasar olarak ifade edilmektedir. Doğrudan ve dolaylı, maddi ve maddi olmayan

hasarlar arasındaki farklılık yaygın olmasına rağmen, yorumlanması ve tarif edilmesi farklıdır.

Doğrudan maddi zararlar, binalarda meydana gelen hasar, altyapı ve yollarda meydana gelen hasarlar, tarımsal toprak erozyonu şeklindedir.

Doğrudan maddi olmayan zararlar, yaralanmalar, hayat kaybı, hafıza kaybı, psikolojik stres, kültürel mirasın zarar görmesi ve ekosistem üzerindeki baskılar.

Dolaylı ve maddi zararlar: kamu hizmetlerinin kesintiye uğraması, şirketlere bağlı üretim kayıpları, trafik bozulma maliyeti, taşkın sonrası şirketlerin göç etmesi nedeniyle vergi kaybı olarak kendini gösterir.

Dolaylı ve maddi olmayan zararlar ise travma ve yetkililerin güven kaybetmesidir.

Bazı durumlarda gerçek ve potansiyel zarar arasında bir ayırım yapılmaktadır. Gerçek zarar taşkın meydana geldiği anda ortaya çıkan zarar olarak öngörülürken, potansiyel zarar ise herhangi bir zarar azaltma önlemi olmadığı anda ortaya çıkan zarar olarak görülmektedir.

Taşkın zararlarının değerlendirilmesinde farklı mekânsal ölçekler kullanılmaktadır.

1. Küçük Ölçek: değerlendirme risk altındaki tek bir unsura dayanan ölçek türüdür.
2. Orta ölçek: değerlendirme mekânsal alanlara dayanır. Yerleşim yerleri gibi
3. Büyük ölçek: büyük ölçekli mekânsal birimler temelini oluşturur. Belediyeler bölgeler ülkeler gibi (Merz et al., 2010).

2.15. Taşkının Yararları

Taşkınlar birçok yararlı etkiye sahiptir. Örneğin Bangladeş'te taşkınlar barsha (yararlı taşkın) ve bonna (zararlı taşkın) olarak sınıflandırılmaktadır. Barsha olarak adlandırılan yıllık taşkınların sıklığı daha düşük olup, arazinin %20,05 ini kaplamakta olup, bonna olarak adlandırılan yüksek şiddetteki taşkınlar ise ülke topraklarının %35-70 inden fazlasını kapsamaktadır. Taşkınların dört önemli yararları vardır:

İlk olarak havzaları su basması sonucu topraktaki yüksek nem içeriği kaybolmaktadır. Bu ürün için oldukça faydalıdır. Fakat İngiltere de kış taşkınları yazın bitki büyümesini desteklemek için toprağın nem içeriğini aşırı derecede yükseltebilir. Tarımın sulama ile desteklendiği ve taşkınların olmadığı alanlarda toprak nem eksikliği oldukça yaygındır.

İkinci olarak ise yeraltı suları taşkın suları ile yeniden dolmakta ve yenilenmektedir. Bu sular sulama amaçlı kullanılmaktadır.

Üçüncü olarak taşkın suları toprağın verimliliğinin artmasına katkı sağlamaktadır. Fakat taşkın suları ile verimli arazilere taşınan sediman ciddi hasarlara neden olabilir. Ham alüvyon taşıyan taşkın suları toprağın verimliliğini arttırmaktadır. Fakat ham alüvyon kısa sürede verimsizleşmektedir. Nehir alüvyonlarında bulunan mineraller yıllara oranla daha uzun vadede toprak verimliliğine katkıda bulunurlar (Chopra, 2005).

Son olarak ise balık türlerinin doğal dağılımı, nehir balık türlerinin üzerinde aşırı taşkınların etkilerini görmeyi güçleştirmektedir. Bazı balık türleri, periyodik ya da mevsimsel aşırı taşkınlardan yararlanmaktadır. Mevsimsel taşkınlar, doğal sistemleri yumurtlama ve göç etme süreçleri için çevresel ipuçları sağlayarak koordine ederler. Aşırı olayların balık toplanma üzerinde etkileri, balık türleri, yaşam evreleri ve iyileşme dönemine göre ayrılır (Hickey and Salas, 1995).

2.16. Taşkın Verileri

Genel olarak taşkın değerlendirmelerinde; meteorolojik, jeomorfolojik, jeolojik, topografik, arazi kullanımı gibi etkenler ele alınmaktadır. Ancak, bu etkenlerin tümü için güvenilir veriye ulaşabilmek, her zaman mümkün olamamaktadır (Temiz vd., 2004).

Taşkınların değerlendirilmesinde kullanılan veriler genel olarak arazi verileri, iklim verileri ve akım verileri olarak ayrılmaktadır. Taşkın verileri ve bu verileri oluşturan alt veriler Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2. 9 Taşkın verileri

Arazi verileri, ilgili havzanın (drenaj alanı) çeşitli özelliklerine ait verilerdir.

İklim verileri, meteoroloji istasyonlarında ölçülerek yayınlanır. Bu istasyonların gözlemlerinden faydalanılırken; istasyonun yeri ve rakımı, hangi meteorolojik değerlerin nasıl ölçüldüğü, yağışın başlangıç ve bitiş saatleri, şekli vb. konulara dikkat edilmelidir.

Akım verileri, Akım Gözlem İstasyonlarında (AGİ) ölçülerek yayınlanır. Ölçülen değerler kullanılmadan önce, AGİ'nin yeri ve rakımı, hangi ölçüm aletlerinin kullanıldığı, taşkın raporlarının düzenli olarak tutulup tutulmadığı, taşkınların daha çok hangi aylarda oluştuğu gibi konular dikkatle incelenmeli ve gözlem değerlerinin, taşkın tahminlerinde ne derece doğru olduğu belirlenmelidir (Yenigün ve Gümüş, 2009).

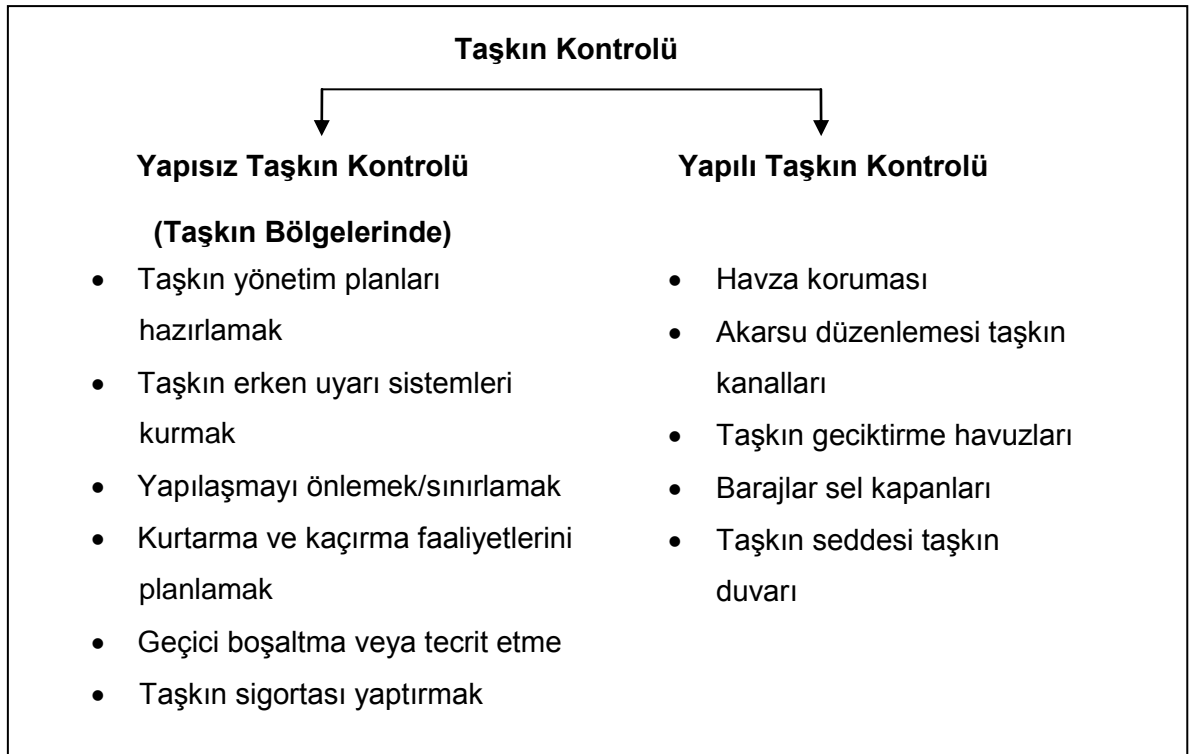
2.17. Taşkın Yönetimi

Taşkınlar, engellenemeyen doğal olaylardır. Buna rağmen, bazı beşeri aktiviteler (yerleşim alanların genişlemesi, taşkın bölgelerinde ekonomik yatırımlar ve arazi

kullanımı yüzünden su tutulmasındaki azalma gibi) ve iklim değişikliği taşkınların oluşma riskinin ve olumsuz etkilerini artmasına katkıda bulunmaktadır. Taşkınların özellikle insan sağlığı ve hayatı, çevre, kültürel miras, ekonomik faaliyetler ve altyapı sistemleri için olumsuz etkilerini azaltmak mümkündür. Ancak, bu riskleri azaltmak için alınacak önlemlerin etkili olabilmesi için, mümkün olduğunca nehir havzası boyunca koordineli olarak uygulanması gerekmektedir (Directive 2007/60/EC).

Taşkın kontrol çalışmaları, değerli tarım alanlarını ve yerleşim bölgelerini su baskınlarından korumak suretiyle, can ve mal güvenliğini emniyete almak için gerekli olan tüm yapı ve yapısız önlemleri kapsamaktadır. Bir akarsu havzasındaki taşkın kontrol çalışmaları, genel bir plan çerçevesinde yapılır. Bu plan, kaynaktan deltaya kadar yan dereler de dahil tüm akarsu güzergahını kapsayacak şekilde bir bütün olarak hazırlanmalıdır (Erkek, 1995).

Taşkın kontrolü için alınması gereken yapı ve yapısız önlemler Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2. 10 Taşkın kontrolü için alınması gereken önlemler (Erkek, 1995)

Taşkınların olumsuz etkilerinden kaçınmak ve bunları azaltmak amacıyla, taşkın riski yönetim planlarının hazırlanması gereklidir. Sel olaylarının nedenleri ve sonuçları ülkelere ve bölgelere göre farklılık göstermektedir. Bu nedenle, taşkın risk yönetim planlarında, nehir havzasındaki işbirliği ve topluluk mevzuatında yer alan çevresel hedeflerin başarı ile uygulanması sağlanırken planın kapsadığı bölgelerin genel karakteristik özellikleri dikkate alınmalı ve bu alanların ihtiyaçları ve öncelikleri göz önünde bulundurularak en uygun çözüm önerileri sunulmalıdır.

2.18. Taşkın Risk Yönetimi

Risk değerlendirmesi ve haritalama, afetlerin önlenmesi ve müdahale için gereken Erken Uyarı Sistemlerinin ihtiyacı olan önceliklerin belirlenmesinde büyük önem taşır.

Taşkın riski, taşkın meydana gelme ihtimalinin ve taşkınların insan sağlığı, çevre, kültürel miras ve ekonomik faaliyetler üzerindeki potansiyel olumsuz sonuçlarının birleşimidir.

Bir yerdeki taşkın riski taşkınların sıklığına ve toplumla ilişkili sonuçlarına bağlıdır. Taşkın risk yönetimi genellikle taşkınların frekansını, onun sonuçlarını ya da her ikisini azaltarak, insanlar, kamu ve altyapı üzerindeki etkileri azaltmayı içerir (Directive 2007/60/EC).

Sistemik bir süreç olan risk yönetimi; riskin tanımlanması, risk analizi ve risk miktarının belirlenmesinden oluşur. Olası bir taşkında can ve mal kaybını en aza indirmek ve taşkın olumsuz etkilerinin azaltılması için yapılması gereken çalışmalar taşkın alanlarındaki risk yönetimi ile gerçekleştirilebilmektedir. Risk yönetimi çalışmalarında, tehlike ve riskler belirlenmekte, risk senaryoları hazırlanmakta, korunma ve zarar azaltma önlemleri seçilmekte, sonuçlar güncel haritalar ve grafiklerle ortaya konmakta, kullanılacak kaynak ve imkânlar belirlenmekte, afetten korunma ve afet müdahalesi için en uygun seçenek ve öncelikler hakkında kararlar elenip uygulamaya geçilmektedir (Özcan vd., 2009).

Taşkın risk yönetim planları; önleme, koruma ve hazırlıklı olma üzerine odaklanmalıdır. Yönetim planları, nehirlere daha geniş alanlar yaratarak insan sağlığı, çevre, kültür mirası ve ekonomik faaliyetler üzerindeki etkisini önleyici ve azaltıcı tedbirlerin yanı sıra taşkın ovalarının bakımı ve/veya restorasyonunun

nerelerde mümkün olduğu gibi konuları da içermelidir. Taşkın risk yönetim planlarının temel esasları, iklim değişikliğinin taşkın oluşumları üzerindeki olası etkileri de göz önünde bulundurularak düzenli aralıklarla gözden geçirilmeli ve gerekliyse güncellenmelidir.

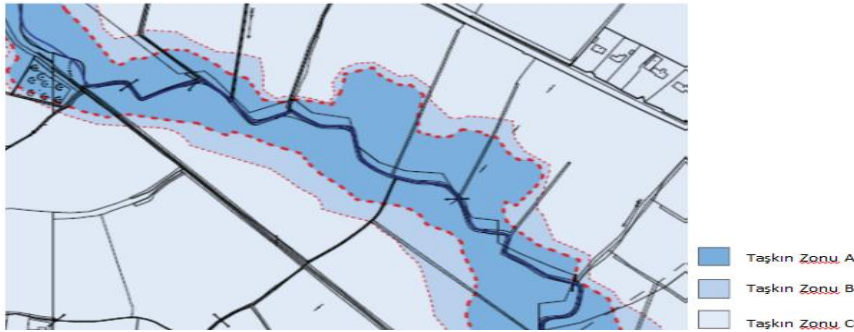
Taşkın risk yönetim planlarında, taşkın tahminleri, erken uyarı sistemleri de dahil koruma, önleme ve hazırlıklar temelinde taşkın risk yönetimiyle ilgili nehir havzası veya alt havzaların özellikleri de dikkate alınarak tüm durumlar tartışılmalıdır. Taşkın risk yönetim planları, taşkın olaylarında belli bölgelerde taşkın kontrol altında tutulmasının yanı sıra su tutmanın düzenlenmesi, sürdürülebilir toprak kullanımının geliştirilmesini de kapsamalıdır (Directive 2007/60/EC).

2.19. Taşkın Harita Tipleri

Taşkın yönetim planlarının önemli bir bölümünü taşkın haritaları oluşturmaktadır.

2.19.1. Taşkın genişlik haritaları

En yaygın kullanılan taşkın haritalarıdır. Bu haritalar belirli bir olayın sonucunda taşkına uğramış alanları gösterirler. Şekil 2.11'de taşkın genişlik haritası gösterilmiştir. Tek bir taşkın genişliği, birden fazla taşkın ve tarihi taşkınlarda bu haritalarda gösterilebilir. Taşkın genişliğini tanımlamak kolaydır ve diğer taşkın parametreleri ile maruz kalan önemli alanlar hakkındaki bilgiler ile artırılabilir.



Şekil 2. 11 Taşkın genişlik haritası

Taşkın Zonu A: Nehirden veya denizden gelebilecek taşkın olasılığının oldukça yüksek olduğu bölgedir.

Taşkın Zonu B: Nehirden veya denizden gelebilecek taşkın olasılığının ortalama düzeyde olduğu bölgedir.

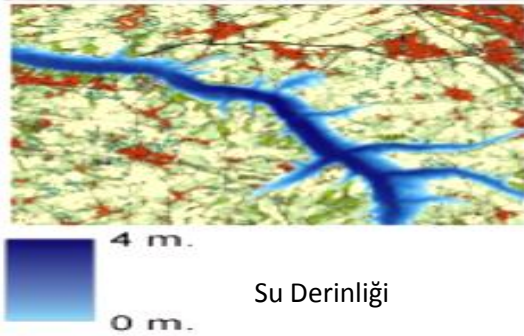
Taşkın Zonu C: Nehirden veya denizden gelebilecek taşkın olasılığının düşük olduğu bölgedir.

(<http://www.flooding.ie/en/media/The%20Planning%20System%20and%20Flood%20Risk%20Management.PDF>)

2.19.2. Taşkın derinlik haritaları

Belirli bir dönüş periyodunda taşkın genişlik haritaları hesaplandığında, derinlik haritaları da kolayca hesaplanabilir. Farklı bir türde derinlik haritası da taşkın taşma sonucunda olmadığı, başarısız yapılardan kaynaklandığı alanlarda oluşturulur.

Böyle bir durumda taşkın genişliğini ve derinliğini belirlemek mümkün değildir. Çünkü taşkın alanı daha önce bilinmeyen, bozulmanın olduğu alanlar tarafından belirlenir. Taşkın tehlikesinin genel bir görünümünü oluşturmak için tüm senaryoların sonuçları piksel başına maksimum taşkın derinliği gösteren tek bir harita halinde birleştirilir. Şekil 2.12’de taşkın derinlik haritası gösterilmiştir.



Şekil 2. 12 Taşkın derinlik haritası (Moel et al., 2009)

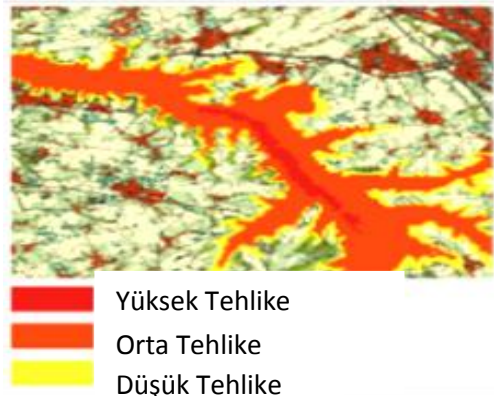
2.19.3. Diğer taşkın parametrelerini gösteren haritalar

Taşkın tehlikesinin haritalanmasına gelindiğinde, taşkın genişliği ve derinliği en yaygın ve en önemli parametrelerdir. Buna rağmen hız, süre, yayılma ve suyun kabarma yüksekliği de haritalamanın amacına dayanan önemli parametreler olabilir.

2.19.4. Taşkın tehlike haritaları

Taşkın derinlik bilgileri taşkın genişlik haritalarına eklenmiş de olsa taşkın haritaları birçok taşkın parametresinden sadece birkaçını gösterir. Taşkın tehlike haritalarında tüm taşkın tehlikesi ile ilgili genel bir izlenim oluşturmak için

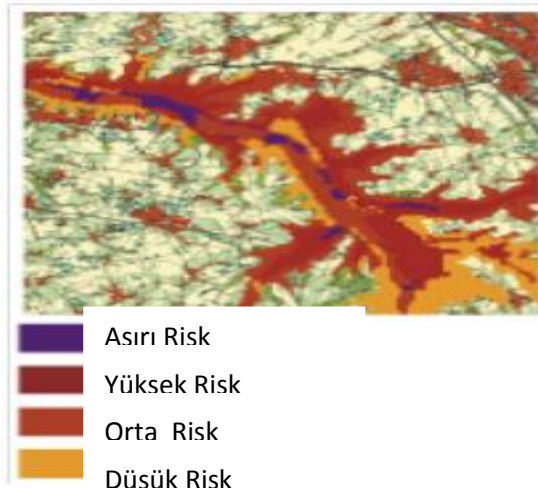
parametreler niteliksel olarak sınıflandırılmalıdır. Şekil 2.13’de taşkın tehlike haritası gösterilmiştir.



Şekil 2.13 Taşkın tehlike haritası (Moel et al., 2009)

2.19.5. Taşkın risk haritaları

Taşkın sonuçları ile ilgili bilgiler taşkın tehlike bilgileri ile birleştirildiğinde taşkın risk haritaları hazırlanmış olur. Maruz kalma ve baş edebilme konusunda çok sayıda bilgi nitel ise sonuçta nitel risk haritası oluşur. Şekil 2.14’de taşkın risk haritası gösterilmiştir (Moel et al., 2009).



Şekil 2.14 Taşkın risk haritası (Moel et al., 2009)

2.20. Taşkınlar ve Erken Uyarı Sistemleri

Taşkınlar, maddi ve manevi kayıplara yol açarak, uzun süreli ekonomik, sosyal, kültürel ve çevresel hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle, afet zararlarını azaltmak için daha etkili önlemler geliştirilmelidir. Buna bağlı olarak, Tahmin,

Erken Uyarı ve İzleme Sistemleri, afet zararlarının azaltılmasında etkili bir önlemdir (Tanrıverdi vd., 2012).

Erken uyarı, “Afete maruz kalan insanların, afetten korunacak ya da karşılaşacakları riskleri azaltacak şekilde hazırlıklı olmalarını sağlayacak bilgilerin, yetkili kurumlar tarafından, zamanında ve etkili şekilde duyurulması” olarak tanımlanmaktadır.

Ani taşkın herhangi bir havzada, belirli bir süre içinde drenaj kanalı çıkışında dere ve nehir yataklarının dolu olarak akmasını sağlayan yağış miktarıdır. Ani taşkına sebep olan faktörler şu şekilde sıralanmaktadır:

- Şiddetli yağış bırakan orajlar ve tropik sistemler,
- Topografyanın çok dik olması
- Şiddetli orografik yağışlar,
- Toprak ve bitki örtüsü,
- Kanal özellikleri

(Bacanlı, 2011).

Ani taşkın erken uyarı sistemi acil durum sorumlularına ne zaman ve nerede taşkın meydana geleceğini bilmelerini sağlar. Kentsel alanlarda taşkın etkileri yüksek nüfus yoğunluğu, sızdırmazlık ve akarsu kanalları ve taşkın dalgalarının yükselmesi nedeniyle artmaktadır. Sosyal etkileri açısından bakıldığında ise yararlı hidrolojik tahminler yolları trafiğe kapatmak, yüksek su sinyalleri vermek ve taşkın meydana gelmeden önce acil durum personelinin dağıtılması için zaman sağlar (Looper and Vieux, 2012).

Erken Uyarının başarılı olabilmesi için 4 aşamanın yerine getirilmesi gereklidir.

Risk Tespiti: Risk, tehlike ile zarar görme eğiliminin bir araya gelmesi ile ortaya çıkar. Risk değerlendirmesi ve haritalama, afetlerin önlenmesi ve müdahale için gereken Erken Uyarı Sistemlerinin ihtiyacı olan önceliklerin belirlenmesinde önem taşır.

İzleme ve Uyarı: Tehlike parametrelerinin sürekli izlenmesi, afet ve acil durumlar için zamanında ve doğru uyarıları yapmak için gereklidir.

Yayma ve İletişim: Gerekli tepkinin verilebilmesi için tepkiyi oluşturacak verinin kolay anlaşılabilir ve kavranabilir olması esastır. Bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeyde iletişim kanalları tespit edilmeli ve yayılımı gerçekleştirilmelidir.

Tepki Yeteneği: Toplumların karşı karşıya kaldıkları riskleri anlamaları ve nasıl reaksiyon göstereceklerini bilmeleri gereklidir. Burada eğitim ve hazırlık programları önem taşımaktadır (Tanrıverdi vd., 2012).

2.20.1. Taşkınların önceden belirlenmesi

Erken uyarı sisteminin amacı taşkın dalgasının geçişi esnasında oluşacak su seviyelerini ve debileri akarsuyun mansabındakilere yeterli bir zaman önce haber vermektir. Küçük derelerde şiddetli sağanaklardan birkaç dakika sonra taşkın olabileceğinden önceden haber verme hemen hemen olanaksızdır. Ancak yağış raporlarına göre ani uyarılarda bulunulabilir. 250 km²'den büyük drenaj havzası olan orta büyüklükteki akarsularda taşkın pikinin şiddetli bir sağanaktan saatler sonra oluşması nedeniyle yağış raporlarına bakarak doğru tahmin yürütmek ve taşkınları önceden haber vermek mümkün olmaktadır. Drenaj havzası 50 000 km² den büyük nehirlerde ise daha kesin tahminler yapılarak taşkınları uzun bir süre önce haber vermek mümkündür. Taşkınları önceden haber verme yöntemleri uzun ve kısa süreli olarak 2 ye ayrılır. Taşkınları önceden haber verme yöntemleri şöyle sıralanabilir.

1. Hidrometeorolojik verilerle akımların önceden haber verilmesi: Kısa süreli (1-3 gün) hava tahminleri bu amaçla kullanılabilir.
2. Öneşel Yöntemi: kısa süreli önceden haber vermede akımlar, akarsuların memba bölgesine kadar uzanan eşel istasyonları ile izlenerek haber verilir. Birçok durumlarda bir öneşel ile akarsuyun mansabındaki ana eşelin akım değerleri arasında bağıntı kurulabilir. Memba ve mansap eşellerindeki su seviyeleri arasında böyle bir bağıntı Viyana şehrini Tuna nehrinin yol açacağı taşkınlardan korumak için geliştirilmiştir.
3. Debilerin Önceden Haber Verilmesi: Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak uygulanan bu yöntemlere örnek olarak hidrolojide yaygın bir uygulama alanı olan birim hidrograf yöntemi gösterilebilir.

4. Matematik-İstatistik Yöntemler: Belirli bir taşkın debisinden daha büyük değerlerin meydana gelme olasılığı istatistik yöntemlerle hesaplanır veya meydana gelecek taşkınlar tahmin edilir.

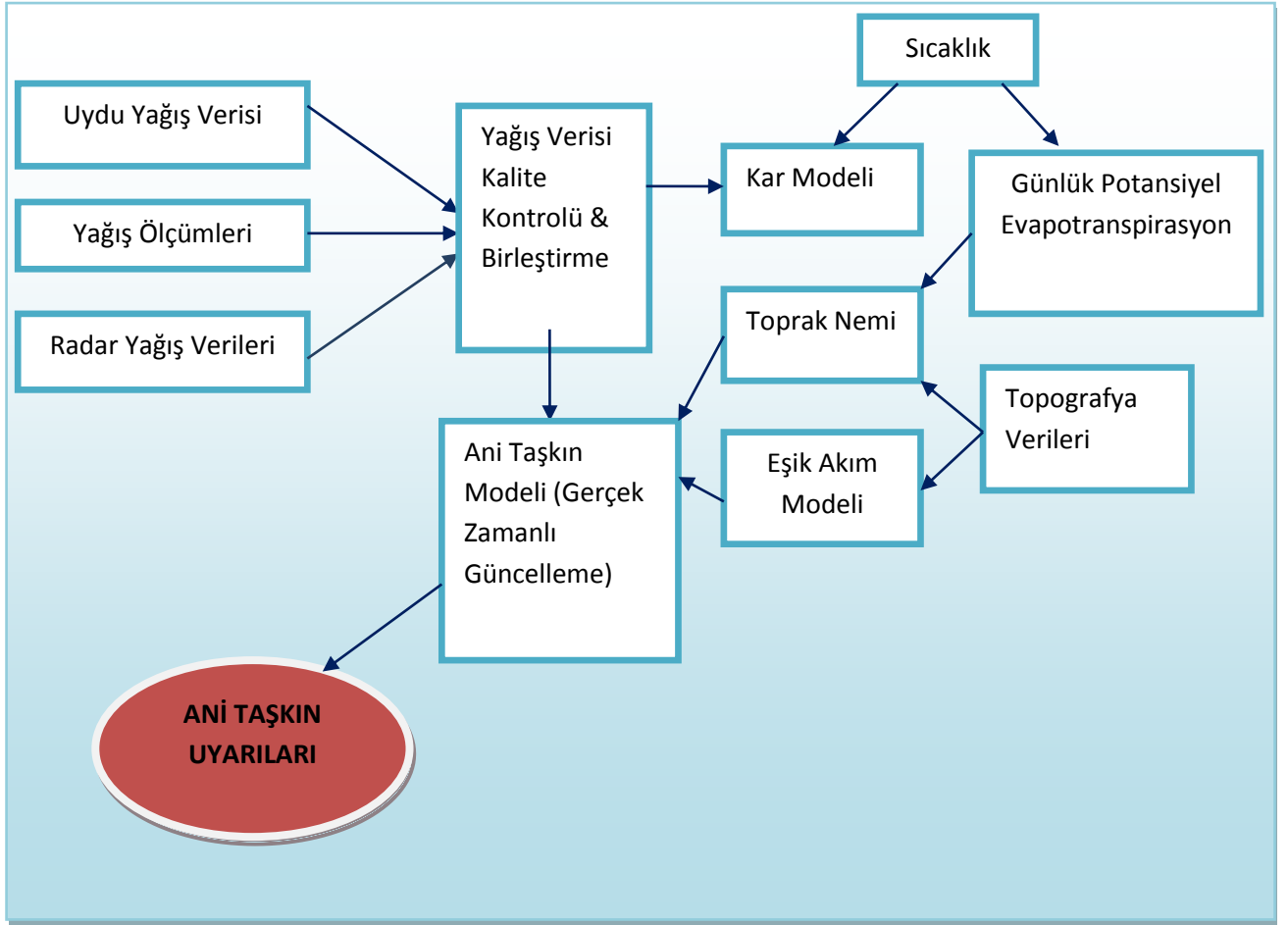
5. Taşkın Öteleme Yöntemleri: Taşkın öteleme yöntemleri belirli bir akarsu kesiminde taşkınları önceden haber verme yöntemi olarak da kullanılabilir.

Günümüzde sel/taşkın uyarı sistemlerinde dijital teknolojiden de yararlanılmaktadır. Birçok ülkede radarlar, GIS, yağış ve su seviyeleri ölçümleri ve su seviyesi tahminlerine yönelik matematik modeller kombine edilerek gerçeğe yakın tahminlerde bulunulmaya çalışılmaktadır.

Bir erken uyarı sistemi planlanırken mutlaka belirlenmesi gereken bazı öğeler vardır. Erken uyarı sistemlerinde yaygın kullanılan öğeler şu şekildedir:

1. Gerçek yağış ve su seviyesi verileri
2. Meteorolojik tahminler
3. Taşkın tahminleri
4. Taşkın uyarılarını duyurma

Sözü edilen öğelerden gerçek yağış ve su seviyesi verileri, uydu görüntüleri ve radarlardan elde edilen veriler uyarı sisteminin temel bilgi kaynaklarını oluşturur. Bu bilgilere dayanılarak yapılan meteorolojik tahminler ve taşkın tahminleri ilgili kuruluşlarla gerçekleştirilir ve taşkın riski olan yereler tespit edilerek halk uyarılır. Erken uyarı sisteminin oluşturulma aşamaları Şekil 2.15'de gösterilmektedir.



Şekil 2.15 Erken uyarı sisteminin oluşturulma aşamaları (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012)

Erken Uyarı sistemlerinin çoğu taşkın kontrolünün planlanmasında karşılaşılan problemleri akarsuların akışlarını ve seviyelerini gerçek zaman tahminleri üreterek etkin bir şekilde çözmeyi sağlar. Sel ve taşkın tehdidiyle sık sık karşı karşıya kalan ülkelerde ekonomik zararı ve can kayıplarını azaltmak amacıyla gerçek zaman veri toplama sistemleriyle bağlantılı taşkın tahmini ve erken uyarı metodları uygulanmaktadır.

Etkili bir uyarı sistemi planlaması için önerilen hususlar aşağıdaki biçimde sıralanabilir (Korkanç, 2004).

Uyarı Sistemleri:

- Kolay doğrulama ve yeni bilgi sağlamalıdır,
- Uygun mesaj yayma düzeyine sahip olmalıdır,

- Uyarı için farklı kanallara sahip olmalıdır
- Yeni gelişmeleri birleştirme ve uygulama yöntemleri güncelleme özelliğine sahip olmalıdır.

Uyarı Mesajları:

- Zamanında ve güvenilir olmalı,
- Her taşkın olayı için geçerli olmalı,
- Uygun öneriler sunmalı,
- Güvenilir kaynaktan gelmeli,
- Risk altındaki insanlara yönelik olmalı,
- Sosyal destek içermeli,
- Takip edilebilir olmalı.

Uyarı sistemleri planlanırken kaçınılması gereken şeyler ise:

- Karar verme ya da iletişimde karışıklığa yol açabilecek düzenlemeler,
- Yerel gereksinimleri karşılamaktan uzak merkezi yönetim sistemi,
- İletişim aşamalarının tümünde yeterli zaman ayrılmaması,
- Medya tarafından uyarı niteliğinde varsayımlar yapılması,
- Risk alanlarındaki grupların yerel gereksinimlerine yönelik varsayımlar yapılması,
- Geçmişten edinilen deneyimleri ortaya koymadaki başarısızlık.

2.21. İstatistik ve Ölçüm

Yaşantımızın her anında bir karar verme durumu söz konusudur. Bu kararları verirken sahip olduğumuz bilgileri düşünce sürecinden geçirerek sonuca varmaya çalışırız. “Peki sahip olduğumuz bilgiler her zaman yeterli midir? Bu bilgileri nasıl elde ediniz?” v.b. sorulara vereceğimiz cevaplar bizi istatistiğe yönlendirecektir.

Bir tanım olarak istatistik, belirsizlik altında bir konuda karar verebilmek amacıyla, ilgilenilen konuya ilişkin verilerin toplanması, düzenlenmesi, özetlenmesi, çözümlenmesi ve sonuçlarının yorumlanmasına yönelik olarak kullanılan yöntemler topluluğu olarak ifade edilebilir. Kısacası veri bilimidir ya da verilerin dilidir (Balce ve Demir, 2007).

2.21.1. İstatistiksel kavramlar

Normal dağılım: Simetrik ve çan eğrisi şeklindeki dağılım eğrisidir. Dağılım aritmetik ortalamaya göre simetriktir. Her iki yandaki uzantılar, verilerin ortalamadan farklarının standart katları şeklinde belirtiliyorsa, dağılım eğrisi “normal dağılım” olarak adlandırılır.

Kesinlik (precision: tekrarlanabilirlik): Belirlenmiş koşullarda elde edilen, birbirinden bağımsız sonuçların birbirine yakınlığını gösteren parametredir. Varyasyon (değişkenlik) katsayısı standart sapmanın ortalamaya göre yüzde kaçlık değişim gösterdiğini belirtir ve değişkenliği standardize ettiği için tekrarlanabilirliğin değerlendirilmesinde kullanılır.

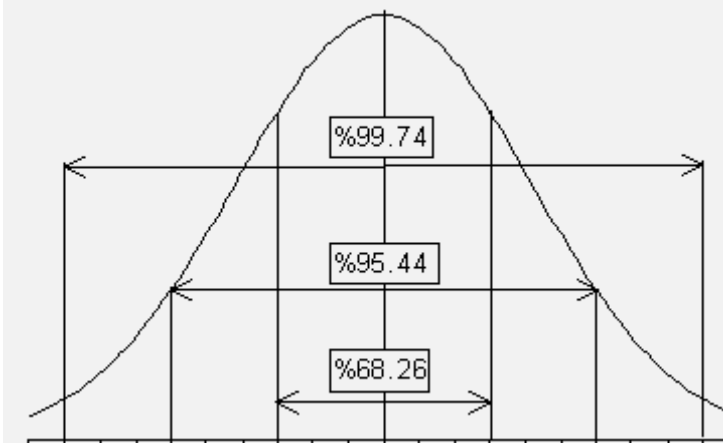
Doğruluk (Accuracy): Bir sonucun gerçek veya gerçek olduğu kabul edilen değere ne kadar yaklaştığının ölçütüdür. ISO 5725-1’de doğruluk, gerçeklik (trueness) ve kesinlik (precision) ile ifade edilir denmektedir.

Gerçeklik (Trueness): Bir seri tekrar ölçümden elde edilen ortalama değer gerçek veya gerçek olduğu kabul edilen değere ne kadar yaklaştığının ölçütüdür. Sistemik hatayı değerlendirir (Güngör, 2008).

Güven aralığı (confidence interval): Standart sapma ve ölçme sayısına bağlı gerçek ortalama değeri içine alan sınırların (güven sınırları) belirlediği aralıktır. Güven seviyesi: Gerçek ortalama değer, belirlenen sınırlar içerisinde olma olasılığını belirleyen büyüklüktür.

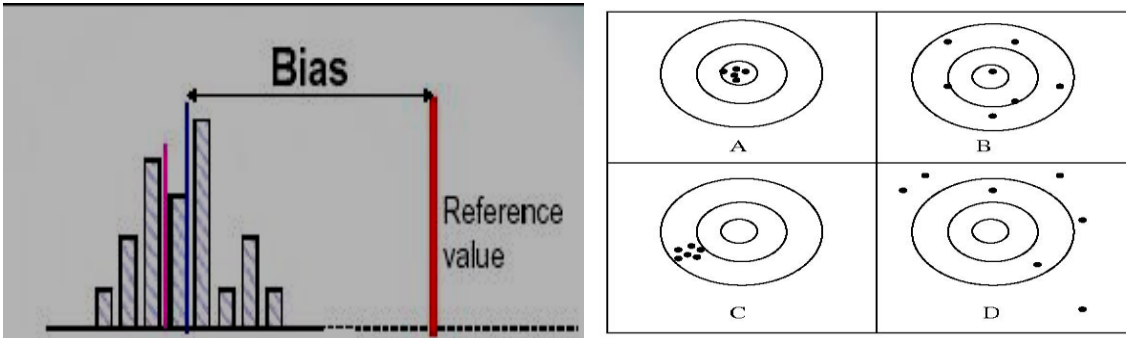
$X-\sigma$ ile $x+\sigma$ güven aralığı için güven seviyesi %68
 $X-2\sigma$ ile $x+2\sigma$ güven aralığı için güven seviyesi %96
 $X-3\sigma$ ile $x+3\sigma$ güven aralığı için güven seviyesi %99,7
(Altınışik, 2008)

Güven aralığı hipotez testlerinden kaynaklanan farklı bilgiler sağlar. Hipotez testleri gözlenen herhangi bir farklılık hakkında bilgi verir, bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı ya da istatistiksel olarak anlamsızdır. Buna karşılık güven aralığı gözlenen etkinin büyüklüğü hakkında bize bir aralık sağlar (Davies and Crombie, 2009). Güven aralıklarının grafik ile gösterimi Şekil 2.16'da verilmiştir.



Şekil 2.16 Güven aralıklarının grafik ile gösterimi (Cengizhan, 2001)

Bias: Bir seri tekrar ölçümden elde edilen ortalama değerle gerçek veya gerçek olduğu kabul edilen değer arasındaki farktır. Bias sistematik hatayı verir. Bias teriminin şekil ve grafiksel gösterimi Şekil 2.17'de verilmiştir.



Şekil 2.17 Bias teriminin şekil ve grafik ile gösterimi (Güngör, 2008; Çoban, 2011)

Şekil A'da sistematik hata yoktur. Tüm noktalar yoğun bir şekilde bir araya toplanmıştır dolayısıyla kesinliğe sahiptir. Şekil B'de noktalar oldukça dağınıktır. Dolayısıyla, sistematik hata olduğu gibi kesinlik de yoktur. Şekil C'de yer alan noktalar A'dakiler kadar kesinliğe sahip olmasına rağmen hedefin yakınlarında bir yerde gruplanmıştır ancak hedefe girememiştir. D şeklinde ise noktalar, hem hedeften oldukça uzak hem de dağınık şekilde yerleşmiştir. Bu durumda sadece A'da hem doğruluk hem de tekrarlanabilirliğin varlığı söz konusudur. C'de tekrarlanabilirlik vardır, fakat doğruluk çok düşüktür. D'nin ise hem tekrarlanabilirliği hem de doğruluğu çok düşüktür.

P-Değeri (P-Value): yakın zamanlara kadar, olasılık rolünün değerlendirilmesi rutin bir 'pValue' üreten hipotez testleri kullanılmaktaydı. P-değeri bulunan değer, bazı referans değerlere göre “önemli ölçüde anlamlı” olup olmadığının değerlendirilmesini sağlar (Davies and Crombie, 2009).

2.21.2. Ölçüm belirsizliği

Ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucu ile beraber yer alan ve ölçülen büyüklüğe, gerçek değerinin içinde bulunduğu değerler aralığına karşılık gelebilecek değerlerin dağılımını karakterize eden parametredir. Bu parametre, örneğin, standart sapma (veya onun belli katları) veya belirli bir güvenilirlik seviyesine sahip olan aralığın yarı genişliği olabilir. Ölçüm belirsizliğinin genel olarak birçok bileşeni içerir. Sistematik etkilerden kaynaklanarlarda dahil olmak üzere, düzeltmeler ve referans standartlar, ölçme cihazı ve ölçülen standartlarla beraber gelen bileşenler gibi belirsizliğin tüm bileşenleri bu dağılımın birer parçasıdır. Bu bileşenlerin bir kısmı ölçüm serileri sonuçlarının istatistiksel dağılımından hesaplanabilir ve deneysel standart sapma yardımı ile karakterize edilir. Standart sapma ile karakterize edilebilen diğer bileşenler de tecrübeye veya diğer bilgilere dayanarak kabul edilmiş olasılık dağılımlarından hesaplanabilir. Buradan da anlaşılacağı gibi, ölçüm sonucu ölçülen büyüklüğün değerinin en iyi tahminidir.

2.21.2.1. Ölçüm Belirsizliğinin İstatistiksel İfadesi

Ölçüm hatası, genel olarak, sistematik hata ile rasgele hatanın birleşiminden oluşur. Birçok durumda sistematik ve rasgele hataları birbirinden ayırmak çok zordur.

Sistemik hata, ölçülen bir büyüklük için, tekrarlanabilirlik koşulları altında sonsuz sayıda ölçüm yapıldığında, bu ölçüm sonuçlarının ortalamasının gerçek değerinden farklıdır. Bu hataların kaynakları tam olarak bilinmeyebilir fakat dikkatli bir ölçüm uzmanı tarafından bunların birçoğu elimine edilebilir. Sistemik hata bazen teorik hesaplamalarla bulunabilir. Örneğin, bir ortamın sıcaklık ölçümünde, ısı transferi ve termodinamik kanunlara dayanarak ısı kaybı ve/veya ısı üretimi hesaplanır ve ölçülen sıcaklık ile hesaplanan sıcaklık karşılaştırılarak sistemik hata belirlenir. Fakat bu hesaplamaların yapılması her zaman mümkün olmadığı gibi, bazı etkenler hesaba katılmamış da olabilir.

Rasgele hata, tekrarlanabilirlik koşulları altında aynı ölçüm sonsuz sayıda yapıldığında, her bir ölçüm değerinin sonsuz sayıdaki ölçümün ortalamasından sapmasıdır ve belirli bir istatistiksel dağılım gösterir. Sürtünme etkileri, cihazın elektronik dalgalanmaları, ölçüm yapan kişi ve benzeri nedenlerden kaynaklanan rasgele hataları karakterize etmek için kesinlik (precision) terimi kullanılmaktadır. Ölçüm hataları, genel olarak belirsizlikle ifade edilir. Ölçüm güvenilirliğinin sağlanabilmesi için ölçme cihazı, kendisinden daha yüksek doğruluğa sahip bir standart ile kalibre edilmelidir (Çoban, 2011).

2.21.2.2. Hata ve belirsizlikler nelerden kaynaklanır

Birçok etken bir ölçümü bozabilir. Ölçümde yapılan kusurlar görülebilir veya görünmez olabilir. Gerçek ölçümler asla mükemmel şartlar altında olmaz;

Hatalar ve belirsizlikler meydana gelebilir:

Ölçme Aletleri: Aletler eskimiş olmasından, aşınmadan ya da sürüklenmeden, gürültüden (elektrikli aletler için) dolayı ölçümde hatalara yol açabilir.

- **Ölçülen Öge:** Stabil olmayanlar (Sıcak bir odada bir buz küpünün boyutunu ölçülmeye çalışılması gibi.)
- **Ölçüm İşlemi:** Ölçüm işleminin yapılması zor olabilir. Örneğin küçük ama canlı bir hayvanın ağırlığını ölçmek özel zorluklar yaratabilir.
- **Operatör Kabiliyeti:** Bazı ölçümler, operatörün ölçme becerisine bağlıdır. Ölçüm kurulumunu hassas bir şekilde ayarlama ya da göz ile ince detayları okumada

bir insan diğerine göre daha iyi olabilir. Mesela kronometre gibi bir aletin kullanılması operatörün reaksiyon süresine bağlıdır.

- **rnek Sorunları:** Yaptığımız lmler değerlendirmeye çalıştığımız prosesin uygun temsilcisi olmalıdır. Eğer tezgahın sıcaklığını bilmek istiyorsanız, bunu klima çıkışının yakınında duvara yerleştirilmiş bir termometre ile lmemeliyiz.
- **evre:** Sıcaklık, hava basıncı, nem ve daha birçok koşul ölüm cihazını veya llen rneği etkileyebilir.

Hatanın büyüklüğü ve etkisinin bilindiği durumlarda ölüm sonuçlarında düzeltme yapılabilir. Ancak genel olarak bu kaynaklardan veya diğer kaynaklardan gelen belirsizlikler, ölümde genel belirsizliği daha da artırır (Bell, 1999).

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Özel bir görevi yapmak üzere, aralarında belirli ilişkiler ve etkileşimler bulunan nesnelere ve donanımların bir bütün oluşturacak biçimde bir araya gelmesi sistem olarak tanımlanmaktadır. Kontrol ise sistemleri belirli bir duruma yönlendirme, işleyişine ve gidişatına müdahale etmektir.

Otomatik kontrolün amacı, sistemin gidişini ve yönetimini yüklenen program ve verilen referanslara göre sistemin otomatik olarak işletilmesini sağlamaktır. Bazı tesisler ve fabrikalar genelde sistemlerini ve işleyiş biçimini bir otomatik kontrol sistemi üzerine entegre etmişlerdir.

Bu sistemlerde bilgisayar veya mikro denetleyiciler sistemi işletme görevini üstlenmiştir. Denetleyiciler adından da anlaşılacağı gibi genel olarak giriş biriminden gelen sinyalleri denetleyerek çıkış birimine istenilen sinyali veya kontrol komutlarını gönderme işlemini yaparlar (Çakır ve Şeren, 2012).

Gerçekleştirilen tez çalışmasında taşkın tehlikesinin belirlenmesi amacıyla otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi geliştirilmiştir.

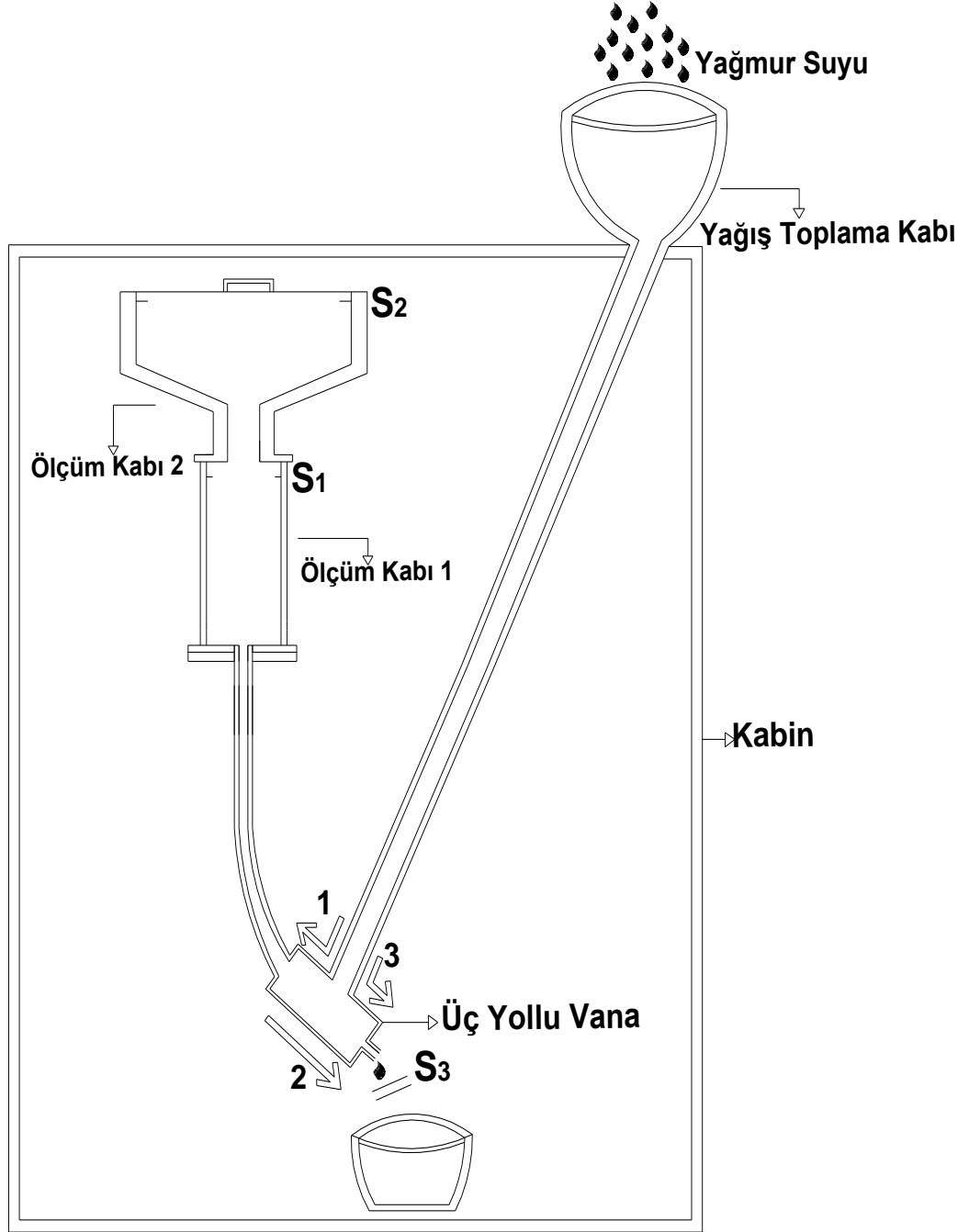
Otomatik yağış ölçerlerin yaygın olarak kullanılan iki türü bulunmaktadır. Bunlar birim toplama alanına (tepsi, kova gibi) düşen yağışın ağırlığının ölçülmesi (Weighing Rain Gage) veya basit bir kaldıraç yardımıyla belirli miktarda yağmur suyu örneğinin suyun yerçekimi ile yere atılması (Tipping Bucket Rain Gage) ve bu sırada hareket eden toplama haznesinin yağış sırasında kaç defa hareket ettiğini sayan bir elektronik sensör yardımıyla yağış miktarının saptanması şeklinde çalışırlar. Bu iki sistemin dışında değişik amaçlar için kullanılan birim alanına düşen su yüksekliğinin tespitine yönelik değişik sensörlerin (kapasitif, optik, akustik) kullanıldığı yöntemler bulunmaktadır (Onacak ve Yürür, 2011).

Tez çalışması kapsamında yağış miktarının tespit edilmesi amacı ile iki değişik yağış ölçüm sistemi geliştirilmiş ve üzerlerinde test çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu sistemler aşağıdaki bölümde açıklanmıştır.

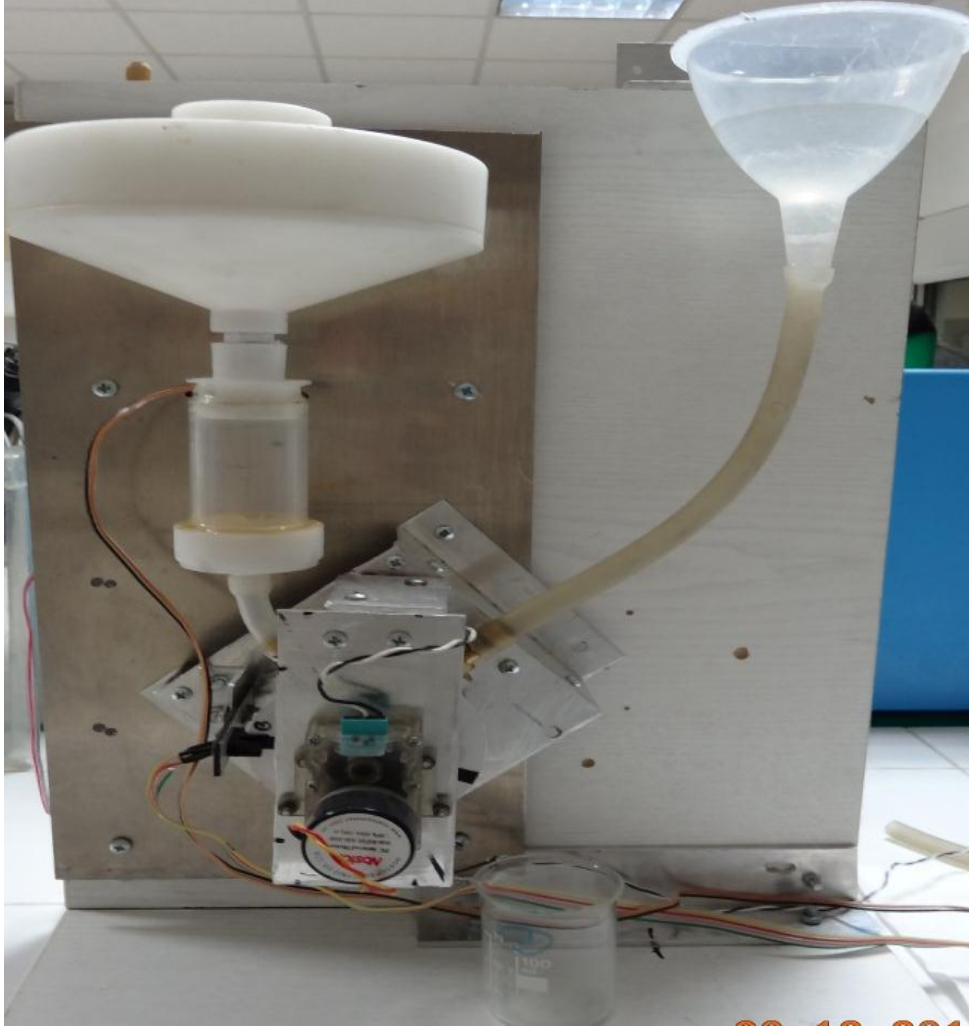
3.1. Seviye Sensör Kontrollü Otomatik Yağış Miktarı Ölçüm Sistemi

Tez kapsamında yağış miktarı ölçümü amacıyla geliştirilen ilk sistem seviye sensör kontrollü düzenektir.

Bu düzenek kullanılarak geliştirilen otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin şematik gösterimi Şekil 3.1'de fotoğrafı ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin şematik gösterimi (S1, S2 : Seviye tespit sensör elektrotu, S3: Damla sensör elektrotu)



Şekil 3.2 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin fotoğrafı

3.1.1. Sistem bileşenleri

Geliştirilen seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin temel bileşenleri yağış toplama kabı, ölçüm kabı, sensörler, elektronik kontrol kartı, DC motor ve 3 yollu vanadan oluşmaktadır. Sistem bileşenleri aşağıda açıklanmaktadır.

Yağış toplama kabı: Yağmur miktarının belirlenmesi için geliştirilen sistemlerde ölçüm hassasiyetine etki eden faktörlerden birisi ölçüm yapılacak yağışın toplanmasında kullanılan kabın yüzey alanının büyüklüğü olmaktadır. Ölçüm alanı küçük olarak alındığında rüzgârlı hava şartlarında yağmursuyu toplanmasında sorunlarla karşılaşmakta dolayısıyla ölçüm hataları oluşabilmektedir. Büyük olarak tasarlandığında ise devrilen kova sisteminde olduğu gibi aşırı yağış

durumlarında toplanan su miktarı çok olacağı için ölçüm anında sorunlarla karşılaşmakta; kovanın devrilme hızı yağmur yağışı için yeterli olamamakta ve ölçüm hataları oluşmaktadır (Onacak ve Yürür, 2011). Tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen sistemde ise yağmur suyu toplama kabının büyüklüğü ölçüm sonuçları üzerinde etkili olmamaktadır.

Yağış toplama kabı, düşen yağmurun biriktirilerek ölçüm kabına aktarılmasını sağlamak amacıyla sistemde kullanılmıştır. Aşırı yağış anlarında bile toplama alanına alınan yağış örneğinin tamamı ölçülebilmektedir.

Ölçüm kabı: Yağmursuyu ölçüm sistemlerinde ölçüm sonuçlarına etki eden ikinci faktörde ölçüm kabının büyüklüğüdür. Yağmur yağışının kesilmesinden sonra ölçüm kabı içinde kalacak miktar sistemin hatası olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle yağmur miktarının tespiti amacıyla en sık kullanılan sistem olan devrilen kova yönteminde ölçüm kabı yani kova hacmi olabildiğince küçük olarak seçilmekte dolayısıyla ölçüm hataları minimuma indirilmeye çalışılmaktadır. Ancak bu durumda da yukarıda bahsedildiği gibi aşırı yağış anlarında kovanın devrilme hızı yağış hızına yetişememekte ve oldukça önemli miktarlara varan ölçüm hataları oluşabilmektedir.

Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm düzeneğinde hacimleri farklı 2 ölçüm kabı sisteme yerleştirilmiştir (Şekil 3.1). Ölçüm kaplarının hacimleri yaklaşık 50 ml ve 250 ml olarak belirlenmiştir. Ölçüm kapları yağış toplama kabında biriken yağmur suyu örneğinin sisteme alınarak miktarının belirlendiği kaplardır.

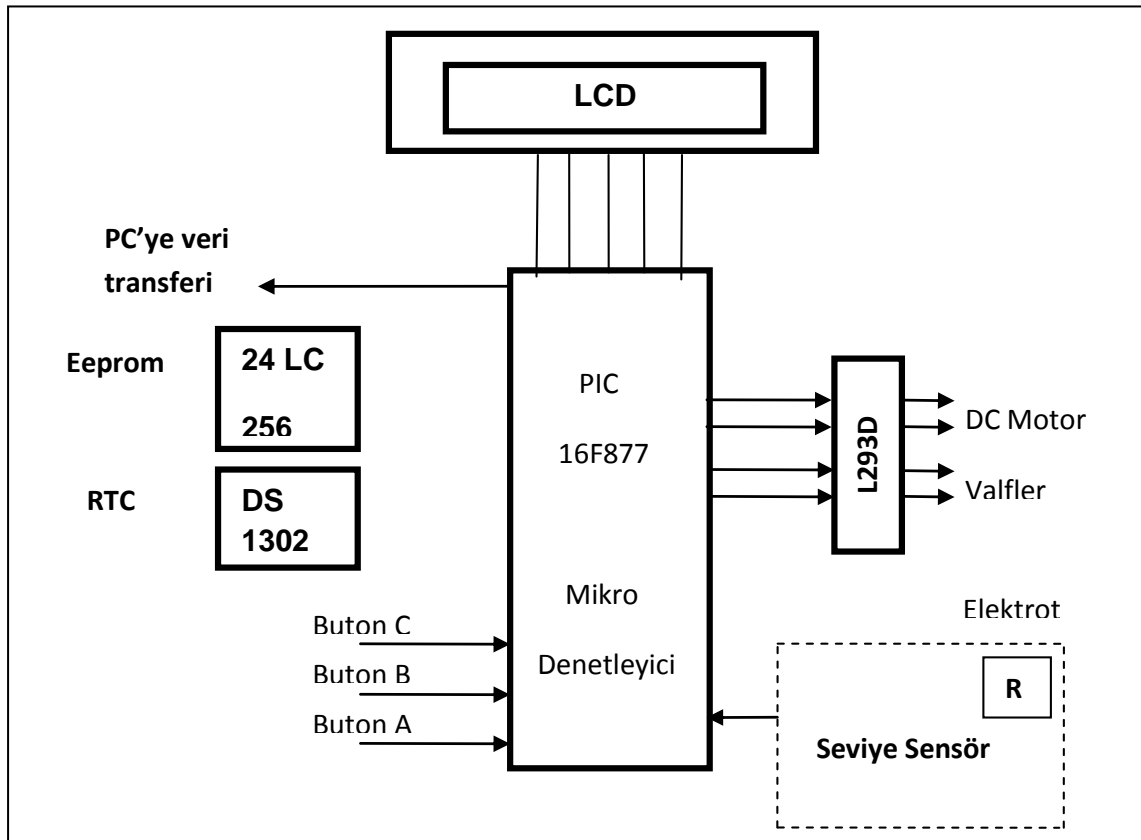
Sensörler: Sensör elektrotu olarak 2 cm uzunluğunda bakır tel kullanılmıştır. Sistemde Şekil 3.1’de de görüldüğü gibi üç farklı sensör yer almaktadır. Sistemde kullanılan sensör devresi Tony Van Roon (<http://www.sentex.net/~mec1995/circ/sensor3.htm>) tarafından tasarlanmıştır. Bu seviye sensör devresinin tercih edilmesinin temel nedeni elektrotlar üzerinde korozyona neden olmaması, ayrıca su içinde çok az çözünmüş iyon bulunması halinde bile mükemmel çalışabilmesidir. Elektrota su teması olduğunda mikro denetleyiciye sinyal gönderilmektedir. Bu sinyal sonucunda mikro denetleyici gerekli işlemleri gerçekleştirmektedir. S₁ ve S₂ sensörleri ölçüm kabı içinde biriken

yağış miktarının sabitlenmesi amacıyla kullanılmakta ve farklı yağış hızlarında da yeterli olmaktadır. S3 sensörü ise yağışın bittiği ve sensörlerin yağmur ile temas edemediği durumda ölçüm kabı içinde kalan yağmur miktarının damla olarak belirlenmesi amacıyla sisteme konulmuştur.

Ayrıca sistemde su akışının kontrolünün sağlanması amacıyla ve sistem bileşenlerinin birbirleri ile bağlantısının sağlanabilmesi için DC motor kontrollü üç yollu vana kullanılmıştır.

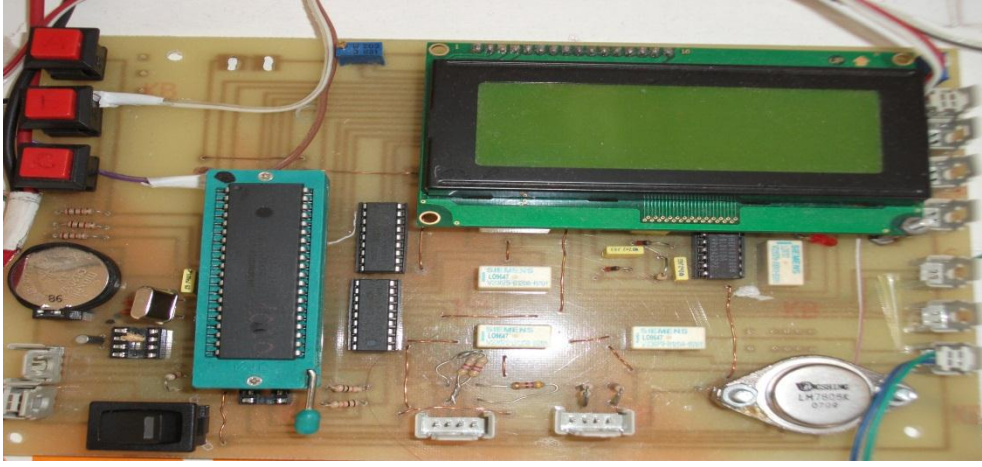
Elektronik kontrol kartı: Sistemde gerek sensör elektrotundan gelen verilerin değerlendirilmesi, vananın kontrol edilmesi gerekse verilerin depolanması ve iletiminin sağlanması amacıyla elektronik kontrol devresi kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin tüm kontrol, ölçüm ve veri iletim işlemlerinin yapılabilmesi amacıyla MicroChip firmasının üretimi olan PIC (peripheral interface controller) 16F877 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Elektronik kontrol kartın şematik görünümü Şekil 3.3'de, fotoğrafı ise Şekil 3.4'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Elektronik kontrol kartın şematik gösterimi.

Elektronik kontrol kartından veri transferi 3 yöntem ile olmaktadır. Bunlardan ikisi cihaz yanında iken gerçekleştirilmektedir. Butonlar kullanılarak kayıtlı son veriden başa doğru hafızadaki veriler LCD ekran üzerinden doğrudan okunabilmektedir. Kart üzerinde bulunan PC bağlantı noktası kullanılarak kart hafızasında bulunan tüm veriler taşınabilir bir bilgisayarın hafızasına kısa bir sürede aktarılabilir. Cihaz yanında bulunulamayacağı durumlarda veri transferi için GSM Modül kullanılmaktadır. GSM Modül yardımı ile veriler kısa mesaj, e-mail veya on-line bağlantı yardımı ile alınabilmektedir.



Şekil 3. 4 Elektronik kontrol kartın fotoğrafı

Kontrol biriminde yağışın başlaması, boşaltılması ve bitimi için sürelerin belirlenmesi amacıyla bir saat (Real Time Clocks-RTCs) entegresi yerleştirilmiştir. Bu amaçla Dallas Semiconductor firmasının ürettiği DS1302 RTC'si kullanılmıştır. Analiz sonucu elde edilen verilerin depolanabilmesi amacıyla karta, yine MicroChip firmasının ürettiği 24LC512 harici EEPROM'u konulmuştur. Ayrıca elektronik kontrol kartında 3 yollu vanayı çalıştıran DC motoru sürme amacıyla bir adet L293D sürücü entegresinden yararlanılmıştır.

3.1.2. Sistemin çalışma süreci

Otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin bütün kontrol işlemlerini yapan mikro denetleyicisini programlamak amacıyla Crownhill Associates tarafından PIC Micro denetleyicileri için geliştirilen Proton+ Basic PIC programlama derleyicisinden yararlanılmıştır. Mikro denetleyici için yazılan programın iş akış şeması Şekil 3.5'de verilmiştir.

Program başında mikro denetleyici kullanılan değişkenlerin tanımlanmasını yapar. Daha sonra ana döngüye girerek yağışın başlayıp başlamadığını ve veri alımını kontrol eder. Sistemin yağış bekleme konumunda 3 yollu vana "3" pozisyonunda çok az açık durumdadır (Şekil 3.1). Yağışın toplama kabına düşmesi sonucunda vana içinden geçen yağmur suyu damla şeklinde S₃ sensör elektrodu (Şekil 3.1) üzerine düşer. İlk damlanın S₃ sensörü üzerine düşmesi ile sensör devresinden mikro denetleyiciye sinyal gelir ve yağışın başladığı tespit edilir. Mikro denetleyici yağış sinyalinin geldiği ilk damladan hemen sonra vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını "1" pozisyonuna getirir (Şekil 3.1). Bu şekilde yağış örneği ölçüm kapları içine yönlendirilir. Yağışın başlama zamanı kontrol kartında bulunan harici EEPROM'a kaydedilir.

Yağış süresi boyunca ölçüm kabına (1) yağmur suyu dolarak sensörden (S₁) mikro denetleyiciye sinyal gönderilmesi beklenir. Yağmurun, seviye sensörü (S₁) ile temas etmesi durumunda yağışın devam ettiği anlaşılır. Yağmur suyu sensör (S₁) ile temas ettiği andaki zaman bilgileri EEPROM'a kaydedilir. Yağış devam ettiği için yağış hızı kontrolü yapılır. Yağış başladığı andaki zaman bilgileri ile sensör ile temas ettiği andaki zaman bilgileri EEPROM'da bulunmaktadır. Bu zaman bilgileri kullanılarak yağmur suyunun sensör S₁ ile temasının programda ölçüm kabı (1) dolması için tanımlanan süre içinde olup olmadığı kontrol edilir. Yağmur suyunun sensör (S₁) ile temas ettiği süre sistemde tanımlanan süreden uzun olarak belirlendiğinde yağış hızının yavaş olduğu anlaşılır. Yağış hızının yavaş olduğu durumda ölçüm kabı (2) dolması beklenmez. Mikro denetleyici yağışın yavaş olduğunun tespit edilmesinden hemen sonra vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını "2" pozisyonuna getirir (Şekil 3.1). Böylece ölçüm kabına (1) alınan yağmur suyu boşaltılır. Elde edilen veriler EEPROM'a kaydedilir. Mikro denetleyici vana motoruna enerji verir ve vananın içindeki sıvı akımını tekrar "1" yönüne çevirerek yağmur suyunun ölçüm kabına dolmasını sağlayarak ölçüm işlemine devam eder.

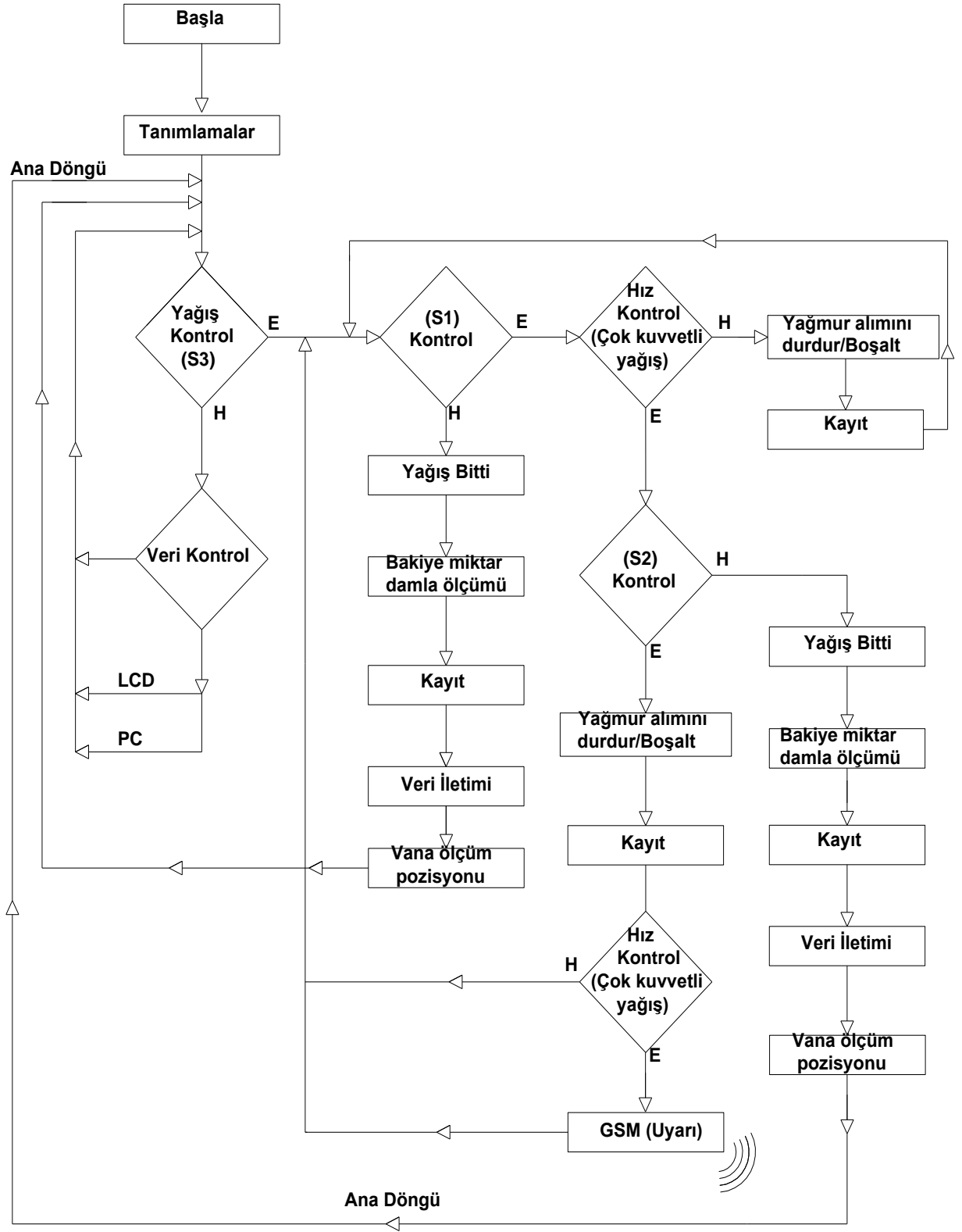
Yağmur suyu programda tanımlanmış süreden daha az zamanda (S₁) ile temas ettiği durumda ise yağışın hızlı olduğu belirlenir. Hızlı yağışlarda yağmur suyunun seviye sensörü (S₂) ile temas ederek mikro denetleyiciye sinyal gönderilmesi için beklenir.

Yağmur suyu ölçüm kabı (2) içinde yükselmeye başlar. Yağmur suyu sensör (S₂) ile temas ettiğinde yağmur alımına son verilir. Temas ettiği andaki zaman bilgileri EEPROM'a kaydedilir. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vananın içindeki sıvı akımını "2" yönüne çevirir. Ölçüm kabı boşaltılarak kayıt işlemi yapılır. Ölçüm kabı (2) boşaltıldıktan sonra yağışın hızlı olarak devam edip etmediğini belirlemek amacıyla tekrar hız kontrolü yapılır. (S₂) Sensörün yağmur suyu ile temas ettiği andaki zaman bilgileri ile (S₁) Sensörün yağmur suyu ile temas ettiği andaki zaman bilgileri karşılaştırılır. Ölçüm kabının (2) dolması için sistemde tanımlanan süre içinde seviye sensörüne (S₂) sinyal gönderildiğinde yağışın hızlı olduğu kesinlik kazanır ve veriler EEPROM'a kaydedilerek GSM modül aracılığı ile çok kuvvetli yağış uyarısı gönderilir. Ancak yağmur suyunun sensör (S₂) ile teması tanımlanan süreden daha uzun sürmüş ise çok kuvvetli yağış uyarısı yapılmadan, mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vananın içindeki sıvı akımını tekrar "1" yönüne çevirerek yağmur suyunun ölçüm kabına dolmasını sağlar ve ölçüm işlemine devam eder.

Yağmur suyunun sensör (S₁) ile temas ettikten sonra hızlı olduğu tespit edildiğinde sensör (S₂) ile temas etmesi için beklendiği yukarıda anlatılmaktadır. Sistemde tanımlanan belirli bir süre boyunca yağmur suyu sensör (S₂) ile temas etmediğinde yağışın bittiği belirlenir. Yağmur suyu sensöre (S₂) ulaşmadan yağış sona erdiği için ölçüm kaplarında kalan yağmur suyu miktarının belirlenmesi amacıyla mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vananın içindeki sıvı akımını "2" yönünde çok az açık olarak ayarlar ve kalan miktarın "S₃" sensör yardımıyla damla sayısı tespit edilir. Ölçüm kaplarındaki yağmur suyunun damla olarak ölçümü yapıldıktan sonra elde edilen veriler harici EEPROM'a kaydedilir ve veri iletimi sağlanır. Yağış bittiği için mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımının tekrar "3" yönünde çok az açık olan ölçüm pozisyonuna getirir ve ana döngüye geri döner.

Mikro denetleyici yağış sinyalinin geldiği ilk damladan hemen sonra vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını "1" pozisyonuna (Şekil 3.1) getirdiğinden ve bu şekilde yağış örneği ölçüm kapları içine yönlendirildiğinden ölçüm sürecinin başında bahsedilmektedir. Yağış süresi boyunca ölçüm kabına (1) yağmur dolarak sensörden (S₁) mikro denetleyiciye sinyal gönderilmesi beklenir.

Ancak yağış başladıktan sonra sistemde tanımlı olan belirli bir sürede sensörden (S1) mikro denetleyiciye sinyal gitmediği taktirde yağışın bittiği tespit edilir. Bu durumda ölçüm kabında (1) kalan yağmur suyu miktarının tespit edilmesi amacıyla damla ölçüm yapılır. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vananın içindeki sıvı akımını 2 konumunda çok az açarak kalan miktarın S3 sensör yardımıyla damla sayısı tespit edilir. Elde edilen veriler zaman bilgisi ile birlikte harici EEPROM'a kaydedilir ve iletilir. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımının tekrar "3" yönünde çok az açık olan ölçüm pozisyonuna getirir ve ana döngüye geri dönlür.

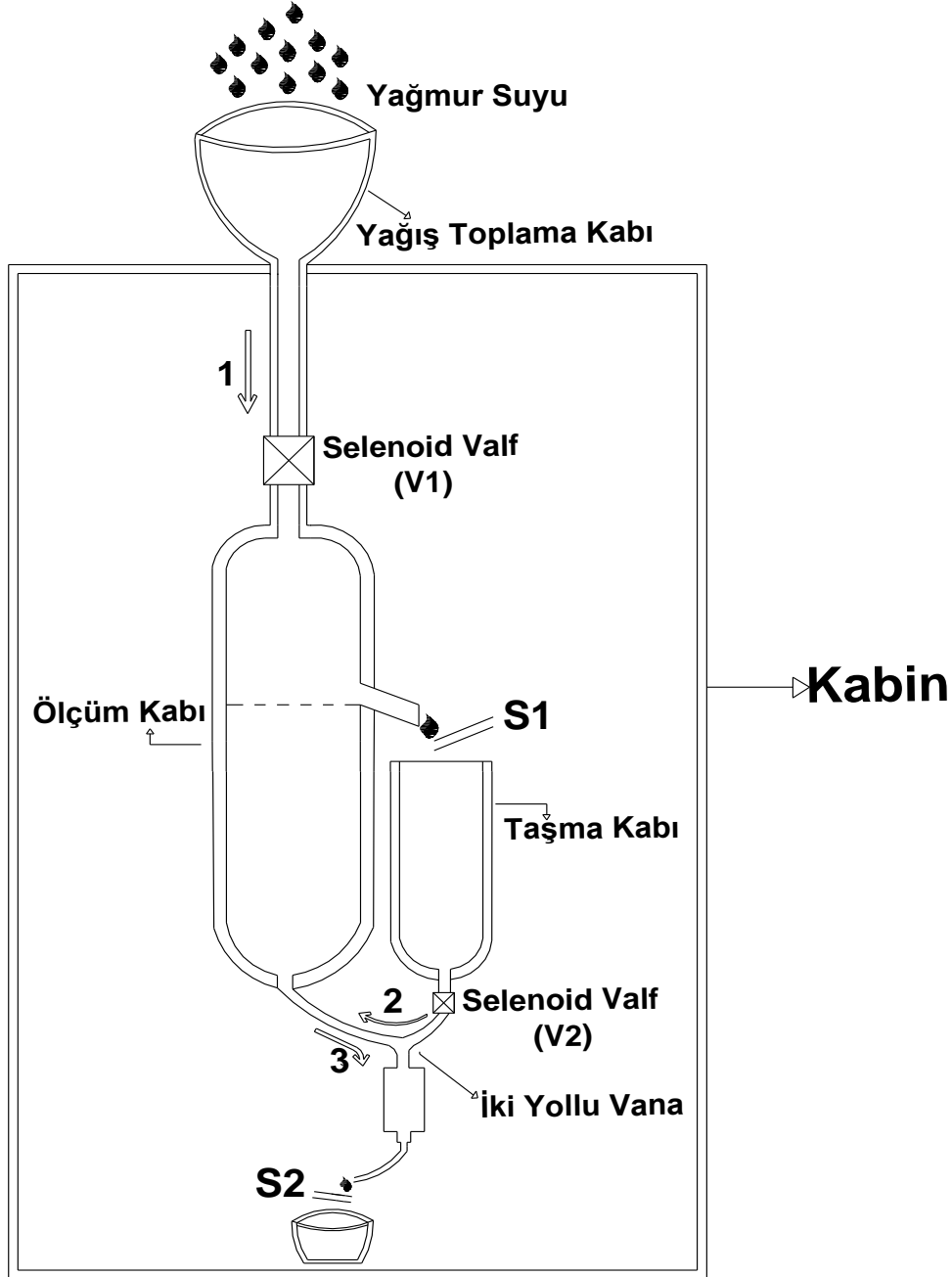


Şekil 3. 5 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi için yazılan programın iş akış şeması

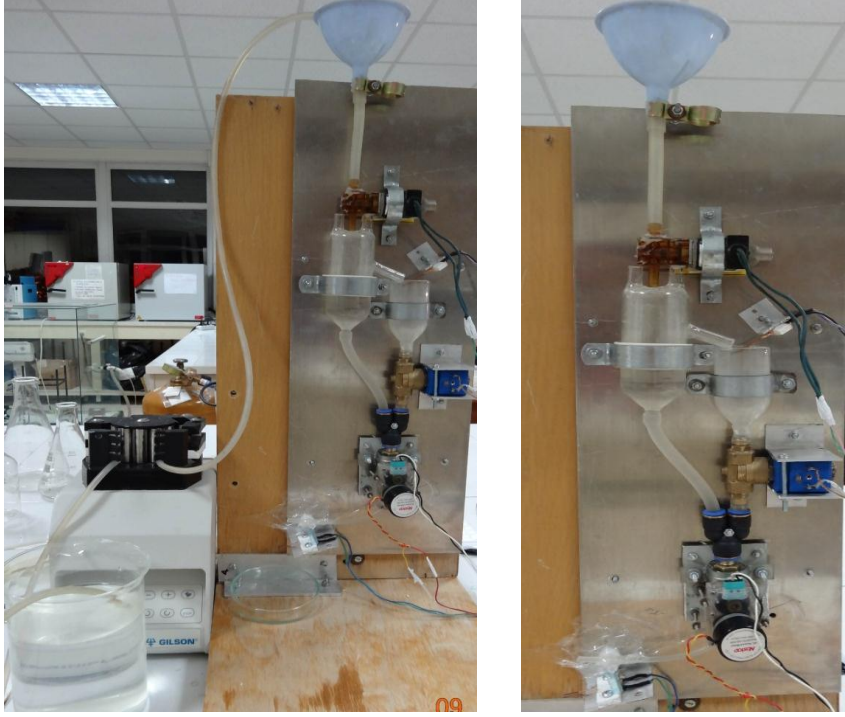
3.2. Taşma Kontrollü Otomatik Yağış Miktarı Ölçüm Sistemi

Tez kapsamında yağış miktarı ölçümü amacıyla geliştirilen ikinci sistem taşma kontrollü düzenektir.

Bu düzenek kullanılarak geliştirilen otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin şematik gösterimi Şekil 3.6'da fotoğrafı ise Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3. 6 Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin şematik gösterimi (S1: Seviye tespit sensör elektrotu, S2: Damla sensör elektrotu)



Şekil 3.7 Taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi

3.2.1. Sistem bileşenleri

Tez aşamasında geliştirilen taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin temel bileşenleri yağış toplama kabı, ölçüm kabı, sensörler, elektronik kontrol kartı, 2 yollu vana, valfler ve DC motordan oluşmaktadır. Sistem bileşenleri aşağıda açıklanmaktadır.

Ölçüm kabı: Bu sistemde kullanılan ölçüm kabının hacmi 80 ml olarak belirlenmiştir.

Taşma kabı: Sisteme ölçüm kabında toplanan yağmur miktarının sabitlenmesinin sağlanması ve bu sırada taşan yağmur miktarının kaybedilmemesi amacıyla taşma kabı konulmuştur. Taşma kabı yağmur suyu ile dolduğunda kaptaki yağmur suyu örneği ölçüm kabına boşaltılarak meydana gelecek kayıp önlenmiştir.

Vana ve valfler: Taşma kontrollü yağış miktarı ölçüm sisteminde sıvı alışı kontrol etmek amacıyla DC motor kontrollü iki yollu vana ile iki adet selenoid valf kullanılmıştır. Selenoid valflerden ilki (V₁) normalde açık, ikincisi (V₂) ise normalde kapalıdır.

Sensörler: Sistemde Şekil 3.6’de de görüldüğü gibi iki farklı sensör kullanılmıştır. Kullanılan sensör devresi ve özellikleri ilk oluşturulan düzeneğin sistem bileşenlerinde detaylı olarak açıklanmıştır. S₁ sensörü ölçüm kabında biriken yağmur miktarının taşmaya başladığının tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. S₂ sensör ise yağışın bittiği ve taşma kabı üzerinde yer alan S₁ sensörünün yağmur ile temas edemediği durumda sistemde kalan yağmur miktarının damla olarak belirlenmesi amacıyla sisteme yerleştirilmiştir.

Sistemde, sensör elektrotundan gelen verilerin değerlendirilmesi, vanaların, valflerin kontrol edilmesi, verilerin depolanması ve iletiminin sağlanması amacıyla ilk sistemde kullanılan elektronik kontrol devresinden yararlanılmıştır.

3.2.2. Sistemin çalışma süreci

Otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin bütün kontrol işlemlerini yapan mikro denetleyicisini programlamak amacıyla Crownhill Associates tarafından PIC Micro denetleyicileri için geliştirilen Proton+ Basic PIC programlama derleyicisinden yararlanılmıştır. Mikro denetleyici için yazılan programın iş akış şeması Şekil 3.8’ da verilmiştir.

Program başında mikro denetleyici kullanılan değişkenlerin tanımlanmasını yapar. Daha sonra ana döngüye girerek yağışın başlayıp başlamadığını ve veri alımını kontrol eder. Yağışın başlaması ile yağış toplama kabı yüzey alanına düşen yağmur suyu örneği normalde açık pozisyonda olan “V₁” valfini ve ölçüm kabını geçerek “3” akım yönünde vana içinden sensör (S₂) elektrotları üzerine damla şeklinde düşer (Şekil 3.6). İlk damlanın düşmesi ile birlikte mikro denetleyiciye sinyal gider. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vanayı kapatır. Yağış başlama zamanı harici EEPROM’a kaydedilir ve ölçüm işlemine devam edilir.

Yağışın başlaması ile birlikte toplama kabında biriken yağmur suyu “1” akımı yönünde ölçüm kabına dolmaya başlar. Yağmur suyunun ölçüm kabına dolarak taşma kabı üzerinde yer alan sensör (S₁) ile temas etmesi beklenir. Sensöre (S₁) yağmur geldikten sonra mikro denetleyiciye sinyal gider ve valf (V₁) kapatılarak yağmur alımı durdurulur. Yağmur alımı durdurulduktan sonra mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını “3” yönüne getirir. Ölçüm kabı boşaltılır. Veriler ve zaman bilgisi EEPROM’a kaydedilir. Daha sonra yağış

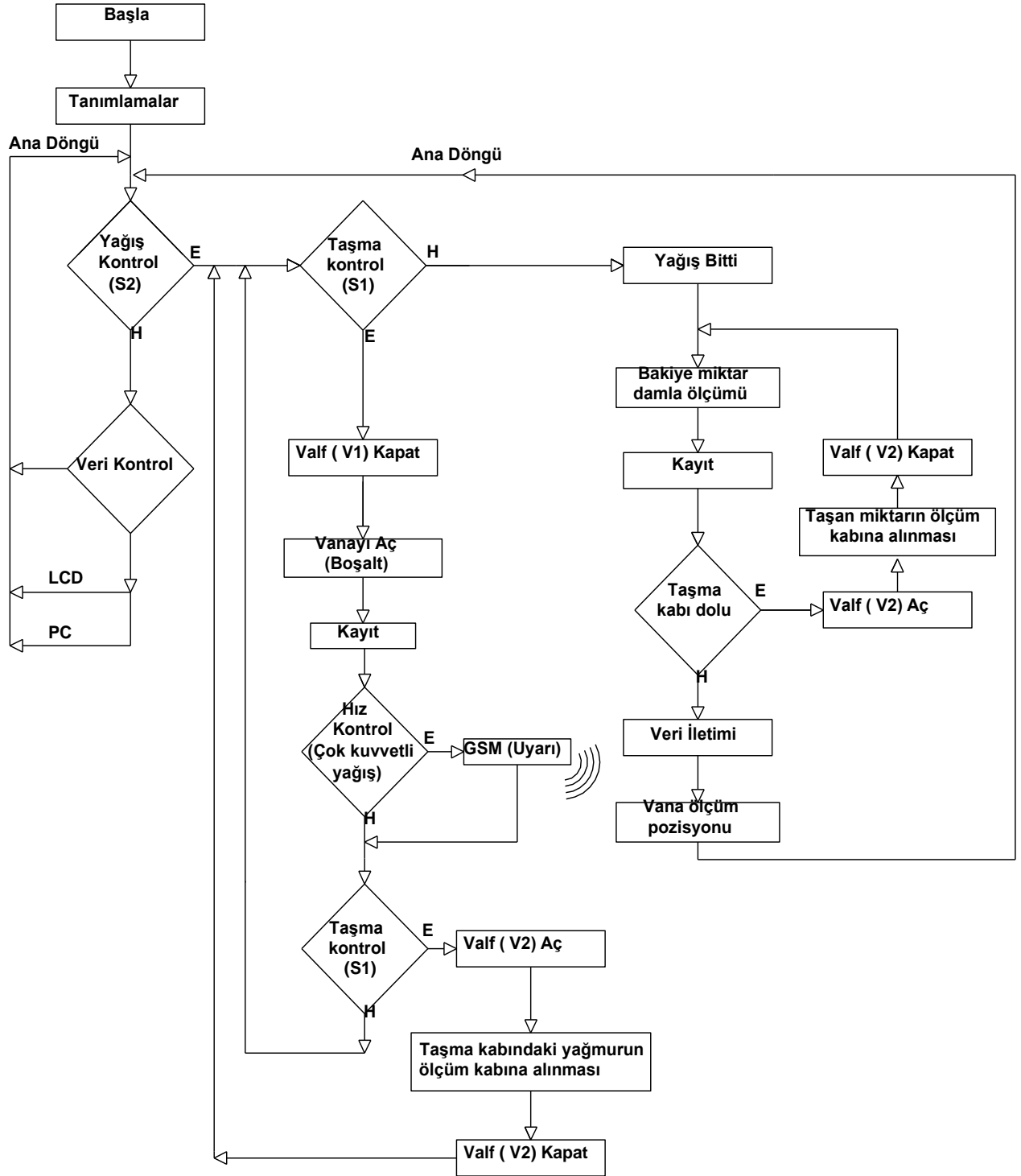
hızının belirlenmesi amacıyla hız tespiti yapılır. Yağış başladığı zaman ve yağmur suyunun sensöre (S₁) ulaştığı zaman bilgileri EEPROM'da kayıtlı bulunmaktadır. Bu zaman bilgileri kullanılarak, ölçüm kabının dolması için geçen sürenin, sistemde tanımlı bulunan süre içinde olup olmadığı kontrol edilir. Eğer ölçüm kabı sistemde kendisi için tanımlanan sürede dolmuşsa yağışın çok kuvvetli olduğuna karar verilerek GSM modül aracılığı ile çok kuvvetli yağış uyarısı gönderilir. Fakat ölçüm kabı daha geç sürede dolmuşsa yağışın herhangi bir tehlike yaratmayacağı düşünülerek uyarı gönderilmez.

Taşma kabı üzerinde bulunan sensör (S₁), ölçüm kabı boşaltıldıktan sonra tekrar kontrol edilir mikro denetleyiciye sinyal gönderilmeye devam ediyorsa taşma kabının dolduğu anlaşılır. Mikro denetleyici sinyali tekrar aldığı anda sistemde bulunan vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını "2" yönüne getirerek valfi (2) açar. (Şekil 3.6). Böylece taşma kabı içinde biriken yağmur suyu ölçüm kabına aktarılır. Yağmur suyu ölçüm kabına alındıktan sonra mikro denetleyici valfi (2) kapatarak ölçüm işlemine devam eder. Eğer ölçüm kabı boşaltıldıktan sonra sensörden (S₁) mikro denetleyiciye sinyal gönderilmiyorsa taşma kabının dolmadığı tespit edilir. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vanayı kapatır ve valfi (V1) açarak ölçüm işlemine devam eder.

Yağışın başlaması ile birlikte toplama kabında biriken yağmur suyunun ölçüm kabına dolmaya başladığı ve yağmur suyunun ölçüm kabına dolarak taşma kabı üzerinde yer alan sensör (S₁) ile temas etmesinin beklendiği konunun başında anlatılmaktadır. Sistemde tanımlı olan süre boyunca yağmur suyu sensöre (S₁) ulaşamazsa mikro denetleyiciye sinyal gitmez ve yağışın bittiği tespit edilir. Yağış bittiğinde ölçüm kabında kalan yağmur suyu miktarının tespit edilmesi amacıyla damla ölçüm yapılır. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını "3" pozisyonunda çok az açar ve sensör (S₂) yardımıyla ölçüm kabında kalan yağmur suyu miktarı damla olarak hesaplanır. Elde edilen veriler ve zaman bilgisi EEPROM'a kaydedilir.

Ölçüm kabı boşaltıldıktan sonra taşma kabında yağmur suyu olup olmadığı kontrol edilir. Mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını "2" yönüne getirir ve valfi (2) açarak taşma kabında yağmur suyu birikmiş ise ölçüm kabına alınmasını sağlar. Taşma kabında kalan yağmur suyu ölçüm kabına

alındıktan sonra mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vana içindeki sıvı akımını tekrar "3" pozisyonunda çok az açar ve sensör (S2) yardımıyla kalan miktar için damla ölçüm yapılır. Elde edilen veriler ve zaman bilgisi EEPROM'a kaydedilir. Verilerin iletimi yapılır. Yağış bittiği için valf (1) açık vana "3" pozisyonunda çok az açık kalarak ana döngüye geri dönülür.



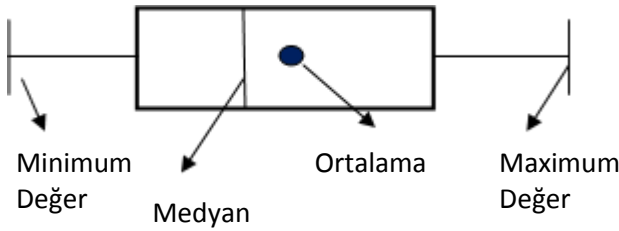
Şekil 3.8 Taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi için yazılan programın iş akış şeması

4. TEST ÇALIŞMALARINI VE SONUÇLAR

Tez kapsamında gerçekleştirilen 2 farklı otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi için test çalışmaları yapılmış, bu çalışmaların sonuçları ve istatistiksel değerlendirmelerinde aşağıda belirtilen istatistiksel kavramlar kullanılmıştır.

Ortalama değer, ortanca değer, mod, geometrik ortalama, standart sapma, standart hata, standart eğrilik (skewness), standart diklik (standart kurtosis), aralık (range), minimum ve maksimum değerler, var ise aykırı değer (outlier) belirlenmiş, normal dağılım testleri uygulanmış ve ölçüm belirsizliği hesaplanmıştır.

Outlier tespit edilmesi amacıyla Box and Whisker grafiği oluşturulmuştur. Box and Whisker grafiği genellikle çeşitli ölçümlerden elde edilen verilerin dağılımının veya yayılımının özetlenmesinde kullanılmaktadır. Grafik özünde ortalamayı, verilerin yayılımını (çeyrek dilimleri) ve aralığı göstermektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1 Box and Whisker grafiğinin şematik görünümü.

Eğrilik (skewness), bir dağılımın onun kendi ortalaması etrafındaki asimetriklik derecesini karakterize eder. Skewness, dağılımın simetriden sapması hakkında fikir verir. Skewness ve kurtosis değerleri dağılımın durumu hakkında bilgi vermektedir. Normal dağılım için eğrilik değeri 0'a eşittir. Normal dağılım simetriktir.

Diklik (kurtosis), normal dağılım ile mukayese edilen bir dağılımın nispi diklik ve yassılığını karakterize eder. Pozitif diklik sivri bir şekilde pik bir dağılıma sahiptir. Negatif diklik ise yayvan bir şekilde yassı bir dağılıma sahiptir. Normal dağılım için kurtosis değeri 3'e eşittir. Kurtosis değeri 3'ten önemli bir şekilde büyük ise dağılımın merkezinde daha yüksek pik yapma eğilimindedir ve leptokurtic olarak

tanımlanır, kurtosis değeri önemli bir şekilde 3'ten küçük ise bunların yaptığı pik bakımından ise normalden daha yayvan olma eğilimindedir ve bu dağılımlar platykurtic olarak tanımlanır.

Ölçüm sonuçlarına normal dağılım testleri uygulanarak, dağılım hakkında bilgi sağlanmıştır. Bunun için, normal dağılımın olup olmadığını belirleyen istatistiksel testlerden yararlanılmıştır.

Ki-Kare testinin uygulanmasının kolay ve pratik olması nedeniyle, araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada yer alması uygun görülmüştür. Ki-Kare testi ilk kez Pearson (1900) tarafından ortaya atılmış, en eski ve en bilinen uygunluk testidir. Bu test gözlem ve beklenen veri frekansları arasındaki farkları temel alır.

Ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucu ile birlikte verilen ve ölçüm değerlerinin dağılımını gösteren bir özelliktir. Ölçüm belirsizliği= $x \pm t \cdot SEM$ (standart error of mean) şeklinde hesaplanır. Eşitlikteki t değeri % 95 güven aralığına göre istatistik tablosundan belirlenir. x ortalama değerdir. $SEM = S/n^{1/2}$ (n: örneklem sayısı, S: standart sapma).

Shapiro-Wilk, test gözlenen değerler veya hatalarla bunlara karşılık gelen normal dağılım değerleri arasında korelasyon olup olmadığı araştırır. İlk olarak Shapiro ve Wilk (1965) tarafından önerilen bu test, örneğe ait sıra istatistiklerinin uygun bir lineer bileşenin karesinin, kareler toplamına bölümüyle elde edilir (Karaca, 2011).

Tez çalışmalarındaki tüm ölçüm sonuçlarının istatistik hesaplamaları ve değerlendirmeleri için Statgraphics Centurion XV (statgraphics centurion data analysis and statistical software) programı kullanılmıştır.

Tez çalışması süresince yapılan çalışmalara ait veriler ve istatistiksel değerlendirmeler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

4.1 Seviye Sensör Kontrollü Sistem ile Yapılan Test Çalışmaları

Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi ile ölçüm kaplarında biriken yağış miktarının tespit edilmesi amacıyla testler yapılmıştır. Test için yapay yağış oluşturularak toplama kabına su doldurulmuştur. Sistem doldurulan suyu ölçüm kabına almaya başlamış ve sensör elektrotlarının su yüzeyine teması ile yağmur alımı durdurulmuştur. Yağmur alımı durduktan sonra sistem ölçüm kabını boşaltmaya geçmiş ve boşaltılan su miktarı behere alınarak tartım işlemi gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Seviye sensör kontrollü sistemde büyük ve küçük hacimli ölçüm kapları ile yapılan test çalışmalarının sonuçları

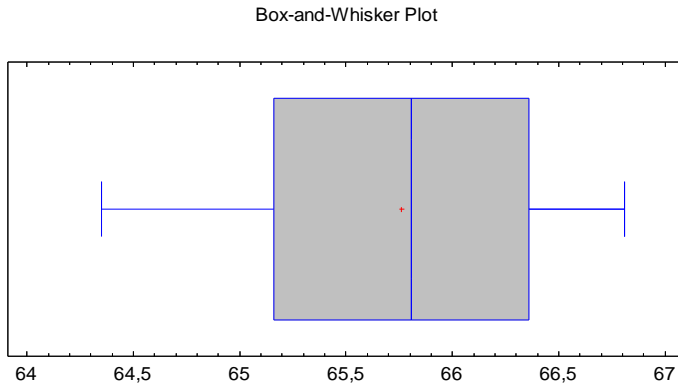
Seviye sensör kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminde hacimleri büyük ve küçük olan iki adet ölçüm kabı bulunmaktadır. Ölçüm kaplarında biriken yağış miktarının tespit edilmesi amacıyla testler yapılmıştır. Ölçüm kaplarında toplanan yağış miktarının sabit bir değerde olması istenmektedir. Bu nedenle yapay yağış oluşturularak aynı işlem 20 kez tekrarlanmış ve alınan miktarlar tartılarak kaydedilmiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1. Seviye sensör kontrollü sistemde büyük ve küçük hacimli ölçüm kaplarının ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları

	50 ml	250 ml
Ölçüm Sayısı	20	20
Ortalama	65,76	372,47
Ortanca Değer	65,80	372,51
Geometrik Ortalama	65,75	372,47
Standart Sapma	0,749107	0,627975
Varyasyon Katsayısı %	1,14%	0,17%
Standart Hata	0,167505	0,140419
Minimum	64,35	371,2
Maximum	66,81	374,06
Aralık	2,46	2,86

4.1.1.1. Küçük hacimli ölçüm kabı ile yapılan deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

İlk geliştirilen otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminde küçük hacimli ölçüm kabında toplanan yağış miktarının belirlenmesi amacıyla 20 kez ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.2).



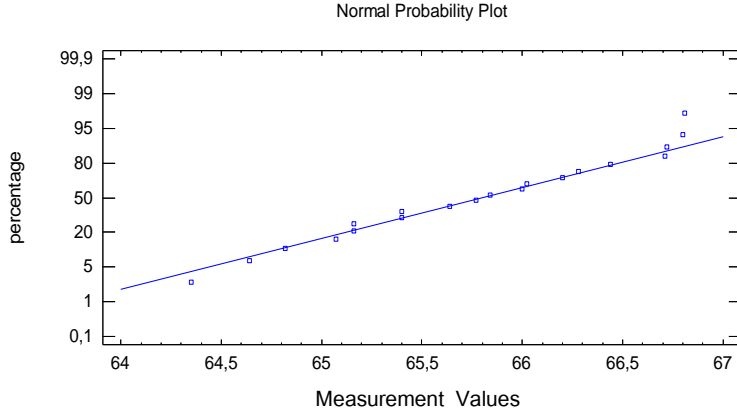
Şekil 4. 2 Küçük hacimli kabın Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.2). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,243525 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4. 2 Küçük hacimli kap için normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	9,9	0,44931
Shapiro-Wilk W	0,955608	0,469084
Skewness Z-score	0,273912	0,784148
Kurtosis Z-score	-1,16622	0,243525

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.3).

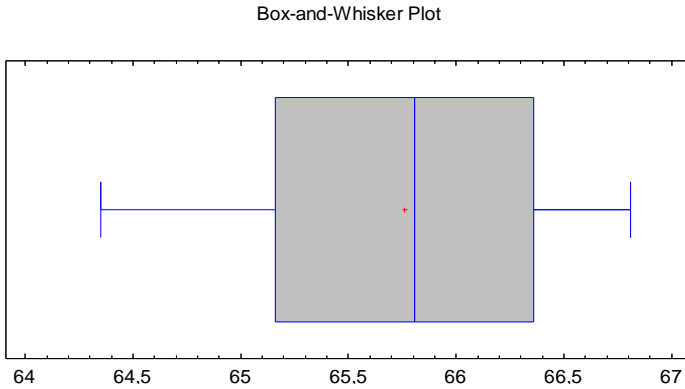


Şekil 4.3 Küçük hacimli kap için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $65,76 \pm 0,35$ olarak hesaplanmıştır.

4.1.1.2. Büyük hacimli ölçüm kabı ile yapılan deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

Hacmi büyük ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının belirlenmesi amacıyla 20 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.4).



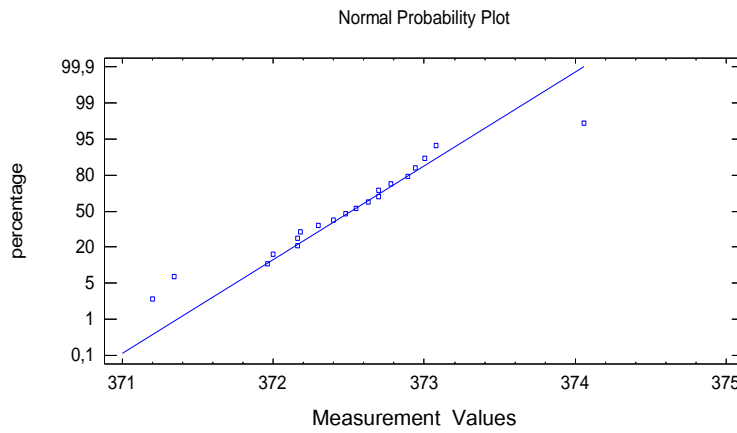
Şekil 4.4 Büyük hacimli kabın Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge4.3). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,133375 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4. 3 Büyük hacimli kap için normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	7,3	0,696852
Shapiro-Wilk W	0,954305	0,446872
Skewness Z-score	0,239149	0,810986
Kurtosis Z-score	1,50092	0,133375

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Büyük hacimli kap için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $372,47 \pm 0,29$ olarak hesaplanmıştır.

4.1.2. Seviye sensör kontrollü sistemde ölçüm kabında kalan yağış miktarlarının damla ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

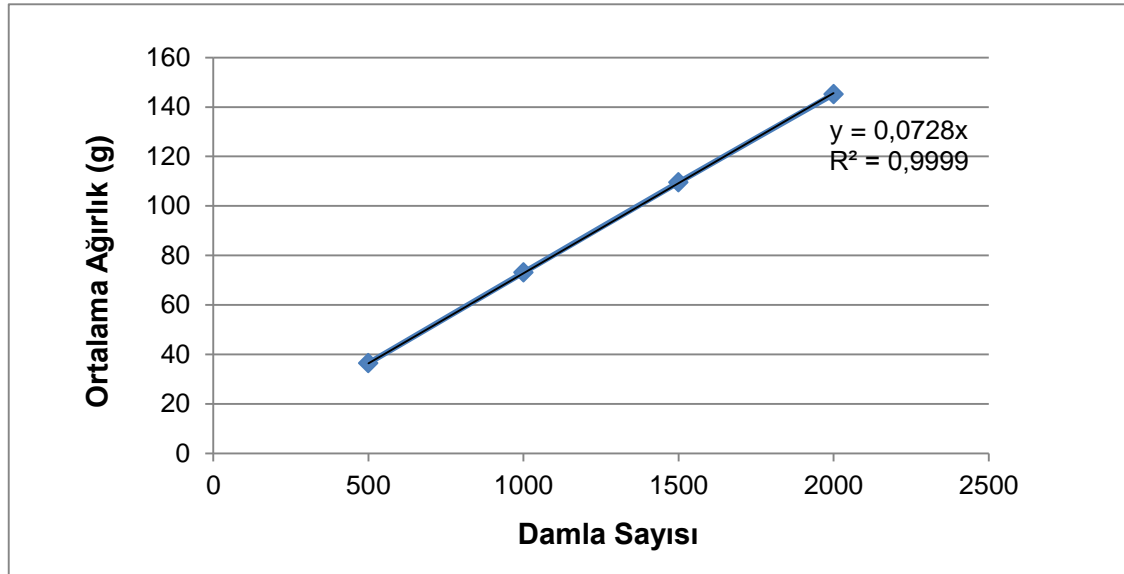
Seviye sensör kontrollü sistem ile yağış durduğunda ve sensörlerin devreye girmesine yetecek miktarda yağış düşmediğinde ölçüm kabında kalan yağış miktarının belirlenmesi amacıyla damla sensörlü düzenek geliştirilmiştir. Damla sensör yardımıyla kaptaki kalan yağış miktarı damla damla alınarak kalan miktarın kaç damlaya karşılık geldiği belirlenmiştir. 500 damla 1000 damla 1500 damla ve 2000 damla için geliştirilen otomatik sistem denenmiş ve bir damlanın ortalama

ağırlığı hesaplanmıştır. Çizelge 4.4'de ölçüm sonuçlarından elde edilen veriler gösterilmiştir.

Çizelge 4. 4 Seviye sensör kontrollü sistemde damla ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

	500 Damla	1000 Damla	1500 Damla	2000 Damla
Ölçüm Sayısı	10	10	10	10
Ortalama	36,47	73,10	109,53	145,18
Ortanca Değer	36,39	73,28	109,49	145,16
Mod		73,32		145
Geometrik Ortalama	36,47	73,10	109,52	145,18
Standart Sapma	0,243815	0,597682	0,606612	0,203702
Varyasyon Katsayısı %	0,67	0,82%	0,55%	0,14%
Standart Hata	0,0771009	0,189004	0,191827	0,0644162
Minimum	36,26	72	108,64	145
Maximum	37,04	73,9	110,52	145,68
Aralık	0,78	1,9	1,88	0,68
1 Damlanın Ağırlığı	0,0729	0,0731	0,0730	0,0725

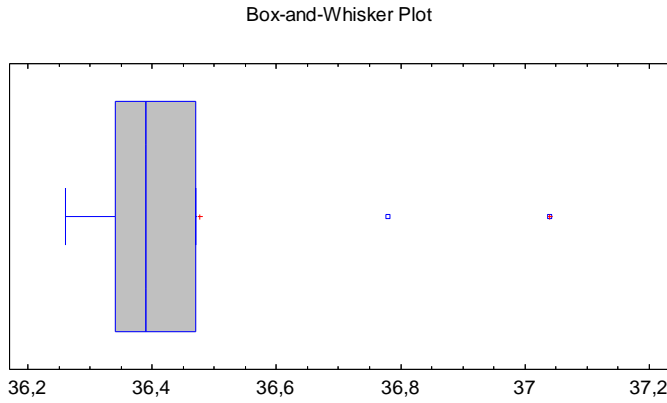
Çizelge 4.4'de verilen damla miktarlar ve ağırlık değerlerinin ortalamalarından oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 4.6'da görülmektedir.



Şekil 4. 6 Seviye sensör kontrollü sistemde damla ölçüm sonuçları ile elde edilen kalibrasyon grafiği

4.1.2.1. 500 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Yağış sona erdiğinde kapta kalan miktarın 500 damla olduğu düşünülerek 500 damlanın ne kadarlık miktara karşılık geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. 500 damla için 10 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.7).



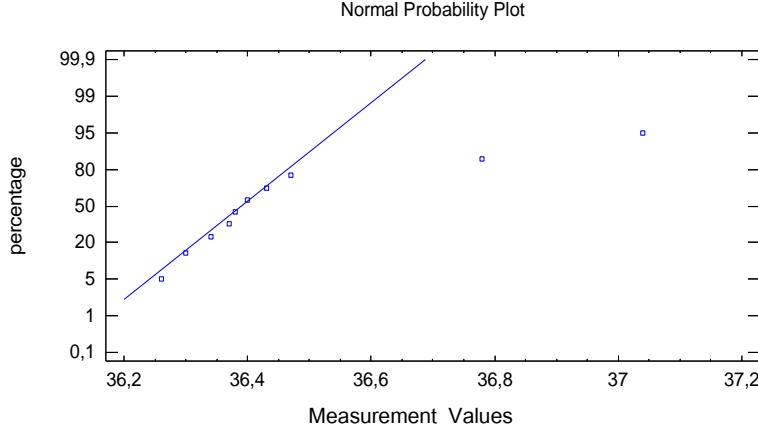
Şekil 4.7 500 damla için Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır. Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0061709 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten küçük olduğundan dağılım normal değildir.

Çizelge 4. 5 500 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	10,0	0,188573
Shapiro-Wilk W	0,767167	0,0061709
Skewness Z-score	1,76095	0,0782469

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.8).

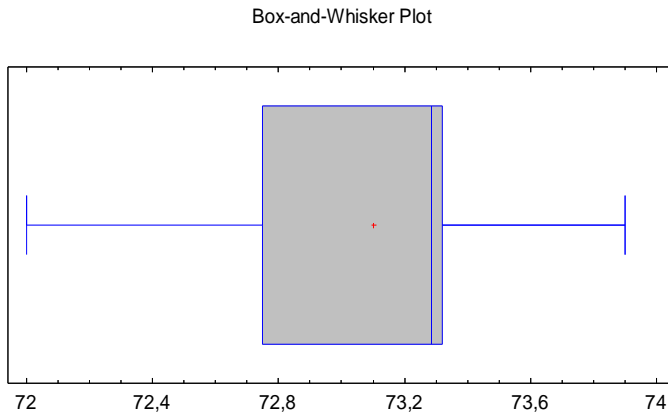


Şekil 4.8 500 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $36,47 \pm 0,17$ olarak hesaplanmıştır.

4.1.2.2. 1000 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

1000 damla için 10 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.9).



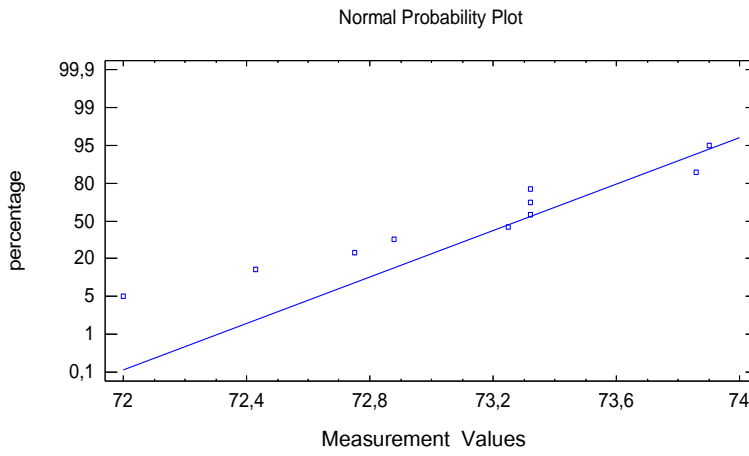
Şekil 4.9 1000 damla için Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.6). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,539749 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.6 1000 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	6,0	0,539749
Shapiro-Wilk W	0,942008	0,559106
Skewness Z-score	0,502333	0,61543

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.10).

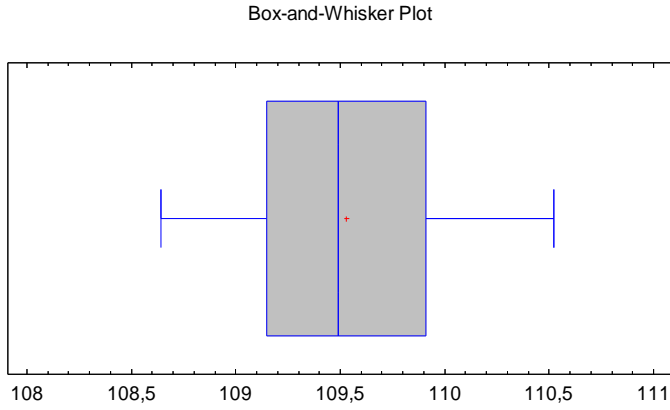


Şekil 4.10 1000 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $73,10 \pm 0,42$ olarak hesaplanmıştır.

4.1.2.3. 1500 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

1500 damla için 10 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.11).



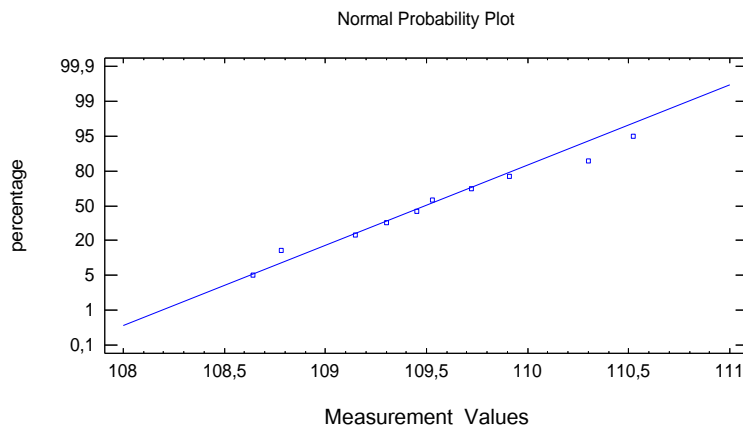
Şekil 4.11 1500 damla için Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.7). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,84526 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4. 7 1500 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	2,0	0,95984
Shapiro-Wilk W	0,976392	0,937349
Skewness Z-score	0,195164	0,84526

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.12)

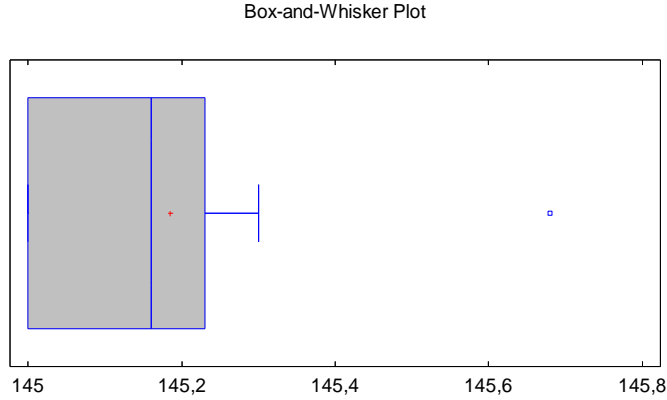


Şekil 4.12 1500 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik 109,53 +/- 0,43 olarak hesaplanmıştır.

4.1.2.4. 2000 damla için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

2000 damla için 10 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.13).



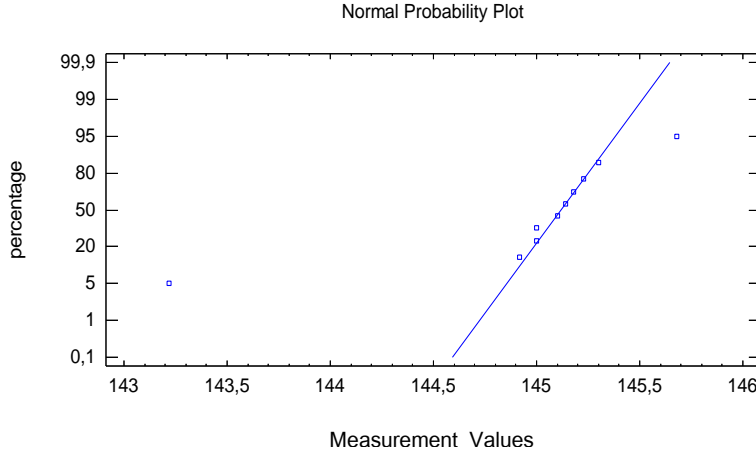
Şekil 4.13 2000 damla için Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.8). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,000497649 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten küçük olduğundan dağılım normal değildir.

Çizelge 4.8 2000 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	18,0	0,01197
Shapiro-Wilk W	0,668533	0,000497649
Skewness Z-score	2,34739	0,0189051

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 2000 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $144,97 \pm 0,46$ olarak hesaplanmıştır.

4.1.3. Seviye sensör kontrollü sistemde sabit hızlı yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

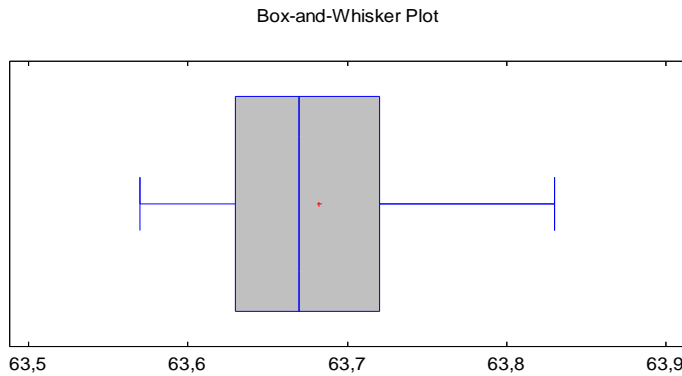
Otomatik yağış düzeneğinin test çalışmaları yapılırken yağışın sabit bir hızla meydana geldiği kabul edilerek ölçüm işlemleri yapılmıştır. Yağış hızlarının sabitlenmesi için pompa kullanılarak yapay yağış oluşumu sağlanmıştır. Test çalışmaları 100mm/h ve 300mm/h hızda meydana gelecek yağışlar için yapılmıştır. Ölçüm sonuçları çizelge 4.9'da gösterilmiş olup, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.9 100mm/h ve 300mm/h hızda meydana gelecek yağışlar için elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

İstatistik Parametreler	100 mm/h	300 mm/h
Ölçüm Sayısı	45	45
Ortalama	63,68	65,22
Ortanca Değer	63,67	65,28
Mod		65,4
Geometrik Ortalama	63,68	65,22
Standart Sapma	0,0715605	0,213906
Varyasyon Katsayısı %	0,11%	0,33%
Standart Hata	0,0106676	0,0318873
Minimum	63,57	64,76
Maximum	63,83	65,54
Aralık	0,26	0,78

4.1.3.1. Seviye sensör kontrollü sistemde 100 mm/h meydana gelen yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı 100mm/h için ayarlanarak yapay yağış oluşumu sağlanmıştır. Sabit hızda ölçme kabına toplanan yağış miktarı sensör elektrotlarının su yüzeyine teması sonucunda sabitlenmektedir. Yağmur alımı durduktan sonra ölçme kabına biriken yağış miktarı behere boşaltılarak tartılmıştır. 45 kez ölçüm yapılmış ve yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.15).



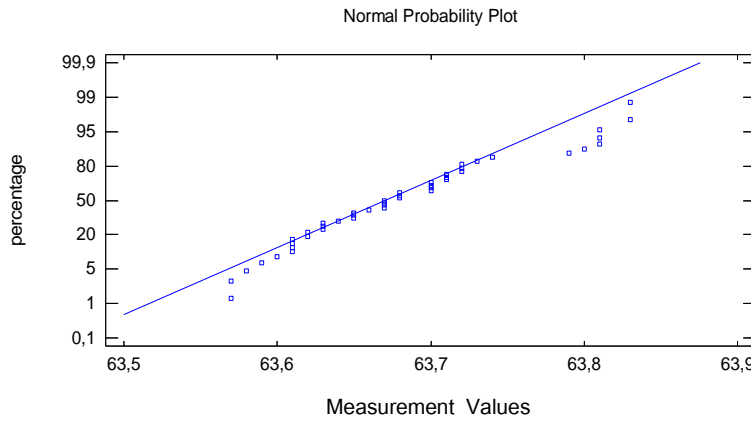
Şekil 4.15 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde de görüldüğü gibi outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.10). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0160876 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten küçük olduğundan dağılım normal değildir.

Çizelge 4.10 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	22,6	0,0930098
Shapiro-Wilk W	0,933143	0,0160876
Skewness Z-score	1,10844	0,267671
Kurtosis Z-score	-0,518944	0,603797

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.16) .



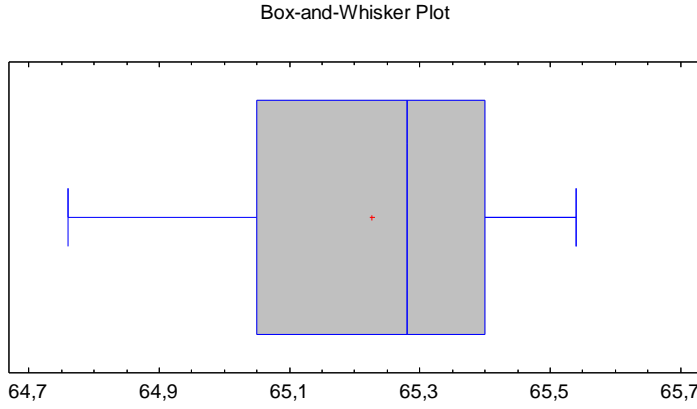
Şekil 4.16 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik 63,68 +/- 0,02 olarak hesaplanmıştır.

4.1.3.2. Seviye sensör kontrollü sistemde 300 mm/h meydana gelen yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı 300mm/h için ayarlanarak yapay yağış oluşumu sağlanmıştır. Aynı şekilde 45 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir

(Çizelge 4.9). Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.17).

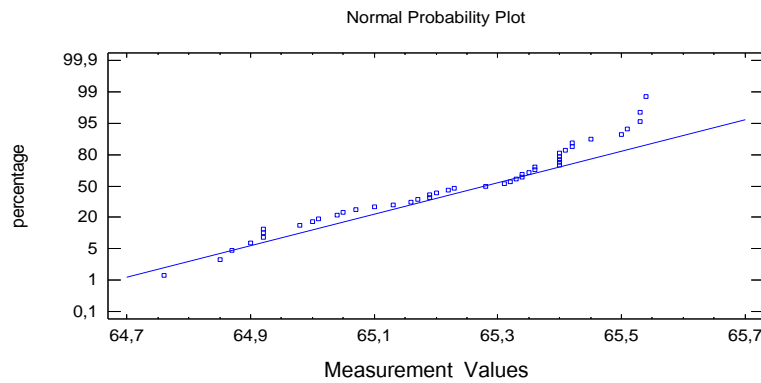


Şekil 4.17 300 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.11). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0161581 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten küçük olduğundan dağılım normal değildir.

Çizelge 4.11 300 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	26,6	0,0321695
Shapiro-Wilk W	0,933189	0,0161581
Skewness Z-score	0,875629	0,38123
Kurtosis Z-score	-1,89961	0,0574843

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 300 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik 65,22 +/- 0,06 olarak hesaplanmıştır.

4.2. Taşma Kontrollü Kap ile Yapılan Test Çalışmalarının Sonuçları

Otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminde ilk düzenekte elde edilen verilerin istenildiği gibi olmaması nedeniyle sistem değiştirilmiş ve taşma kontrollü kap kullanılarak düzenek yeniden oluşturulmuştur. Oluşturulan yeni düzenekte yağış miktarı ölçüm kabına alındıktan sonra belli bir seviyede taşma meydana gelmesi sonucu taşma kabının üst kısmında yer alan sensör elektrotlarının suyla temas etmesiyle sisteme giren yağış miktarı belirli bir noktada sabitlenmektedir. Sabitlenen yağmur suyunun boşaltılması ve tartılması ile sistemde toplanan yağış miktarı ölçülmüştür.

4.2.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak sabit hızlı yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

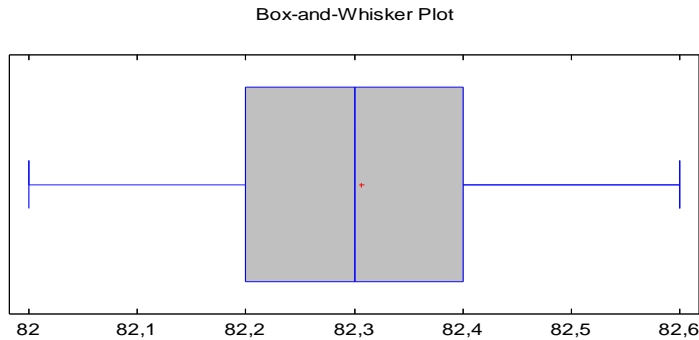
Bu sistemle farklı yağış hızlarında toplanan yağış miktarının aynı olmasının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Yağış hızları 20mm/h (orta kuvvette yağış), 50mm/h (kuvvetli yağış), 75mm/h (çok kuvvetli yağış), 100mm/h (şiddetli yağış) ve 200mm/h (aşırı yağış) olarak pompa ile ayarlanmış ve yapay yağmur oluşumu sağlanmıştır. Ölçülen yağış miktarları darası alınan behere toplanarak tek tek tartılmıştır. Yapılan test çalışmalarının sonucu istatistiksel olarak değerlendirilmiş olup çizelge 4.12'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 12 Sabit hızlı yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarları için elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

	20 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	200 mm/h
Ölçüm Sayısı	50	50	50	50	50
Ortalama	82,30	82,67	82,40	82,40	82,45
Ortanca Değer	82,3	82,65	82,38	82,37	82,46
Mod	82,3	82,53	82,45	82,23	82,3
Geometrik Ortalama	82,30	82,67	82,40	82,40	82,45
Standart Sapma	0,13343	0,208778	0,236122	0,198688	0,137963
Varyasyon Katsayısı %	0,16%	0,25%	0,29%	0,24%	0,17%
Standart Hata	0,0188699	0,0295257	0,0333927	0,0280987	0,0195109
Minimum	82	82,34	82,03	82,06	82,23
Maximum	82,6	83,28	83,23	83,02	82,78
Aralık	0,6	0,94	1,2	0,96	0,55

4.2.1.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak 20 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Hızın pompa yardımıyla ayarlandığı sistemle aynı şekilde 50 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.19).



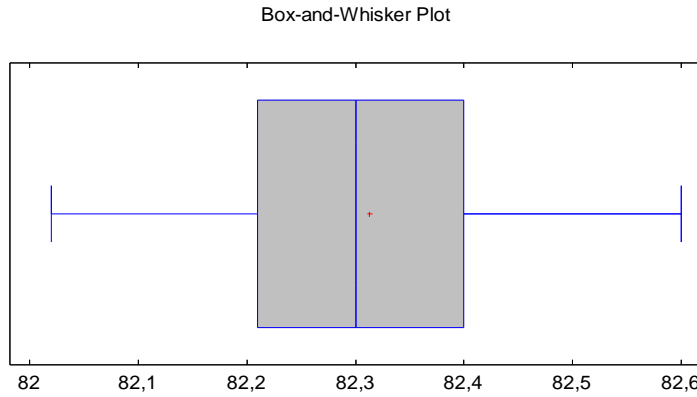
Şekil 4.19 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.13). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0347907 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten küçük olduğundan dağılım normal değildir.

Çizelge 4.13 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	26,32	0,0347907
Shapiro-Wilk W	0,978856	0,686153
Skewness Z-score	0,206181	0,836645
Kurtosis Z-score	0,050512	0,959709

Ancak Box and Whisker grafiğinde outlier görülmemektedir. Ölçüm sonuçları arasında 1 tane 82g değer outlier olarak tespit edilmiştir. Bu değer çıkartılarak kalan 49 değer için normal dağılım testleri tekrar yapılmıştır. Box and Whisker grafiği çizilmiştir (Şekil 4.20).



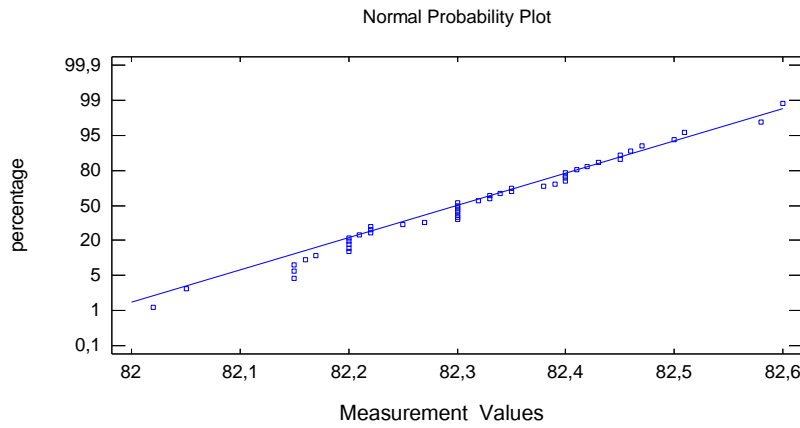
Şekil 4.20 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Normal dağılım testleri tekrar yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.14). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0633808 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.14 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	24,102	0,0633808
Shapiro-Wilk W	0,980305	0,744713
Skewness Z-score	0,0849789	0,932273
Kurtosis Z-score	-0,0913899	0,927177

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.21).

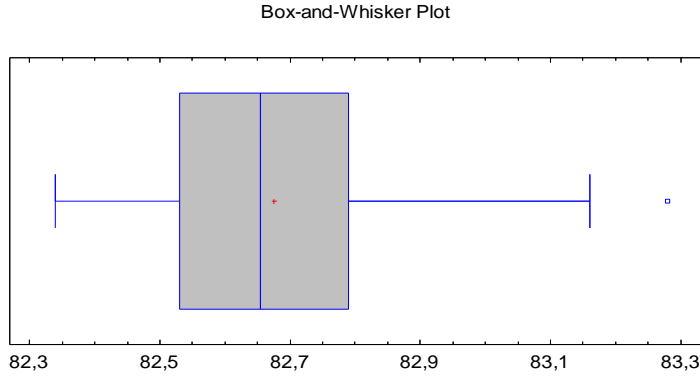


Şekil 4.21 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $82,31 \pm 0,03$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.1.2. Taşma kontrollü kap kullanılarak 50 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Hızın pompa yardımıyla ayarlandığı sistemle aynı şekilde 50 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.22).



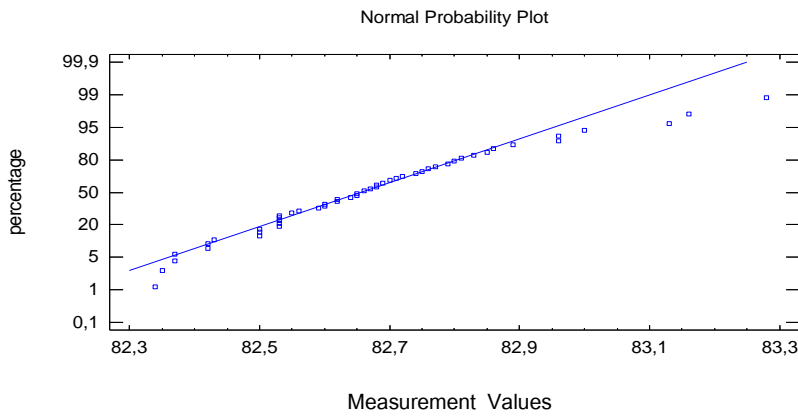
Şekil 4.22 50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğine göre outlier tespit edilmesine rağmen normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.15). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0811414 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.15 50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	11,92	0,685074
Shapiro-Wilk W	0,953301	0,0811414
Skewness Z-score	1,55963	0,118848
Kurtosis Z-score	1,12824	0,259217

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.23).

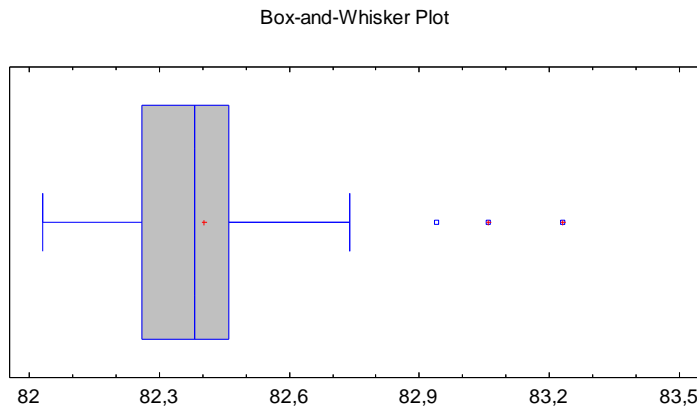


Şekil 4.23 50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $82,67 \pm 0,05$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.1.3. Taşma kontrollü kap kullanılarak 75 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Aynı şekilde 75 mm yağış için 50 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.24).



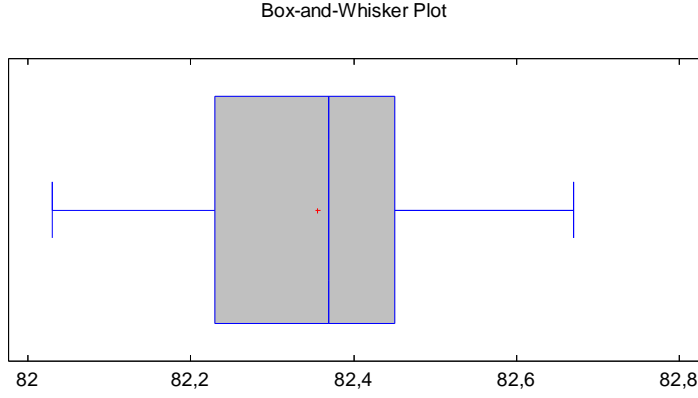
Şekil 4.24 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiği ile 3 adet outlier tespit edilmiştir.

Çizelge 4.16 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	20,56	0,151486
Shapiro-Wilk W	0,902606	0,000350458
Skewness Z-score	2,51269	0,0119815
Kurtosis Z-score	2,74245	0,00609845

Outlier oluşturan değerler çıkartılarak aynı istatistiksel testler tekrar yapılmıştır. Box and Whisker grafiği çizilmiştir (Şekil 4.25).



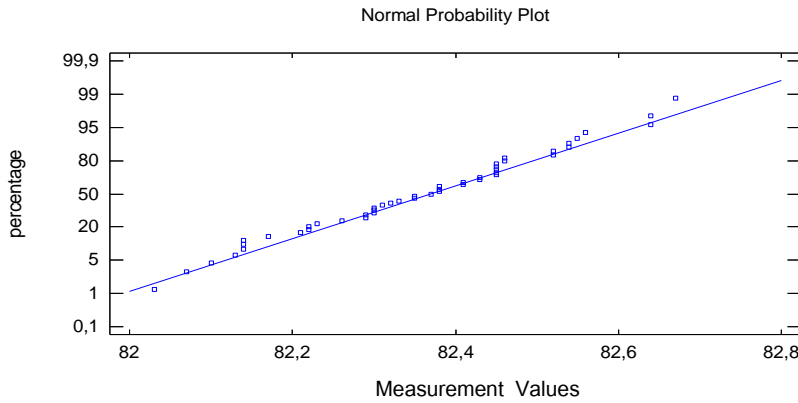
Şekil 4.25 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Çizelge 4.17 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	23,0851	0,0823495
Shapiro-Wilk W	0,974453	0,547192
Skewness Z-score	0,183098	0,854717
Kurtosis Z-score	-0,87673	0,380631

Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.17). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0823495 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $82,35 \pm 0,04$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.1.4. Taşma kontrollü kap kullanılarak 100 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

100 mm yağış için 50 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.12'de verilmiştir. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.27).



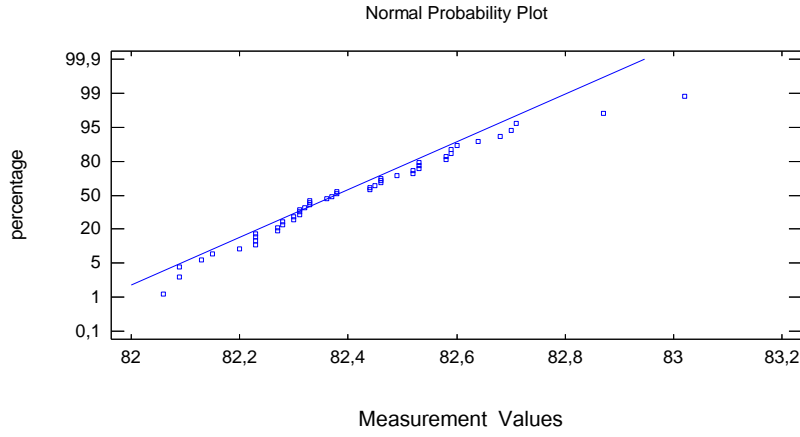
Şekil 4.27 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.18). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,151486 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.18 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	20,56	0,151486
Shapiro-Wilk W	0,963435	0,215161
Skewness Z-score	1,40813	0,159092
Kurtosis Z-score	1,21785	0,22328

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.28).

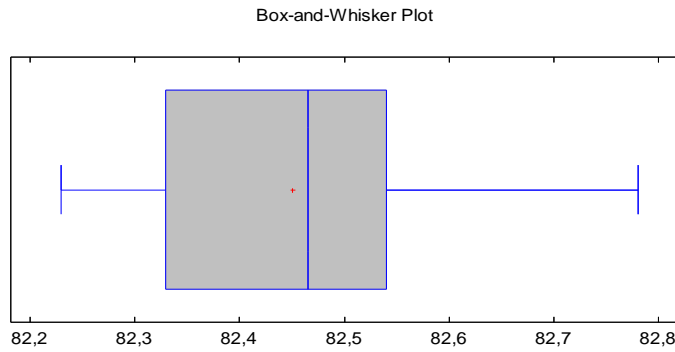


Şekil 4.28 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $82,40 \pm 0,05$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.1.5. Taşma kontrollü kap kullanılarak 200 mm/h yağışta ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının istatistiksel değerlendirmeleri

200 mm yağış için 50 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.29).



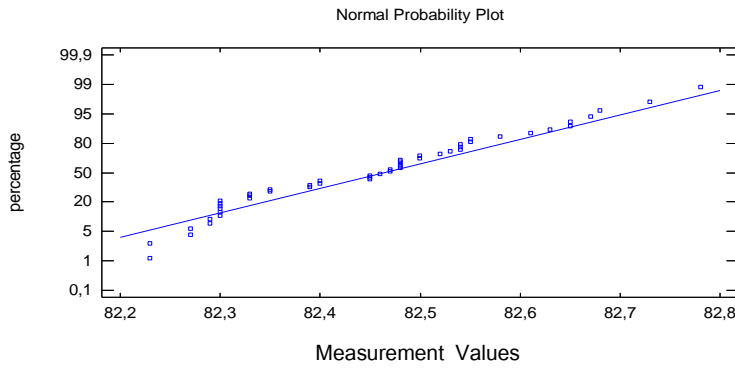
Şekil 4.29 200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.19). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,0660061 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.19 200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	20,56	0,151486
Shapiro-Wilk W	0,951267	0,0660061
Skewness Z-score	0,740904	0,458749
Kurtosis Z-score	-1,03262	0,301779

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.30).



Şekil 4.30 200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $82,45 \pm 0,03$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.2. Taşma kontrollü kap kullanılarak sabit hızda toplanan yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri

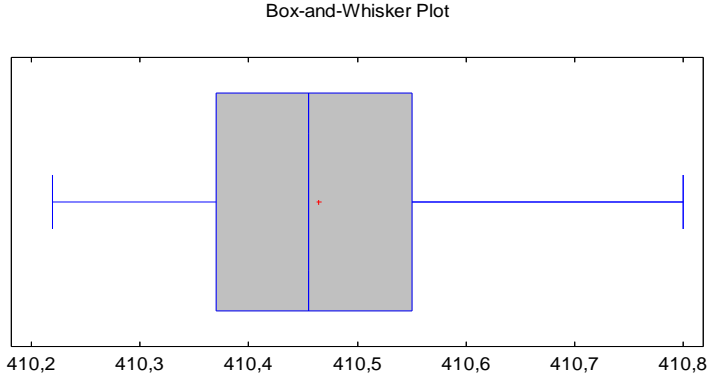
Yağış hızları 20mm (orta kuvvette yağış), 50mm (kuvvetli yağış), 75mm (çok kuvvetli yağış), 100mm (şiddetli yağış) ve 200mm (aşırı yağış) olarak pompa ile ayarlanmış ve yapay yağış oluşumu sağlanarak ölçüm kabında biriken miktarlar darası belirlenmiş beherde toplanarak 5'li eklenik ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına ait istatistiksel değerler Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 20 Sabit hızda toplanan yağış miktarlarının eklenik ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

	20 mm/h	50 mm/h	75 mm/h	100 mm/h	200 mm/h
Ölçüm Sayısı	20	20	20	20	20
Ortalama	410,46	411,19	411,31	411,53	411,63
Ortanca Değer	410,45	411,20	411,31	411,53	411,63
Mod	-	-	-	-	-
Geometrik Ortalama	410,46	411,19	411,31	411,53	411,63
Standart Sapma	0,152643	0,133986	0,104976	0,319207	0,215413
Varyasyon Katsayısı %	0,04%	0,03%	0,03%	0,08%	0,05%
Standart Hata	0,0341319	0,0299603	0,0234734	0,071377	0,0481679
Minimum	410,22	410,95	411,1	411	411,21
Maximum	410,8	411,4	411,5	412,19	412
Aralık	0,58	0,45	0,4	1,19	0,79
Ortalama Ağırlık	82,09	82,23	82,26	82,30	82,32

4.2.2.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak 20 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı saatte 20 mm su yüksekliği oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. 20 kez 5'li eklenik ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.31).



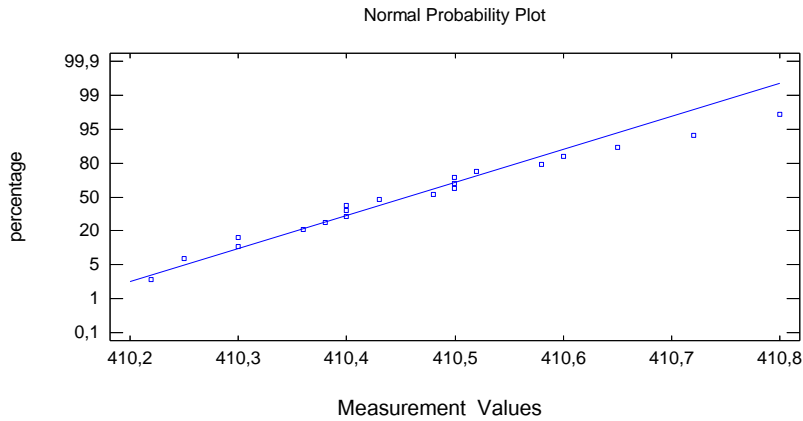
Şekil 4.31 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.21). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,252985 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.21 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	12,5	0,252985
Shapiro-Wilk W	0,970544	0,756704
Skewness Z-score	0,691088	0,489508
Kurtosis Z-score	0,139349	0,889169

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.32).

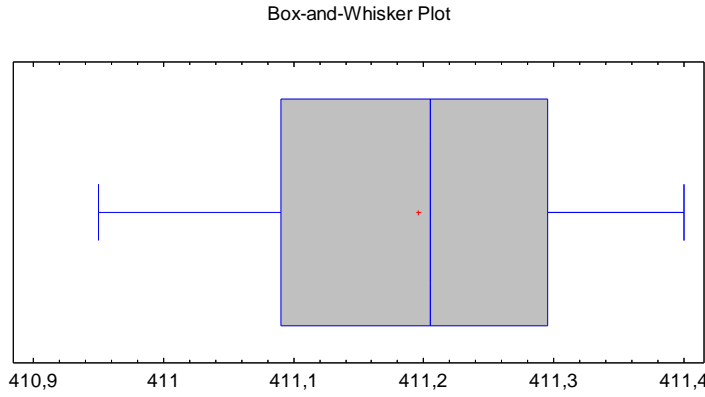


Şekil 4.32 20 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik 410,46 +/- 0,07 olarak hesaplanmıştır.

4.2.2.2. Taşma kontrollü kap kullanılarak 50mm yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı saatte 50 mm su yüksekliği oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. 20 kez 5'li eklenik ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.33).



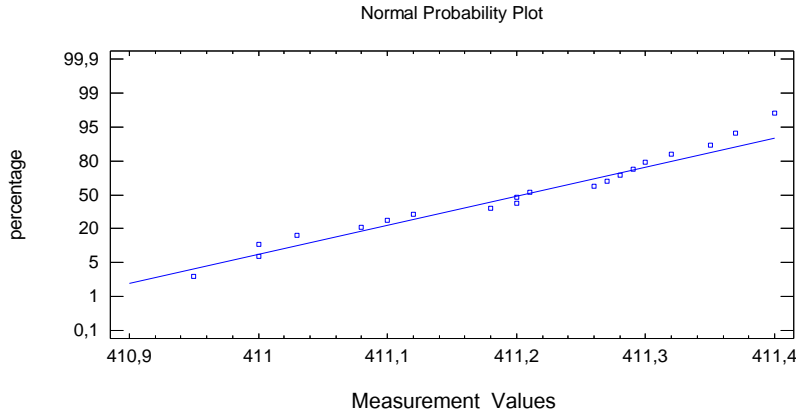
Şekil 4.33 50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.22). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,226927 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.22 50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	6,0	0,815263
Shapiro-Wilk W	0,95087	0,391804
Skewness Z-score	0,507275	0,611959
Kurtosis Z-score	-1,20831	0,226927

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.34).

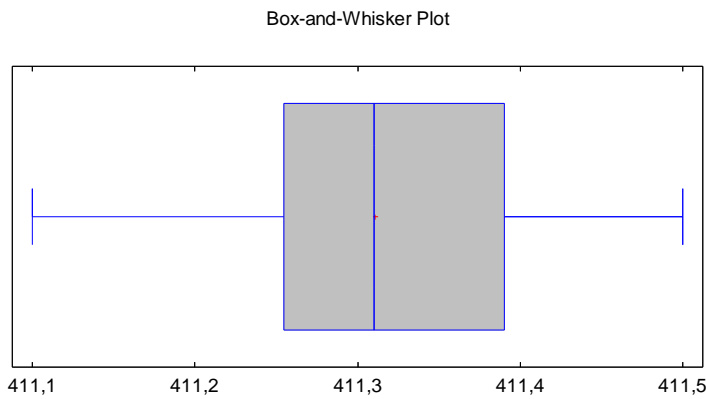


Şekil 4.34 50 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $411,19 \pm 0,06$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.2.3. Taşma kontrollü kap kullanılarak 75 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı saatte 75 mm su yüksekliği oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. 20 kez 5'li eklenik ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.35).



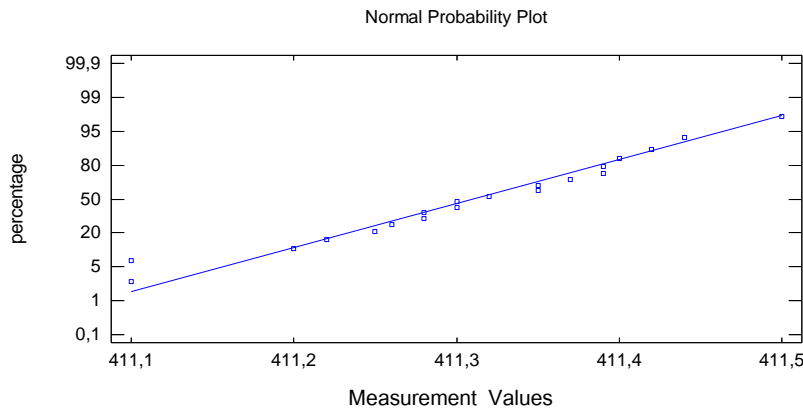
Şekil 4.35 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.23). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,506033 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.23 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	6,0	0,815263
Shapiro-Wilk W	0,965964	0,665503
Skewness Z-score	0,665023	0,506033
Kurtosis Z-score	0,29353	0,769113

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (4.36).

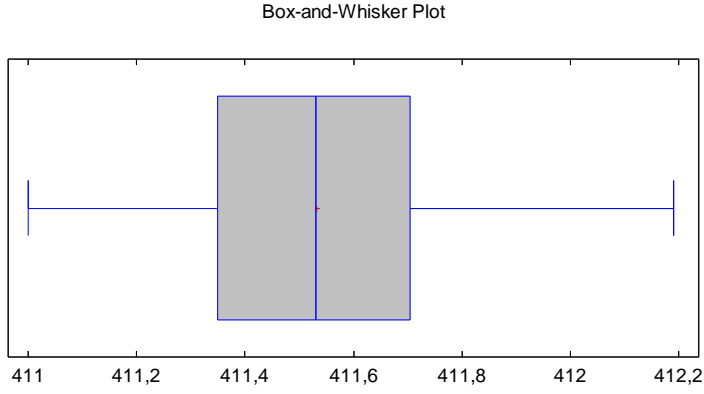


Şekil 4.36 75 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $411,31 \pm 0,04$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.2.4. Taşma kontrollü kap kullanılarak 100 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı saatte 100 mm su yüksekliği oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. 20 kez 5'li eklenik ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.37).



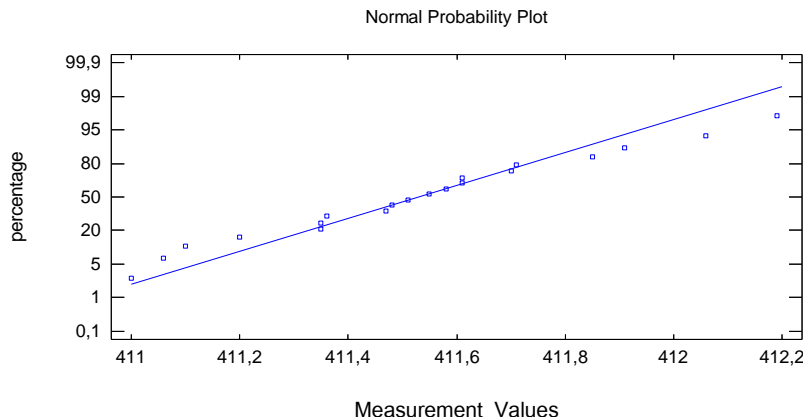
Şekil 4.37 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.24). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,570438 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4. 24 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	8,6	0,570438
Shapiro-Wilk W	0,97581	0,854054
Skewness Z-score	0,357922	0,720398
Kurtosis Z-score	-0,0274697	0,978079

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.38).

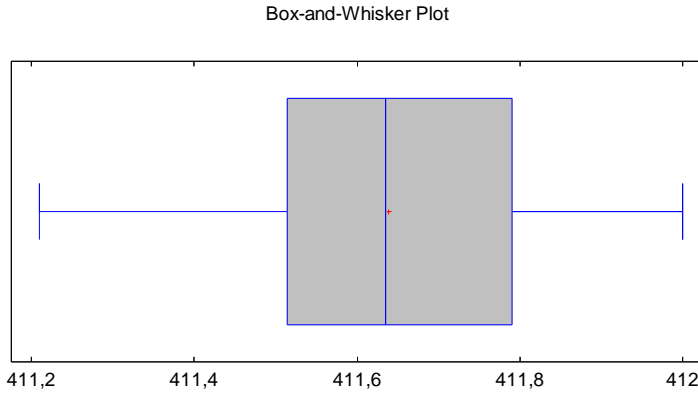


Şekil 4.38 100 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik 411,53 +/- 0,14 olarak hesaplanmıştır.

4.2.2.5. Taşma kontrollü kap kullanılarak 200 mm/h hızda yağış miktarlarının eklenik ölçümlerinin istatistiksel değerlendirmeleri

Pompa hızı saatte 200 mm su yüksekliği oluşturacak şekilde ayarlanmıştır. 20 kez 5'li eklenik ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.20'de verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.39).



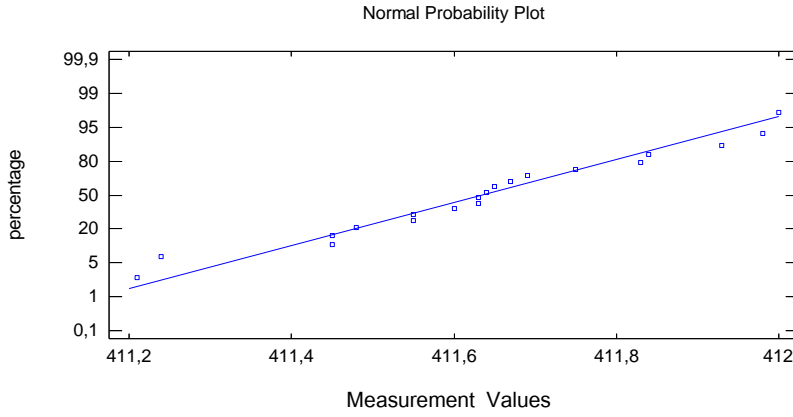
Şekil 4.39 200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.25). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,570438 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.25 200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	8,6	0,570438
Shapiro-Wilk W	0,96255	0,597779
Skewness Z-score	0,275536	0,782901
Kurtosis Z-score	0,141249	0,887668

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 200 mm/h yağış hızında elde edilen değerlerin normal dağılımının grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $411,63 \pm 0,10$ olarak hesaplanmıştır.

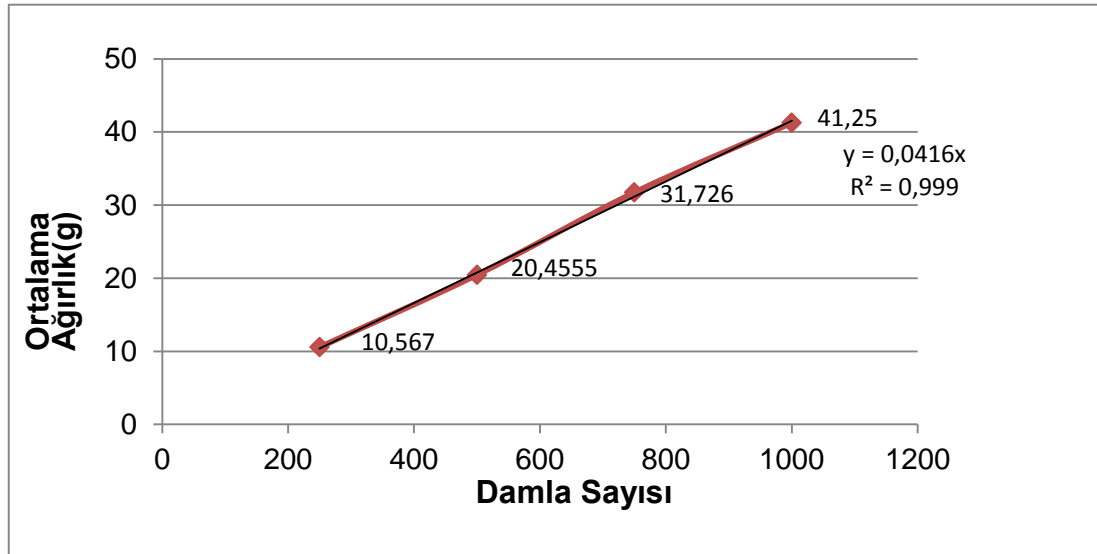
4.2.3. Taşma kontrollü kap ile ölçüm kabında kalan yağış miktarlarının damla ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

Taşma kontrollü kap kullanılarak oluşturulan sistemde de seviye sensör kontrollü sistemde olduğu gibi yağış durduğunda ve sensörlerin devreye girmesine yetecek miktarda yağış düşmediğinde ölçüm kabında kalan yağış miktarının belirlenmesi amacıyla damla sensörlü düzenek geliştirilmiştir. Damla sensör yardımıyla kapta kalan yağış miktarı damla damla alınarak kaç damla yağış toplandığı belirlenmiştir. 250 damla 500 damla 750 damla ve 1000 damla 20 kez ölçüm yapılarak geliştirilen otomatik sistem denenmiş ve bir damlanın ortalama ağırlığı hesaplanmıştır. İstatistiksel sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4. 26 Ölçüm kabında kalan yağış miktarlarının damla ölçüm değerlerinin istatistiksel sonuçları

	250 Damla	500 Damla	750 Damla	1000 Damla
Ölçüm Sayısı	20	20	20	20
Ortalama	10,56	20,45	31,72	41,25
Ortanca Değer	10,55	20,45	31,73	41,27
Mod		20,6	31,75	41,3
Geometrik Ortalama	10,56	20,45	31,72	41,24
Standart Sapma	0,117523	0,131488	0,10738	0,097333
Varyasyon Katsayısı %	1,11%	0,64%	0,34%	24%
Standart Hata	0,0262789	0,0294017	0,024011	0,021764
Minimum	10,4	20,26	31,55	41,09
Maximum	10,86	20,7	31,95	41,42
Aralık	0,46	0,44	0,4	0,33
1 Damlanın Ağırlığı	0,0422	0,0409	0,0423	0,0412

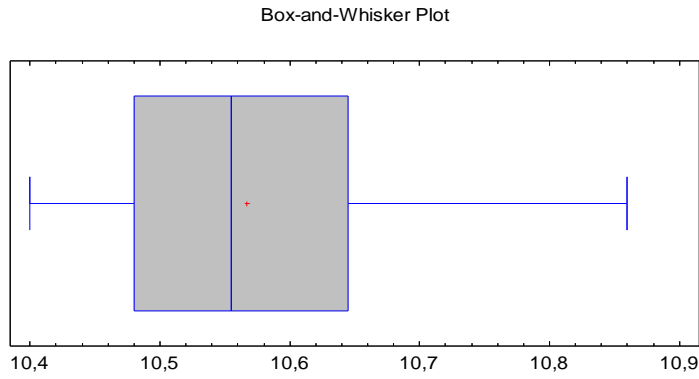
Çizelge 4.26'da verilen damla miktarlar ve ağırlık değerlerinin ortalamalarından oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 4.41'de görülmektedir.



Şekil 4. 41 Taşma kontrollü sistemde damla ölçüm sonuçları ile elde edilen kalibrasyon grafiği

4.2.3.1. 250 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

Yağış sona erdiğinde kapta kalan miktarın 250 damla olduğu düşünülerek 250 damlanın ne kadarlık miktara karşılık geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. 250 damla için 20 kez ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.42).



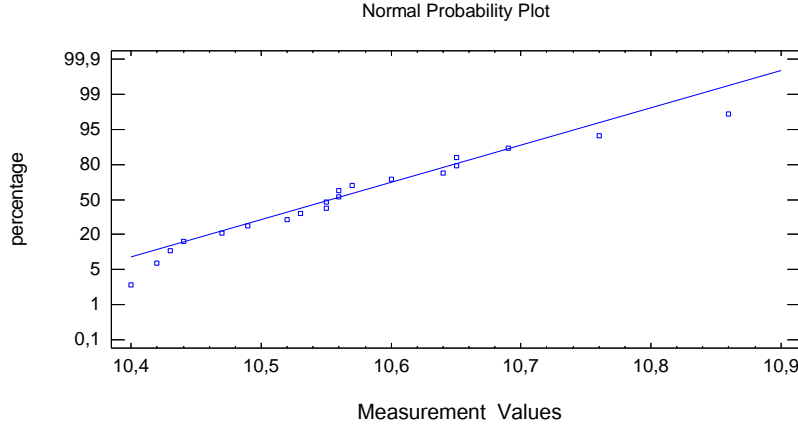
Şekil 4.42 250 damla için Box and Whisker grafiği

Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.27). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,252985 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.27 250 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	12,5	0,252985
Shapiro-Wilk W	0,949556	0,372103
Skewness Z-score	1,09829	0,272075
Kurtosis Z-score	0,849839	0,395413

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.43).

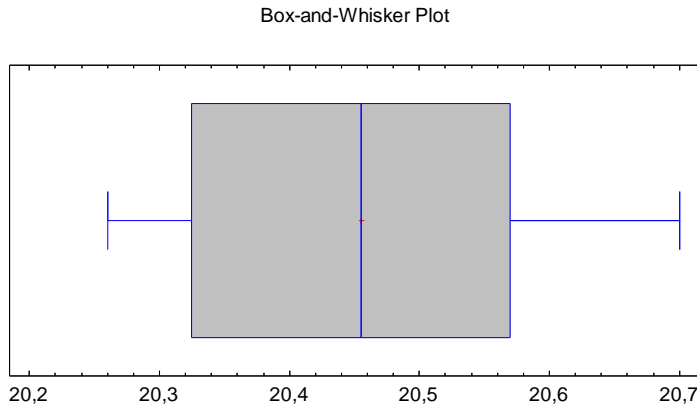


Şekil 4.43 250 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $10,56 \pm 0,05$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.3.2. 500 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

Yağış sona erdiğinde kapta kalan miktarın 500 damla olduğu düşünülerek 500 damlanın ne kadarlık miktara karşılık geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. 500 damla için 20 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 500 damla için Box and Whisker grafiği

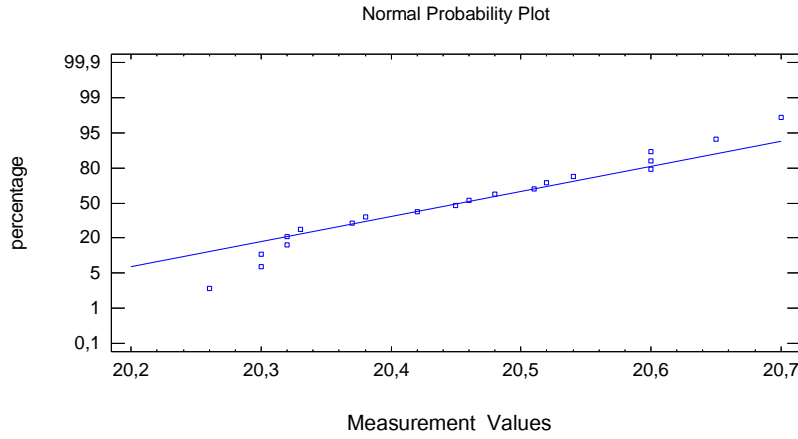
Box and Whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.28). Oluşturulan tabloda en düşük P

değerinin 0,141555 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.28 500 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	9,9	0,44931
Shapiro-Wilk W	0,948292	0,353867
Skewness Z-score	0,339358	0,734337
Kurtosis Z-score	-1,47002	0,141555

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.45).

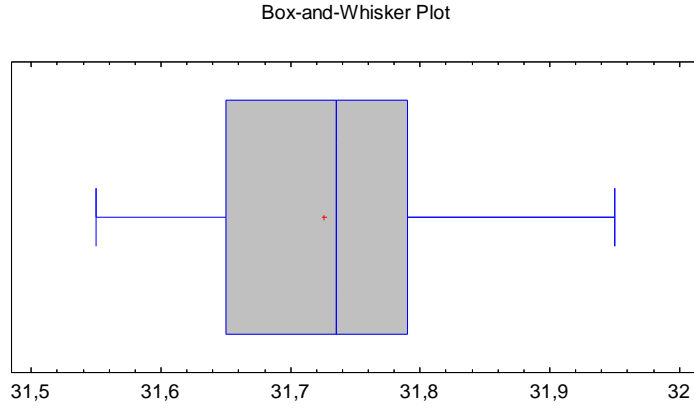


Şekil 4.45 500 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik 20,45 +/- 0,06 olarak hesaplanmıştır.

4.2.3.3. 750 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

Yağış sona erdiğinde kapta kalan miktarın 750 damla olduğu düşünülerek 750 damlanın ne kadarlık miktara karşılık geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. Toplam 20 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.46).



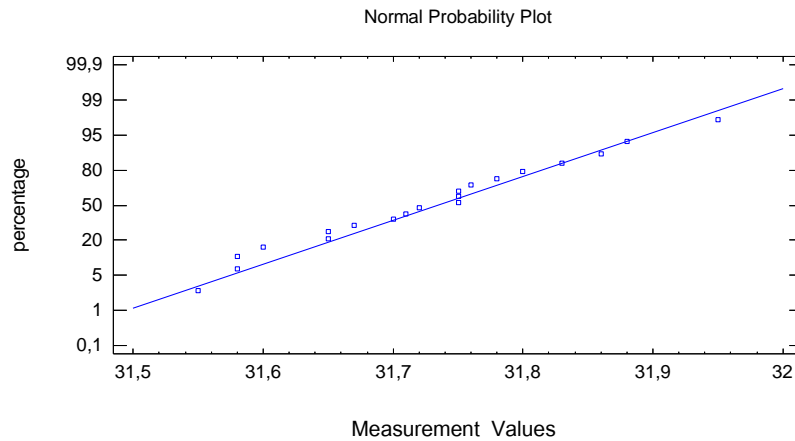
Şekil 4.46 750 damla için Box and Whisker grafiği

Box and whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.29). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,570438 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4.29 750 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

<i>Test</i>	<i>Statistic</i>	<i>P-Value</i>
Chi-Squared	8,6	0,570438
Shapiro-Wilk W	0,97735	0,87934
Skewness Z-score	0,298018	0,765685
Kurtosis Z-score	-0,273367	0,784567

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.47).

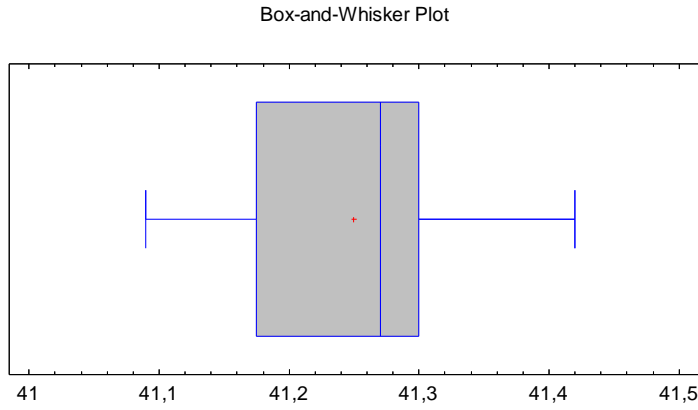


Şekil 4.47 750 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $31,72 \pm 0,05$ olarak hesaplanmıştır.

4.2.3.4. 1000 damla yağış miktarının ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmeleri

Yağış sona erdiğinde kaptaki kalan miktarın 1000 damla olduğu düşünülerek 1000 damlanın ne kadarlık miktara karşılık geldiği belirlenmeye çalışılmıştır. Toplam 20 adet ölçüm yapılmış ve sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.26'da verilmiştir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box and Whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.48).



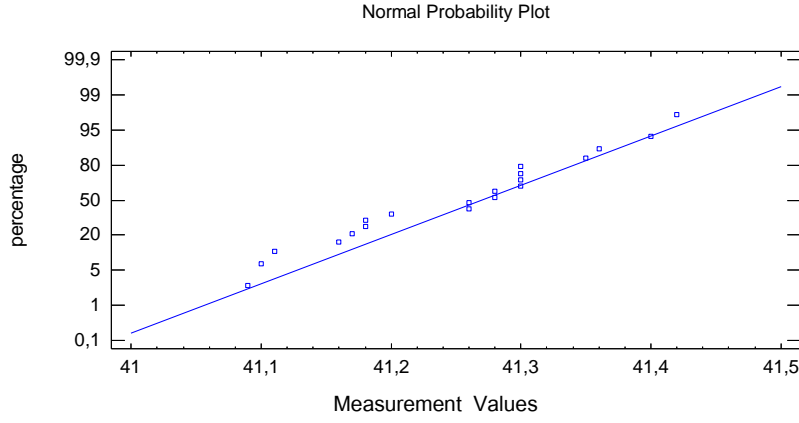
Şekil 4. 48 1000 damla için Box and Whisker grafiği

Box and whisker grafiğinde outlier tespit edilmemiştir. Normal dağılım testleri yapılmış ve tablo hazırlanmıştır (Çizelge 4.30). Oluşturulan tabloda en düşük P değerinin 0,128458 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05 ten büyük olduğundan dağılım normaldir.

Çizelge 4. 30 1000 damla için normal dağılım testlerinin sonuçları

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	15,1	0,128458
Shapiro-Wilk W	0,953717	0,437097
Skewness Z-score	0,101605	0,919065
Kurtosis Z-score	-0,980102	0,327034

Normal dağılım grafiği çizilmiştir (Şekil 4.49).



Şekil 4. 49 1000 damla için normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.

Ölçüm sonuçlarının istatistiksel hesaplamalarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $41,25 \pm 0,04$ olarak hesaplanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında geliştirilen, iki farklı otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin test çalışmaları yapılmış olup, elde edilen verilerin istatistiksel sonuçları bir önceki bölümde detaylı olarak verilmiştir. Bu bölümde elde edilen istatistik sonuçlarının değerlendirilmesi yapılmış, geliştirilen iki sistemden hangisinin tercih edildiği ve nedenleri açıklanmıştır.

5.1. Seviye Sensör Kontrollü Sistem ile Yapılan Test Çalışmalarının Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Seviye sensör kontrollü sistemde ilk olarak 50 ml ve 250 ml hacmindeki kapların testleri yapılmıştır. Verilerin istatistiksel analizlerinde outlier tespit edilmemiş ve normal dağılım oluşturduğu gözlenmiştir. 50 ml hacmindeki kap için yapılan test sonucunda elde edilen verilerin %95 güven aralığında ölçüm belirsizliği $65,76 \pm 0,30$ olarak; 250 ml hacmindeki kap için ise %95 güven aralığında ölçüm belirsizliği $372,47 \pm 0,29$ olarak tespit edilmiştir. Seviye sensör kontrollü sistemin ilk aşamasında elde edilen verilerin güvenilir bir aralıkta olduğuna karar verilmiştir.

Bu sistem için yapılan diğer bir test çalışması damla ölçümlerin yapıldığı çalışmadır. Sistem için 500, 1000, 1500 ve 2000 damla olmak üzere ölçümler yapılmıştır. 500 ve 2000 damla için normal dağılım tespit edilmemiş, 1000 ve 1500 damla için dağılımın normal olduğu bulunmuştur. 500 damla ölçüm sonucunda ölçüm belirsizliği $36,47 \pm 0,17$ olarak hesaplanmış ve 1 damlanın ağırlığı ortalama $0,0729g$ olarak bulunmuştur. 1000 damla için ölçüm belirsizliği $73,10 \pm 0,42$ ve 1 damlanın ağırlığı ortalama $0,0731 g$ olarak hesaplanmıştır. 1500 damla için ölçüm belirsizliği $109,53 \pm 0,43$ ve 1 damlanın ağırlığı ortalama $0,0730g$ olarak bulunmuştur. Son olarak ise 2000 damla için ölçüm belirsizliği $144,97 \pm 0,46$ olarak ve 1 damlanın ağırlığı ortalama $0,0725g$ olarak belirlenmiştir. Sonuçların bir kısmında normal dağılım görülmesi de kalibrasyon grafiği oluşturularak kalibrasyon denklemi hesaplanmıştır. Ortalama damla miktarları birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir.

Son olarak farklı hızlarda ölçüm kabında toplanan yağış miktarlarının sabit olup olmadığının belirlenmesi amacıyla pompa yardımıyla ayarlanan otomatik hızlarda sistemin verimliliği ölçülmüştür. Sistem 100 mm/h ve 300 mm/h yağış hızları için denenmiştir. 100 mm/h hızda yapılan ölçümler sonucunda ölçüm kabında toplanan

miktarın ölçüm belirsizliği 63,68 +/- 0,02 g olarak belirlenmiş ve ölçüm sonuçlarının kendi arasında normal dağılım oluşturmadığı belirlenmiştir. 300mm/h hızda yapılan ölçümler sonucunda ölçüm kabında toplanan ortalama değerin ise 65,22 +/- 0,06 g olduğu hesaplanmış ve 300 mm/h hızda da elde edilen verilerin de normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir.

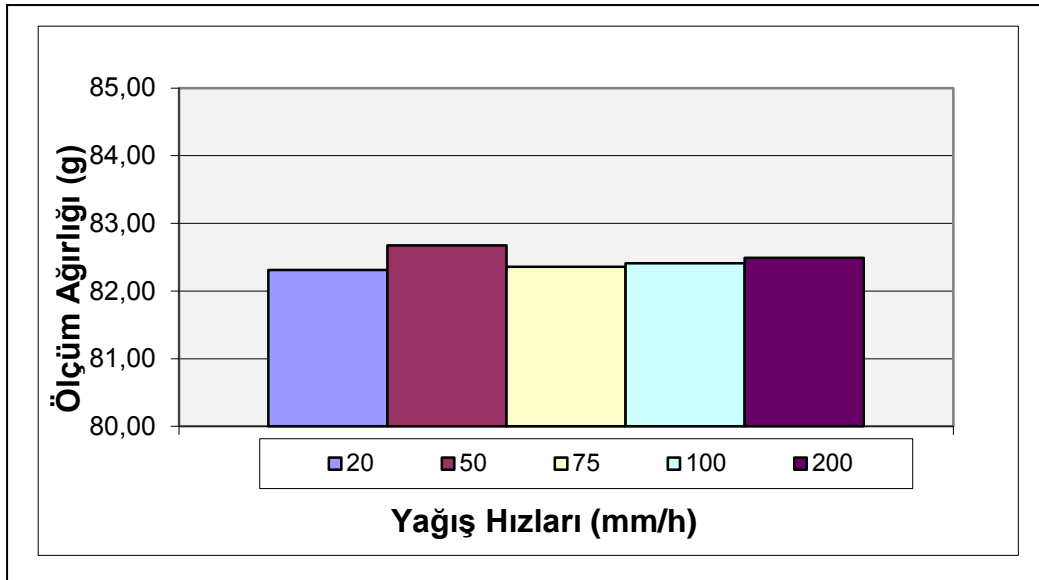
Geliştirilen otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin farklı yağış hızlarından etkilenmemesi gerektiği ve her koşulda ölçüm kabında toplanan ve tartılan miktarın aynı olması beklenmelidir.

Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde sonuçların bir kısmı normal dağılım gösterirken bir kısmının normal dağılım oluşturmadığı gözlenmiştir. Fakat yağmur suyu, yağış toplama kabından ölçüm kabına dolarken yağışta meydana gelen hız değişimlerinden dolayı ölçüm kabının belirli seviyelerinde yer alan sensör elektrotlarına erken ya da geç temas ettiği gözlenmiştir. Bu durumda ölçüm kabında biriken yağmur suyu miktarı tartıldığında farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. 100 mm/h ve 300 mm/h yağış hızlarında yapılan ölçüm sonuçlarında da görüldüğü gibi ölçüm kabına toplanan yağmur suyu miktarı 100 mm/h hızında 63,68 g olarak tespit edilirken, 300 mm/h hızında bu değer 65,22 olarak tespit edilmiştir. Yağışın hızı azaldıkça ölçüm kabında biriken yağmur miktarında yaklaşık 1,56 g azaldığı görülmüştür. Sistemin oluşturulmasındaki temel prensip aşırı ve hızlı yağışlarda uyarı yapılması esasına dayandığı için düzenekte yağış hızının sabitlenmesine müdahale edilememiştir. Ölçülen değerler arasındaki fark da önemsiz sayılamayacak büyüklükte olduğu için yağış hızından etkilenmeyecek yeni bir otomatik sistem geliştirmesine karar verilerek, taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm düzeneği oluşturulmuştur.

5.2 Taşma Kontrollü Kap ile Yapılan Test Çalışmalarının Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Taşma kontrollü kap kullanılarak geliştirilen otomatik yağış miktarı ölçüm sistemi için ilk olarak farklı hızlardaki (20 mm/h (orta kuvvette yağış), 50 mm/h (kuvvetli yağış), 75 mm/h (çok kuvvetli yağış), 100 mm/h (şiddetli yağış) ve 200 mm/h (aşırı yağış)) yağışlarda sistemde toplanan miktarların ölçülmesi amacıyla test çalışmaları yapılmıştır. Belirlenen farklı hızların her biri için 50 kez ölçüm yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre 20 mm/h'lik yağış hızına ait istatistiksel

analizlerde 1 adet outlier belirlenmiş ve çıkartılarak 49 değer için ölçüm yapılmıştır. Verilerin normal dağılım gösterdiği gözlenmiş ve ölçüm belirsizliği $82,31 \pm 0,03$ olarak tespit edilmiştir. 50 mm/h lik yağış hızına ait istatistiksel analizlerde outlier tespit edilmesine rağmen verilerin normal dağılım oluşturduğu gözlenmiştir. Ölçüm belirsizliği ise $82,67 \pm 0,05$ olarak hesaplanmıştır. 75 mm/h lik yağış hızına ait istatistiksel analizlerde 3 adet outlier tespit edilmiş ve çıkartılarak normal dağılım testleri tekrar uygulanmıştır. Verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Ölçüm belirsizliği $82,35 \pm 0,04$ olarak belirlenmiştir. 100 mm/h lik yağış hızına ait istatistiksel analizlerde outlier tespit edilmesine rağmen verilerin normal dağılım oluşturduğu gözlenmiştir. Ölçüm belirsizliği ise $82,40 \pm 0,05$ olarak belirlenmiştir. Son olarak 200 mm/h lik yağış hızına ait istatistiksel analizlerde outlier tespit edilmemiş ve verilerin normal dağılım oluşturduğu gözlenmiş olup, ölçüm belirsizliği $82,45 \pm 0,03$ olarak hesaplanmıştır. 20 mm/h, 50mm/h, 75 mm/h, 100 mm/h ve 200 mm/h lik hızlarda yapılan ölçümlerin ortalama değerleri ise sırasıyla 82,30g, 82,67g, 82,35g, 82,40g ve 82,45g olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüş olup, bu değerlere ait grafik Şekil 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1. Farklı yağış hızlarında elde edilen ölçüm sonuçlarının grafiksel gösterimi
Verilerin güvenilirliğini arttırmak amacıyla 20 kez aynı hızlar için 5 li eklenik ölçümler yapılmıştır. Eklenik ölçüm sonuçlarına göre ise tüm hızlar için yapılan test çalışmalarından elde edilen verilerin normal dağılım oluşturduğu gözlenmiştir. 20

mm/h, 50mm/h, 75 mm/h, 100 mm/h ve 200 mm/h lik hızlarda elde edilen verilerin ölçüm belirsizlikleri sırasıyla; 410,46 +/- 0,07, 411,19 +/- 0,06, 411,31 +/- 0,04, 411,53 +/- 0,14, 411,63 +/- 0,10 olduğu görülmüştür. Ayrıca 20 mm/h, 50mm/h, 75 mm/h, 100 mm/h ve 200 mm/h lik hızlarda yapılan eklenik ölçümlerin ortalama değerleri ise sırasıyla 82,09g, 82,23g, 82,26g, 82,30g ve 82,32g olarak belirlenmiştir. Yine elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Son olarak sistemde kalan yağış miktarının belirlenmesi amacıyla 250 damla, 500 damla, 750 damla ve 1000 damla için ölçümler yapılmıştır. Tüm damla miktarları için yapılan ölçüm sonuçlarının normal dağılım gösterdiği görülmüştür. 250 damla için ölçüm belirsizliği 10,56 +/- 0,05 ve 1 damlanın ortalama ağırlığı 0,0422g, 500 damla için ölçüm belirsizliği 20,45 +/- 0,06 ve 1 damlanın ortalama ağırlığı 0,0409 g, 750 damla için ölçüm belirsizliği 31,72 +/- 0,05 ve 1 damlanın ortalama ağırlığı 0,0423 g, son olarak ise 1000 damla için ölçüm belirsizliği 41,25 +/- 0,04 ve 1 damlanın ortalama ağırlığı 0,0412 g olarak hesaplanmıştır. Bulunan değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmüştür.

Taşma kontrollü kap kullanılarak geliştirilen otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminden elde edilen verilerin istatistiksel sonuçlarına bakıldığında elde edilen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Ölçüm kabı her taşıdığı anda içinde biriken yağmur suyu miktarının da aynı olmasından dolayı sistemin yağış hızından etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca damla ölçüm sonuçlarından da elde edilen verilere göre 1 damla için hesaplanan ortalama ağırlık değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür.

İstatistiksel analiz sonuçlarına bakıldığında elde edilen veriler için ölçüm belirsizliğinin oldukça küçük olduğu belirlenmiştir. Farklı hızlarda ölçüm kabında toplanan yağış miktarları için ölçüm belirsizliği 0,03 cm³ - 0,05 cm³ arasında değiştiği görülmektedir. Sistemin ölçüm hassasiyetini belirlemek amacıyla ölçüm belirsizliğini 0,05 cm³ olarak kabul edersek;

$$\text{Alan (A)} \times h \text{ (su yüksekliği)} = V \text{ (Hacim)}$$

$$200 \text{ cm}^2 \times h = 0,05 \text{ cm}^3$$

$$h = 0,00025 \text{ cm} = 0,0025 \text{ mm} = 2,5 \text{ mikron}$$

Geliştirilen sistemin hassasiyetinin 2,5 mikrona karşılık geldiği görülmüştür. Yağış miktarının ölçülmesi amacıyla geliştirilen taşma kontrollü otomatik sistem ile tüm yağış hızlarında oldukça hassas ölçümler yapılmış olacaktır.

Geliştirilen sistem ile aşırı şiddetli yağışlarda uyarı gönderilebilmektedir. Hangi yağış hızında uyarı göndereceği ise sistemin yerleştirildiği alanın özelliklerine göre ayarlanabilmektedir. Her havza için tehlike oluşturabilecek yağmur şiddeti farklıdır. Bir havzada şiddetli olarak tanımlanan yağışlar tehlike oluşturabilirken; başka bir havzada kuvvetli olarak tanımlanan yağış şiddetindeki yağmurlar tehlike oluşturabilmektedir. Sistemin göndereceği yağış uyarısı, ölçüm kabının dolma süresi ile ilişkilidir. Ölçüm kabının dolma süresi farklı yağış şiddetlerine göre ayarlanarak sistemde tanımlanmakta ve ölçüm yapıldığında bu sürenin kontrol edilerek yağış uyarısı gönderilmesi sağlanmaktadır. Taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminde kullanılan ölçüm kabının hacmi yaklaşık 82,5 g tekabül etmektedir. Bu miktara göre;

51 mm/h'lik şiddetteki (çok kuvvetli) yağmur yağdığında;

$$200 \text{ cm}^2 \times 5,1 \text{ cm/h} = 1020 \text{ cm}^3 \text{ saatte} = 17 \text{ cm}^3 / \text{dk}$$

$$82,5 \text{ cm}^3 / 17 \text{ cm}^3/\text{dk} \cong 4 \text{ dk } 50 \text{ sn}$$

Ölçüm kabımızın yaklaşık 4 dk 50 sn'lik bir sürede dolması gerekmektedir. Sistem tarafından bu süre ile ölçüm kabının dolma süresi karşılaştırılarak çok kuvvetli yağış uyarısı gönderilmesi sağlanmaktadır. Böylece farklı yağış şiddetlerinde ölçüm kabının dolma süresi sisteme tanımlanarak, istediğimiz şiddetteki yağışlar için uyarı almak mümkün olmaktadır.

Tez çalışmasında hedeflenen bir diğer amaç ise geliştirilen sistemin maliyetinin ucuz olmasını sağlamaktır. Taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin üretim maliyeti Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Üretim maliyeti

Malzeme	Fiyat (TL)
Ölçüm kabı	10
Yağış toplama kabı	20
Vana	15
Valf	40
DC motor	25
Elektronik kontrol kartı	75
Kabin	30
Toplam	215

Üretilen sistem internetteki otomatik yağış ölçerler ile maliyet açısından kıyaslandığında daha ucuz olduğu görülmüştür. Örneğin piyasadaki bir yağış ölçer ile karşılaştırıldığında 834 \$ değerinde olan cihazın tez kapsamında geliştirilen sisteme göre 7 kat daha pahalı olduğu görülmüştür.

Otomatik yağış istasyonlarında yaygın olarak kullanılan yağış ölçerler plüviyometre şeklinde olup, bu yağış ölçerlere ait ölçüm hassasiyeti 0.2 mm'dir. Tez çalışması kapsamında geliştirilen taşma kontrollü otomatik yağış miktarı ölçüm sisteminin ise hassasiyeti mikron seviyesindedir. Bu nedenle oluşturulan yağış miktarı ölçüm sistemi kullanılan sistemlerden daha hassastır. Ayrıca geliştirilen sistemin maliyetinin de ucuz ve yapımının kolay olması nedeniyle, yapılan tez çalışması bu tür cihazların ülkemizde de üretilmesi bakımından öncü olacak konumdadır.

KAYNAKLAR

- Altınışık, M., 2008, Analitik ölçüm yöntemlerinin laboratuvara kurulması ile ilgili hesaplamalar. <http://www.mustafaaltinisik.org.uk/78-uzm-03.ppt>
- Bacanlı, H., 2011, Meteorolojik karakterli doğal afetler ve erken uyarı sistemleri, T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/1-5-meteorolojik-karakterli-do%C4%9Fal-afetler-ve-erken-uyar%C4%B1-sistemleri---hayreddin-bacani%C4%B1.pdf?sfvrsn=2>
- Balce, O.A., Demir S., 2007, Pamukkale Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Ekonometri Bölümü, İstatistik Ders Notları, s2.
- Bayat, C., Eylül 2011, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği, Sel ve Taşkınlar, <http://www.canbayat.com/index.php/is/akademik/item/sel-ve-taskinlar.html>.
- Bayazıt, M., 1987, Hidroloji, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalı, İstanbul,19s.
- Bell, S., August 1999, A Beginner's Guide To Uncertainty Of Measurement, Good Practice Guide, The National Physical Laboratory, No. 11, ISSN 1368-6550,No.11, 7-8p.
- Çakır, A., şeren, E., 2012, Süleyman Demirel Üniversitesi, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Otomatik kontrol sistemleri, <http://ab.org.tr/ab06/sunum/116.ppt>.
- Cengizhan, C., 2001, İstatistik Hakkında Temel Kavramlar ve Bazı Örnekler, Ders Notları. <http://mimoza.marmara.edu.tr/~cahit/Yayin/belge/ista/index.html>.
- Chopra, K., 2005, Ecosystems and Human Well-Being, Volume 3 Policy Responses, Millennium Ecosystem Assessment, USA, pp.338-339.
- Çoban, M.T., 2011, Makine Laboratuvarı I Ders Notları, Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği. http://www.yto.com.tr/turhan_coban/kitap/olcum.pdf
- Davies, H.T., Crombie I. K. April 2009, What are confidence intervals and p-values? What is... series? Second edition, Statistic, http://www.medicine.ox.ac.uk/bandolier/painres/download/whatis/what_are_conf_inter.pdf

Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council ,23 October 2007, On the assessment and management of flood risks.

Erkek, C., Eylül 1995, Bölgesel Taşkın Zararları ve Taşkın Kontrolü, Türkiye Mühendislik Haberleri 379.

Flood risk management in Australia, November 2008, The Australian Journal of Emergency Management, Vol. 23 No. 4.

Güngör, M., 2008, Klinik Biyokimyada Ölçüm Belirsizliği,uzmanlık tezi, T.C. Sağlık Bakanlığı Haseki Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya ve Klinik Biyokimya Laboratuvarı, İstanbul, 2,3s.

Hickey, F.T. , Salas J.D. , November 1995, Environmental effects of extreme floods., U.S-Italy Research workshop on the hydrometeorology, impacts and management of extreme floods, Perigua (Italy)

Karaca, R., 2011, Su kalitesi kontrolü için otomatik numune alma sisteminin geliştirilmesi, Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 65-67s.

Kadioğlu, M., 2008, Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi, “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, s251-276,Ankara.

Kömürcü, M.İ., 2010, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik Anabilim Dalı, Hidroloji ders notları, <http://mikomurcu.com/dersnot/hidrolojidersnotlari.pdf>.

Kömüşçü, A.Ü., Ceylan, A., (2007) Maksimum Şiddetli Yağış Verilerine Göre Türkiye’de Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi, V. Ulusal Hidroloji Kongresi, ODTÜ, Ankara.

Korkanç Yaşar, S., 2004, Sel ve Taşkınlardan Korunmada Erken Uyarı ve Önemi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Havza Amenajmanı Anabilim Dalı.

Llasat, M. C., May 2001, An objective classification of rainfall events on the basis of their convective features: Application to rainfall intensity in the northeast of Spain, International Journal of. Climatology. 21: 1385–1400 (2001).

- Looper, J.P., Vieux B. E., 2012, An assessment of distributed flash flood forecasting accuracy using radar and rain gauge input for a physics-based distributed hydrologic model, Journal of Hydrology, 114-132p.
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thielen, A., 2010, Assessment of economic flood damage, Natural Hazards and Earth System Sciences,1697-1724p.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Maksimum Yağışlar Şiddet ve Tekerrür Analizleri, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/maksimum-yagisalar.aspx>.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü Meteorolojik Hadiselerin Şiddetlerine Ait Sınıflandırma, <http://www.mgm.gov.tr/site/yarim1.aspx?=-HadSid>.
- Moel, H., Alphen, J., Aerts, J.C.J.H., March 2009, Flood maps in Europe – methods, availability and use, Natural Hazards Earth System Science, 9, 289–301.
- Nelson, S.A., November 2011, River Systems and Causes of Flooding, Natural Disaster, Tulane University.
- Onacak, T., Yürür, M.T., 2011, An Automatic Sensor-Controlled Evaporation and Rainfall Measurement System, Instrumentation Science and Technology, 39,1,88-100.
- Onuşuel, G., Harmancıoğlu, N.B., Su Kaynaklı Doğal Afet: Taşkın, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 420-421-422/2002/4-5-6.
- Özcan, O., Musaoğlu, N., Şeker, D.Z., Mayıs 2009, Taşkın Alanlarının CBS ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi: Sakarya Havzası Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı,Ankara.
- Öztürk, İ., Ertürk, A., 2010, Taşkınların Çevresel Önemleri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/2-3-task%c4%b1n-ve-cevre-%c4%b1-ozturk-.pdf?sfvrsn=2>.
- Wagner, A., 2009, Literature Study on the Correction of Precipitation Measurement, Bayerische Forstverwaltung, 6p.

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012, Karadeniz ve Ortadoğu Bölgesel Ani Taşkın Erken Uyarı Merkezi, <http://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/ani-taskin.pdf>

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteorolojide Kullanılan Alet ve Cihazlar, <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojikaletler.aspx?a=j>

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Radar Meteorolojisi, <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojiradarlari.aspx>

Temiz, N., Aksoy, H., Ercanoğlu, M., 2004, Batı Karadeniz Bölgesinde Potansiyel Taşkın Alanlarının Belirlenmesine Yönelik Çalışma, Türkiye Jeoloji Bülteni, Cilt 47, Sayı 2.

Tanrıverdi, E., Bağla, D., Ünlü, F., Sel Tahmin ve Erken Uyarı Sistemlerine Genel Bakış, T.C Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, <http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/2-3-sel-tahmin-ve-erken-uyar%C4%B1-sistemlerine-genel-bak%C4%B1%C5%9F---evren-tanr%C4%B1verdi.pdf?sfvrsn=2>

The Planning System and Flood Risk Management, Guidelines for Planning Authorities, November 2009, (<http://www.flooding.ie/en/media/The%20Planning%20System%20and%20Flood%20Risk%20Management.PDF>)

II. Ulusal Taşkın Sempozyumu 2010, Büyük Menderes ve Batı Akdeniz Havzalarında İşletmede Olan Taşkın Tesislerine Yapılan Müdahaleler Üzerine Bir Çalışma, 23-24 Mart 2010, Tebliğler kitabı, Editörler: Yavuz, O., Önsoy, H., Aydoğan, D., Koç, M., Erdoğan, İ., T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, AGM, TÜÇEV, Afyonkarahisar, 82s.

II. Ulusal Taşkın Sempozyumu 2010, Doğu Karadeniz Bölgesinde Yaşanan Taşkın Olayları, Taşkın Koruma Tesisleri ve Bu Tesislere Yapılan Müdahaleler, 23-24 Mart 2010, Tebliğler kitabı, Editörler: Koç, C., Kosif, K., Kızıltepe, S., Özdemir, K., D., T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, AGM, TÜÇEV, Afyonkarahisar, 76s.

II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 2010, Taşkın Alanlarının Planlanması ve Yönetimi, 23-24 Mart 2010, Tebliğler kitabı, Editörler: Akay, O. , Birinci, V., Bulu, A., T.C Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, AGM, TÜÇEV, Afyonkarahisar, 2, 18s.

II. Ulusal Taşkın Sempozyumu 2010, Taşkından Koruma Tesislerine M¼dahaleler ve lkemizde Yaşanan Taşkın Olaylarının Değerlendirilmesi, 23-24 Mart 2010, Tebliğler kitabı, Editörler: Kasalak, A.F. , Aksu, S., Eroğlu, H., Őirin, O., T.C evre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼, Meteoroloji İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼, AGM, TÜÇEV, Afyonkarahisar, 128s.

Uğurlu, A., Aydın, B., zcan, H., Kesim, A.K., 2009,Ankara,Genel Meteoroloji Eğitimi Hidrometeoroloji Ders Notları, Devlet Meteoroloji İşleri Genel M¼d¼rl¼ę¼, 6s.

Yenig¼n, K., G¼m¼ř, V., 2009, Őanlıurfa, Hidroloji Ders Notları, Harran Üniversitesi M¼hendislik Fak¼ltesi İnaşaat M¼hendislięi Bl¼m¼.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yeliz SARICAN

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 1987

Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu:

Lise 2001-2005 Eryaman Süper Lisesi

Lisans 2005-2009 Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil: İngilizce

İş Tecrübesi:

2011-... Orman ve Su İşleri Bakanlığı (Uzman Yardımcısı)