



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI**

**PEYZAJ ALANLARINDAKİ SULAMA SİSTEMİ TASARIMINDA  
LAND F/X PROGRAMININ KULLANILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ZEKERİYE GÖK**

**Tez Danışmanı**

**PROF. DR. KÜRŞAD DEMİREL**

**ÇANAKKALE – 2025**





T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**PEYZAJ ALANLARINDAKİ SULAMA SİSTEMİ TASARIMINDA LAND F/X  
PROGRAMININ KULLANILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ZEKERİYE GÖK

Tez Danışmanı

PROF. DR. KÜRŞAD DEMİREL

ÇANAKKALE – 2025



T.C.  
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Zekeriye GÖK tarafından Prof. Dr. Kürşad DEMİREL yönetiminde hazırlanan ve **29/08/2025** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Peyzaj Alanlarındaki Sulama Sistemi Tasarımında Land F/X Programının Kullanılması**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

**Jüri Üyeleri**

**İmza**

Prof. Dr. Kürşad DEMİREL  
(Danışman)

Prof. Dr. Abdullah KELKİT

Prof. Dr. Banu ÇİÇEK KURDOĞLU

.....

.....

.....

Tez No : 10757815

Tez Savunma Tarihi : 29/08/2025

.....

Prof. Dr. Melis ULU DOĞRU

Enstitü Müdürü

.././20..

## ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Zekeriye GÖK

29/08/2025

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. KırŐad DEMİREL, alıŐma sũresince tũm zorlukları benimle gũęũsleyen eŐim İlknur KESKİN GÖK'e, projenin uygulama aşamasında destek olan ekip arkadaŐım Vedat OğUZ'a, tezimi yazma konusunda bana destek olan çalışma arkadaŐım Selin CENGİZ ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkũrlerimi sunarım.

Zekeriye GÖK  
anakkale, Ağustos 2025

## ÖZET

### PEYZAJ ALANLARINDAKİ SULAMA SİSTEMİ TASARIMINDA LAND F/X PROGRAMININ KULLANILMASI

Zekeriye GÖK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Kürşad DEMİREL

29/08/2025, 39

Su varlığının gün geçtikçe tehlikeye girdiği dünyamızda, kentlerde su yönetimini sağlamak oldukça önemlidir. Suyun yoğun olarak kullanıldığı peyzaj alanlarında da verimli sulama sağlamak bir zorunluluk haline gelmelidir. Otomatik sulama sistemlerini kullanmak ve doğru projelendirme yapmak bunun en büyük adımı olacaktır. Projelendirme aşamasında çeşitli programları kullanmanın kişilere kolaylık sağlayacağı düşünülmüş ve bu nedenle çalışmaya konu olarak söz konusu programlardan biri seçilmiştir.

Bu çalışmada, Çanakkale ili Ezine ilçesi Üvecik Köyü'nde bulunan 650 m<sup>2</sup>'lik bir alanda yağmurlama sulama sistemi Autocad tabanlı Land F/x programıyla tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Programın kullanılabilirliği ve sağladığı kolaylıklar incelenmiştir. Çalışma alanına sulama başlıkları ve borular Land F/X programında yerleştirilmiş, hesaplamalar sonucunda sulamanın verimli olup olmadığı saptanmıştır.

Bu doğrultuda su dağılımı ve debi hesaplamaları konusunda doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Söz konusu programın peyzaj alanlarının sulanmasında etkin olarak kullanılabileceği ve sulama tasarımı yapacak kişilere kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Sulama, Peyzaj, Land/FX, Autocad, Su, Tasarım

## ABSTRACT

### USING LAND F/X PROGRAM IN IRRIGATION SYSTEM DESIGN IN LANDSCAPE AREAS

Zekeriye GÖK

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Landscape Architecture

Advisor: Prof. Dr. Kürşad DEMİREL

29/08/2025, 39

In our world, where water resources are increasingly threatened, ensuring water management in cities is crucial. Providing efficient irrigation in landscaped areas where water is used intensively is a necessity. The use of automatic irrigation systems and proper project planning will be the most crucial steps in achieving this. We believed that using various programs during the project development process would be beneficial for individuals, and therefore, one of these programs was selected for the study.

In this study, a sprinkler irrigation system covering a 650 m<sup>2</sup> area in Üvecik Village, Ezine District, Çanakkale Province, was designed and analyzed using the AutoCAD-based Land F/X program. The program's usability and advantages were examined. Irrigation heads and pipes were placed in the study area using Land F/X, and calculations were made to determine irrigation efficiency.

In this regard, it has been observed that it provides accurate results in water distribution and flow calculations. Therefore, it is believed that this program can be used effectively in irrigating landscape areas and will provide convenience to irrigation designers.

**Keywords:** Irrigation, Landscape, Land/FX, AutoCAD, Water, Design

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### GİRİŞ

1.1. İklim Değişikliği ve Su.....	1
1.2. Peyzajın Önemi .....	2
1.3. Peyzaj Alanlarında Sulama .....	3

### İKİNCİ BÖLÜM

#### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

9

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM  
MATERYAL YÖNTEM 11

3.1. Araştırma Alanı .....	11
3.2. Alan Verileri .....	12
3.3. Land FX'te Sulama Sisteminin Oluşturulması .....	13
3.3.1. Irrigation Manager Menüsü .....	14
3.3.2. Başlıkların Yerleşimi .....	16
3.3.3. Lateral Boruların Yerleşimi .....	17
3.3.4. Lateral Boruların Boyutlandırılması.....	18
3.3.5. Ana Boruların Yerleşimi ... ..	19
3.3.6. Ana Borunun Boyutlandırılması .....	20
3.3.7. Vanaların Yerleşimi .....	21
3.3.8. Doğrulama .....	22
3.3.9. İstasyon Vurgulama .....	25

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM  
ARAŞTIRMA BULGULARI 27

4.1. Başlıkların Yerleştirilmesi ve Sulama Deseninin Değerlendirilmesi .....	27
4.2. Hidrolik Hesaplamalar .....	29
4.3. Projenin Alana Uygulanması.....	31

BEŞİNCİ BÖLÜM	36
SONUÇ ve ÖNERİLER	
KAYNAKÇA .....	38
ÖZGEÇMİŞ .....	i



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Cm	Santimetre
M <sup>2</sup>	Metre kare
M	Metre
I <sub>y</sub>	Yağmurlama hızı
D <sub>n<sub>max</sub></sub>	Her Sulamada uygulanacak maksimum net sulama suyu miktarı
S <sub>A<sub>max</sub></sub>	Maksimum sulama aralığı
%	Yüzde oranı
D <sub>n</sub>	Net sulama suyu miktarı
D <sub>t</sub>	Uygulanacak toplam sulama suyu miktarı
T <sub>a</sub>	Sulama süresi
N <sub>max</sub>	Maksimum işletme birimi sayısı
N <sub>min</sub>	Minimum işletme birimi sayısı

## TABLÖLAR DİZİNİ

<b>Tablo No</b>	<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
<b>Tablo 1</b>	Aylık ETo Penman-Monteith verileri	12
<b>Tablo 2</b>	Sulama sisteminin projelendirilmesi için gerekli veriler	13
<b>Tablo 3</b>	Sulama dağılım gösterimi	28



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Irriworks/Irri Pro arayüzü	4
Şekil 2	HydroCalc arayüzü	4
Şekil 3	IrriCad arayüzü ve borulama	5
Şekil 4	Land F/X boru ve başlık yerleşimi	6
Şekil 5	Cropio su dağılım gösterimi	7
Şekil 6	Agroptima arayüzü	7
Şekil 7	Alanın konumu ve vaziyet görünüşü	11
Şekil 8	Irrigation manager penceresi	15
Şekil 9	Başlık seçim kutucuğu	16
Şekil 10	Lateral boru çizimi seçim aracı	17
Şekil 11	Boru boyutlandırma aracı	18
Şekil 12	Ana boru çizim aracı	19
Şekil 13	Ana borunun boyutlandırılması	20
Şekil 14	Vana yerleşim kutucuğu	21
Şekil 15	Doğrulama, hata tespit etme sekmesi	22
Şekil 16	Lateral boru doğrulama kutucuğu	23
Şekil 17	İstasyon vurgulama aracı	25
Şekil 18	Alandaki başlıkların yerleşimi ve başlıkların özellikleri	27

<b>Şekil 19</b>	Land F/X araç çubuğu	27
<b>Şekil 20</b>	Islatma deseninin oluşturulması	27
<b>Şekil 21</b>	Islatma deseni	28
<b>Şekil 22</b>	Boru hatlarının gösterimi ve sembollerin özellikleri	30
<b>Şekil 23</b>	Arazinin düzlenmesi	32
<b>Şekil 24</b>	Boru hatlarının kazılması ve yerleştirilmesi	33
<b>Şekil 25</b>	Alana ait fotoğraflar	34

# BİRİNCİ BÖLÜM

## GİRİŞ

Su, giderek azalan doğal ve değerli bir kaynaktır. Bu kaynağın etkin, verimli ve sürdürülebilir kullanımı günümüzün en önemli çevresel ve ekonomik meselelerinden biri olmaktadır. Artan nüfusun ve gelişen şehirlerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, mevcut su kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak zorunlu hale gelmiştir (Tejeda, 2016). Tarım başta olmak üzere, endüstriyel faaliyetler, kişisel ihtiyaçlar, tatlı su kaynakları her geçen gün azaltmaktadır (URL 1).

### 1.1. İklim Değişikliği ve Su

Her alanda olduğu gibi, bitkilerin yoğun olarak kullanıldığı peyzaj alanları için de su büyük önem arz etmektedir. Kişi başına düşen su miktarı Birleşmiş Milletler verilerine göre 1700 m<sup>3</sup>'ün altına olması su stresi, 1000 m<sup>3</sup>'ün altına olması ise su kıtlığı anlamına gelirken; Türkiye'de bu miktar 2023 yılı itibariyle yaklaşık 1300 m<sup>3</sup> civarına inmiş olup, ülkemizin su stresi yaşayan ülkeler arasında yer aldığı açıkça görülmektedir (Sarış, 2021). Bu değer; ayrıca, Türkiye'de toplam su kullanımının yaklaşık %74'ü tarımda, %13'ü sanayide ve %13'ü ise kentsel amaçlarla kullanılmakta olup (Demirel, 2022), peyzaj alanlarda kullanılan suyun yüzdesi tam olarak bilinmekle beraber tüm kısma girmektedir.

Artan nüfus, düzensiz kentleşme, iklim değişikliği, orman yangınları, yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesi ve yeraltı sularının aşırı çekilmesi gibi nedenlerle su kaynakları hızla azalmakta; yaz aylarında sıkça yaşanan su kesintileri ve kuraklıkla birlikte peyzaj alanlarındaki su yönetiminin de yeniden değerlendirilmesi ve sulama sistemlerinin bilimsel, verimli ve sürdürülebilir yöntemlerle tasarlanması kaçınılmaz hale gelmektedir (Çakır ve Çalış, 2007). Nitekim son 2-3 yıl içerisinde yaz aylarında Çanakkale başta olmak üzere su stresi yüksek illerde günlerce süren su kesintileri yaşanmış, bazı belediyeler sulama faaliyetlerini kısıtlamak veya geçici olarak durdurmak zorunda kalmış, suyu ne kadar önemli olduğu tekrardan gündeme gelmiştir.

## 1.2. Peyzajın Önemi

Peyzaj, sadece estetik bir ortam oluşturulmanın ötesinde, ekolojik dengenin korunması, kentlerdeki yaşanabilirliğin sağlanmasında ve sürdürülebilir bir çevre oluşumunun planlamasında kritik bir rol üstlenmektedir (Düzenli vd., 2019). Doğal ve yapay öğelerin uyumlu bir şekilde bir araya gelmesiyle birlikte oluşan peyzaj alanları; ses ve gürültü kirliliğini azaltan, yağmur suyunun emilmesiyle taban suyu seviyesini koruyan, hava kalitesini artıran ve bölgedeki iklim koşullarını düzenleyen işlevsel öğeler olarak öne çıkar (Müftüoğlu ve Perçin., 2015). Toprak, bitki ve suyun birlikteliği sayesinde atmosferdeki karbonu tutarak depolanmasını sağlar, böylece sera gazı emisyonları dengelenmekte birlikte iklim değişikliğine karşı dirençli kentsel alanlar tasarlanabilmektedir.

Peyzaj alanlarına toplum açısından bakıldığında, kent sakinlerine özellikle psikolojik rahatlama sağlayarak sosyal etkileşimi teşvik eden ve kültürel benliği güçlendiren önemli açık alanlardır. Meydanlar, parklar, botanik bahçeler, yürüyüş yolları gibi kamusal alanlar bireylerin doğayla etkileşimini artırırken, aynı zamanda insanların birbirleriyle olan uyumun iyileşmesine de katkı sunar (Öksüz ve Koçan., 2022). Geçtiğimiz zamanlarda pandemi sürecin boyunca açık ve yeşil alanların fiziksel ve zihinsel sağlık üzerindeki etkisi çok daha belirgin hale gelmiştir.

Peyzaj düzenlemeleri ekonomik değerler açısından ise taşınmaz değerlerinin artmasına ve yerel kalkınmanın gelişmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca sürdürülebilir peyzaj çalışmaları, uzun vadede doğru sistem kurulması şartıyla su tüketim maliyetlerini düşürerek kamu ve özel sektör için ekonomik tasarruf sağlamaktadır. Bitkilerin doğru seçilmesi, akıllı otomasyon sulama sistemleri ve yerel ekosisteme uygun tasarımlar doğrultusunda hem finansal hem de çevresel açıdan verimli sonuçlar elde edilebilmektedir.

### 1.3. Peyzaj Alanlarında Sulama

Peyzaj sulama sistemlerinden beklenen verimin elde edilebilmesi öncelikle doğru projelendirme ve tekniklerin uygulanmasına bağlıdır (Küçüksayan vd., 2011). Peyzaj alanlarına en çok basınçlı sulama sistemleri uygun olup bu sistemler içerisinde en çok tercih edilenler damla sulama ve yağmurlama sulama sistemleridir. Yağmurlama sulama sistemi, yağmuru taklit ederek, suyun belirli bir basınç altında su çıkışını sağlamakta ve böylelikle suyun daha çok homojen bir şekilde dağılmasına imkân vermektedir (Demirel vd., 2005). Bu sulama sisteminde farklı başlıklar kullanılabilmekte ve bu başlıkların yağmurlama hızları, atış mesafeleri, debileri ve çalışma basınçları değişkenlik gösterebilmektedir. Kullanılacak başlıklar alandaki toprak türüne, iklim koşullarına ve su kaynağına göre belirlenmektedir (Demirel vd., 2018). Alana uygun başlık seçimi ve başlıkların tertibi başarılı bir sulama projesi oluşturmanın en önemli adımıdır. Bitkisel alanlarda, özellikle çim gibi suyun homojen dağılması gereken alanlarda, eşit sulama sağlamak kaliteyi arttıracaktır.

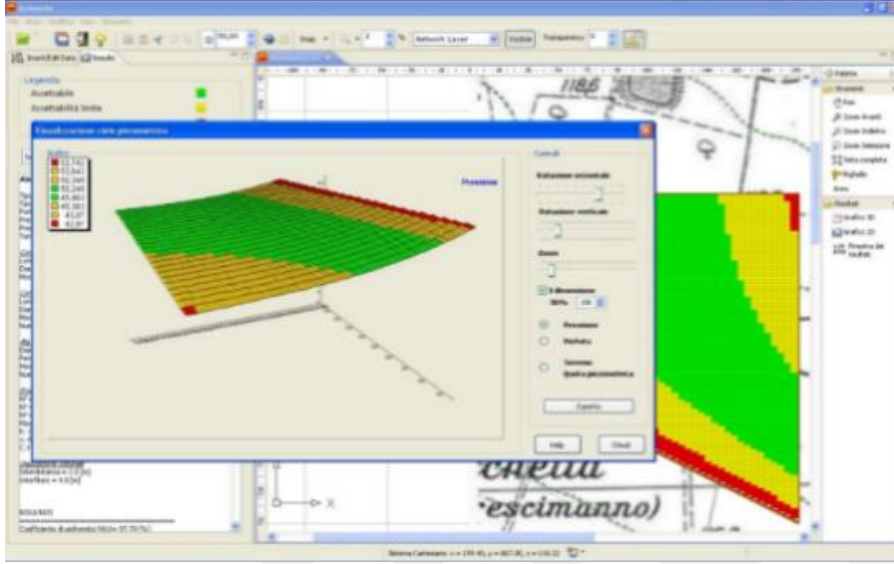
Peyzaj alanlarında sulama sistemlerinin tasarlanmasına yardımcı olabilecek birçok bilgisayar programı ve yazılımı bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak Irrisketch, Irrworks/IrriPro, HyrdoCalc, IrriCad, Land F/X and Irrigation, Cropio ve Agroptima gibi programlar ve yazılımlar gösterilebilir. Bu programların özellikleri şunlardır;

#### **Irriworks/IrriPro**

Sulama sistemi tasarlamak, su dağılımını belirlemek ve hidrolik hesaplamalar yapmak için kullanılabilir (Şekil 1). Direkt uydu üzerinden alan seçimi yaprak çizim yapılmasına olanak tanır. Özellikle peyzaj alanları için de yağmurlama sulama başlıkları konulmasına olanak tanır. Ancak başlıkların özellikleri, atış mesafesi gibi verileri elle girilmesi gerekmektedir.

Başta tarım için peyzaj alanlarında da damla sulama projesi çizilmesine yardımcı olur. Su kaynağını belirledikten sonra, ana boru ve yan ana boru (manifold) hattını

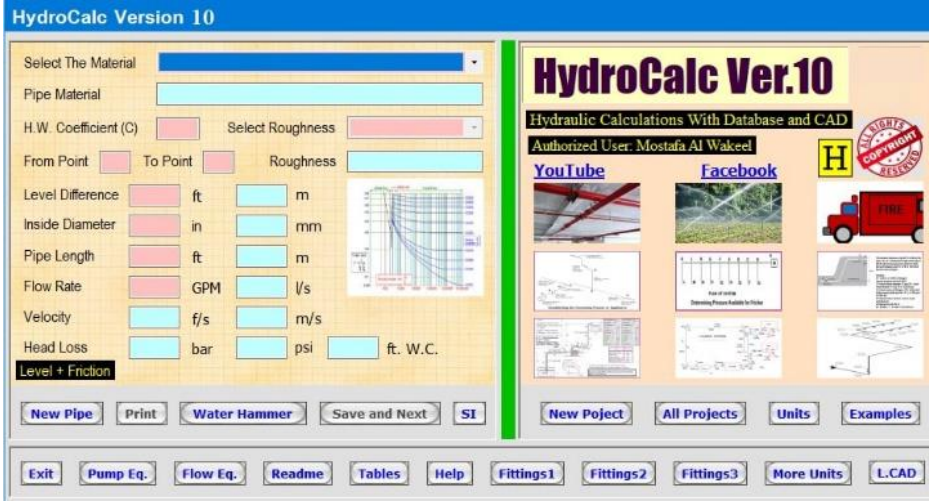
belirledikten sonra bitki değerlerini, su kaynağı özelliklerini girerek kendiliğinden damla sulama borularını alana uygun şekilde eğimi de göz önüne alarak oluşturulmasını sağlar. 3d grafik, animasyonlar ve raporlar sunarak tasarımın görselleştirilmese yardımcı olur.



şekil 1. Irrworks/Irri Pro arayüzü

## HydroCalc

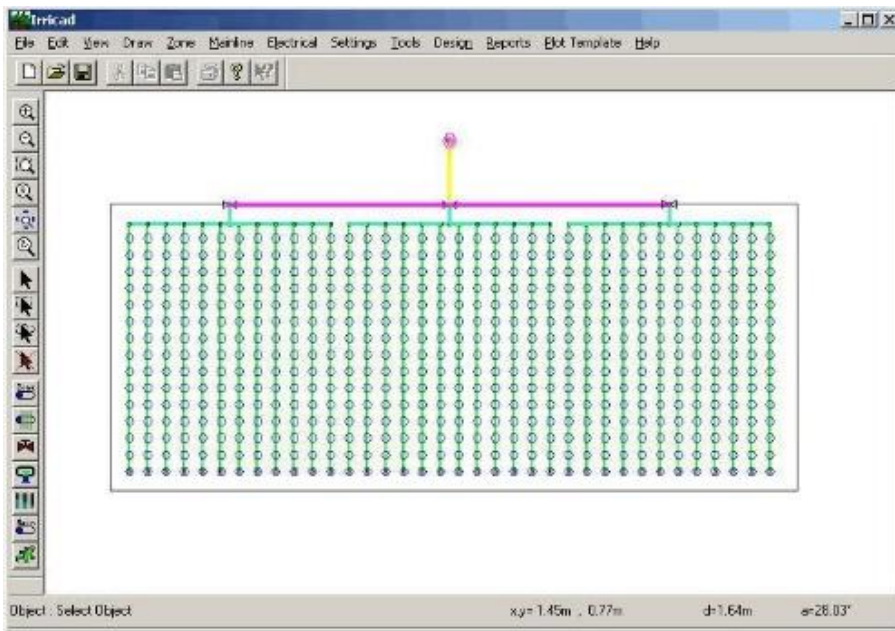
Sulama sistemlerinde en uygun sonuçları almak için kullanılan bir programdır (şekil 2). HydroCalc, sulama açı için uygun boru çaplarının, uzunluklarının ve basınç kayıplarının hesaplanmasını sağlar. Bu program, kullanıcının belirli bir sulama alanı için uygun sulama sistemi tasarımını seçmesine yardımcı olur. Program, sulama tasarımındaki boru çaplarını ve uzunluklarını belirlerken suyun basınç kaybını da hesaplar. Böylece, sulama sistemi için en uygun boru boyutları ve tasarımın düzgün çalışması için gerekli hesaplamalar yapılabilmektedir. Peyzaj mimarlar, ziraat mühendisleri ve sulama sistemlerini planlayan kişiler tarafından sıklıkla tercih edilen bir yazılımdır.



Şekil 2. HydroCalc arayüzü

## IrriCad

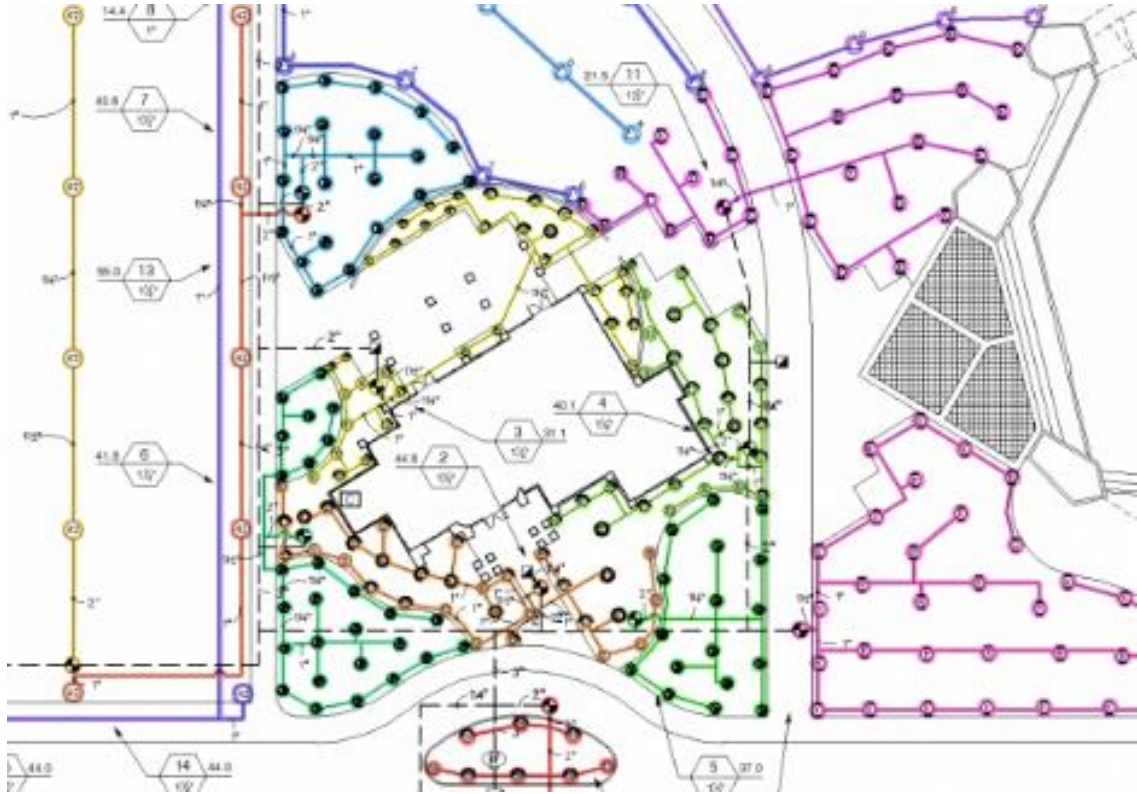
CAD tabanlı olan bu program, boru hatlarını boyutlandırma (Şekil 3) ve su kaynağını analiz ederek çizilen tasarımı bir araya getirerek grafik oluşturulmasını sağlar. Ayrıca boru hatlarındaki ek parçalarını otomatik olarak seçilmesini sağlayarak malzeme listesini düzenli bir şekilde çıkarılmasına yardımcı olur. Ayrıca, yağmurlama sulama başlıları, Damla sulama hatları ve su ıslatma deseni oluşturma gibi özellikleri bulunmaktadır.



Şekil 3. IrriCad arayüzü ve borulama

## Land F/X and Irrigation

Özellikle peyzaj mimarları ve tasarımcılar için hazırlanmış CAD tabanlı bir yazılımdır. Peyzaj alanlardaki detayları, donatıları ağaçları, ağaç sıra aralıklarını ve sulama sistemlerini oluşturmaya yardımcı olur. Başlıca sulama konusunda ise, birçok sulama firmalarının verilerini içerisinde bulundurarak kullanıcıya büyük bir olanak sağlamaktadır. Başlık desenlerinin oluşturulması, damla sulama hattının çekilmesi (Şekil 4), debi hesabının yapılması, ıslatma deseninin oluşturulmasını sağlayarak bu verileri lejanta işler.



Şekil 4. Land/FX boru ve başlık yerleşimi

## Cropio

Tarım alanlarında sulama, gübreleme, toprak verimliliği, ürün yönetimi gibi işlerim yönetimini kontrol etmeyi sağlayan yazılım programıdır. Bu programın uydu görüntüleri,

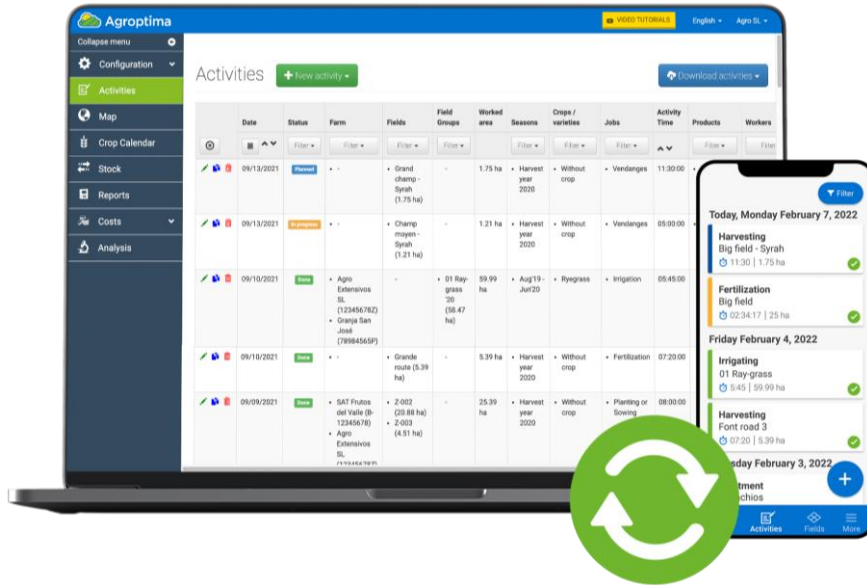
su dağılımı (Şekil 5) besin eksikliği, nitrojen eksikliği, su eksikliği, ekim ve uygulama hataları, Mahsul tahmini gibi sorunların belirlenmesine yardımcı olur.



Şekil 5. Cropio su dağılım gösterimi

## Agroptima

Tarım alanlarındaki tüm işlemlerin takibi ve yönetimini sağlayan yazılım programıdır (Şekil 6).



Şekil 6. Agroptima arayüzü

Land F/X ise diğerk programlardan farklı olarak peyzaj projelerinde, AutoCAD uyumlu çalışarak tasarımların hızlı şekilde oluşmasına olanak tanır. Tarım alanından çok peyzaj mimarlığı alanında odaklıdır. Alana hızlı bir şekilde başlık yerleşiminin yanı sıra görselleştirme, grafik çizimleri, metraj, detay çizim ve otomatik malzeme listesi oluşturulması gibi hızlı çözümler sunar.

Bu çalışmada, Çanakkale ili Ezine ilçesi vecik Köyü'nde bulunan 650 m<sup>2</sup>'lik bir alan için yağmurlama sulama sistemi AutoCAD tabanlı Land F/x programında sulama desenini en uygun şekilde yerleştirmek amaçlanmıştır. Alandaki su dağılım deseni söz konusu program kullanılarak görsel olarak ortaya çıkarılmış ve kullanılacak sisteme uygun başlıklar, boru çapları, vanalar seçilmiştir. Böylece alan için doğru ve verimli bir sulama sisteminin oluşturulması sağlanmıştır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Rasheed ve Al-Adil (2015), Irak'ın Maysan ve Wasit bölgelerinde yapılan bu proje çalışmada, CROPWAT ile bitki su ihtiyacı belirlenmiş, EPANET ile yağmurlama sulama modellenmiş ve SPAW modeliyle toprak özellikleri değerlendirilmiştir. Tasarımın sonucunda, yağmurlama sulama projesinde kullanılan sulama başlık sisteminin toplam su kaynağı debisi 113 m<sup>3</sup>/saat, yağış oranı 5.04 mm/saat olarak hesaplanmıştır.

Demirel vd. (2018), Çanakkale Kumkale Ovası'nda rastgele seçilen 20 damla sulama işletmesini tasarım açısından incelemiş ve Irripro programıyla eş su dağılımı haritaları oluşturmuştur. Sonuç kısmında, kontrol birimlerinde filtre kullanımının çok düşük olduğu, yalnızca %15'inin eş su dağılım kriterlerini sağladığı belirlenmiştir. Ortalama CU %95,55 ve EU %85,95 olup istenen değerlerin altındadır. Yetersiz filtreleme, yanlış damlatıcı aralığı ve debisi, boru ölçüleri ile pompa seçimindeki hatalar, su girişinde yüksek ve uç noktalarda düşük basınç oluşmasına neden olmuştur. Genel olarak sistemlerin teknik olarak uygun tasarlanmadığı, bu nedenle eş su dağılımının yetersiz olduğu sonucuna varılmış; kurulum öncesi uzman mühendislerce projelendirme ve yazılım destekli analiz önerilmiştir.

Darwish vd. (2021) Mısır'ın Giza bölgesindeki yaklaşık 138 hektarlık bir tarım alanında damla sulama sisteminin en uygun şekilde tasarlanması için HydroCalc yazılımının uygulanmasını incelemiştir. GPS kullanılarak arazi koordinatları belirlenmiş, HydroCalc kullanılarak boru çapları ve uzunlukları seçilmiş, basınç kayıpları program aracılığıyla hesaplanmış ve sonuçlar AutoCAD ile dijital ortama aktarılmıştır. Program sayesinde lateral, manifold ve ana boru hatları için ekonomik çaplar ve uygun çalışma basınçları belirlenmiş, böylece hem kurulum maliyeti azaltılmış hem de sulama verimliliği artırılmıştır. Elde edilen damla sulama tasarımı, farklı eğim koşullarında yüksek su dağılım düzgünlüğü sağlamış ve ağaç, sebze ile tarla bitkileri için ayrı sulama düzenleri oluşturulmuştur. Tasarımın sonucunda HydroCalc'ın, damla sulama sistemlerinde optimum tasarımın belirlenmesinde güvenilir ve ekonomik bir araç olduğu vurgulanmıştır.

Creaco vd. (2023), EPANET, CROPWAT ve genetik algoritma bir araya getirilerek, Hindistan'ın Maharashtra bölgesindeki Pawale sulama projesi için mikro-sulama tasarımı yapılmıştır. CROPWAT ve EPANET kullanılarak hidrolik analizi gerçekleştirmiş, genetik algoritma ise en düşük maliyetli boru ağını belirlemişlerdir. Bu yöntemle, geleneksel tasarımlara göre yaklaşık %20 daha düşük maliyet elde edildiğini bildirmişlerdir.

Dongare vd. (2023), Bota bölgesinde sulama projesi, GIS ve uzaktan algılama verileriyle birlikte EPANET kullanılarak modellemişlerdir. Uydu görüntüleri ve hidrolik veriler analiz edilmiş; düşük basınç, yüksek baş kaybı ve sızıntı sorunları tespit edilerek pompalar ve yeni hatlar önerilmiştir. Bu yaklaşım, sistem etkinliğini önemli ölçüde artırmıştır.

Hameed vd. (2023), Irak'ta yaptıkları çalışmada, EPANET yazılımı ile iki farklı simülasyon (S1 ve S2) karşılaştırılmıştır. Yazılım sayesinde S1'te tüm giriş noktalarındaki basınç tasarım standardı olan 2.5 bar'ın altında kalırken (en fazla 0.721 bar), S2'de minimum basınç yaklaşık 2.632 bar'a ulaştığı bildirilmiştir. S2 ayrıca akış hızı ve pompa istasyonunun çalışma süresi açısından daha ekonomik bir seçenek sunduğu ve sistem sektörleşmesinin sulama verimliliğine olumlu etkisi olduğunu göstermiştir



### 3.2. Alan Verileri

Bölgenin iklim ve toprak özellikleri dikkate alınarak yapılan saha çalışmaları sonucu çimin su ihtiyacı hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar Climwat ve Cropwat programları kullanılarak yapılmış ve elde edilen veriler Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1

Aylık ETo Penman-Monteith verileri

Ülke: Konum 15 Rakım: 3 m			İstasyon: Çanakkale Enlem: 40.13 °K		Boylam: 26.40 °D	
Ay	Min. Sıcaklık (°C)	Maks. Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)	Rüzgâr (km gün <sup>-1</sup> )	Rad (MJ m <sup>2</sup> gün <sup>-1</sup> )	ETo (mm gün <sup>-1</sup> )
Ocak	3.0	9.5	79	320	5.7	1.12
Şubat	3.5	10.2	77	354	8.4	1.42
Mart	4.7	12.4	75	311	11.7	1.88
Nisan	8.4	17.2	74	277	17.5	2.83
Mayıs	12.5	22.5	71	233	22.2	4.02
Haziran	16.3	27.5	63	251	25.5	5.51
Temmuz	18.8	30.2	60	277	26.7	<b>6.36</b>
Ağustos	18.8	29.8	59	285	24.4	6.05
Eylül	15.5	26.2	64	277	17.8	4.35
Ekim	11.5	20.4	73	277	11.4	2.53
Kasım	8.3	15.9	76	285	7.2	1.64
Aralık	5.3	11.8	78	328	5.2	1.25
Ortalama	10.6	19.5	71	289	15.3	3.25

Toprak verileri, su kaynağı bilgileri, yeşil alan miktarı dahil olmak üzere sulama sisteminin tasarlanması sürecinde gerekli olan bilgiler Tablo 2’de verilmiştir. Bu bilgiler,

yerinde yapılan incelemeler, alanda dikilecek bitkiler ve peyzaj projesi dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 2

Sulama sisteminin projelendirilmesi için gerekli veriler

Alan (m <sup>2</sup> )	650
Sulama yapılacak alan (m <sup>2</sup> )	289
Bitki su tüketimi (ET), (mm gün <sup>-1</sup> )	6.36
Etkili kök derinliği (D), (m)	Çim=0.30
Kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen kısmı (Ry), (%)	30
Toprak bünye sınıfı	Orta bünyeli
Kullanılabilir su tutma kapasitesi (dk), (mm m <sup>-1</sup> )	160
İnfiltrasyon hızı (I), (mm saat <sup>-1</sup> )	20
Su uygulama randımanı (Ea), (%)	80
Su kaynağı debisi (Q), (L saniye <sup>-1</sup> )	2
Günlük izin verilen sulama süresi (saat)	4

Böylelikle sulama sisteminin tasarlanabilmesi için gerekli olan tüm bilgiler belirlenmiş ve detaylı bir şekilde değerlendirilmiştir. Bu analizler doğrultusunda elde edilen veriler toplanarak AutoCAD Land F/X yazılımına girilerek hidrolik hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

### 3.3. Land FX'te Sulama Sisteminin Oluşturulması

Bu program özellikle peyzaj mimarları ve tasarımcılar için hazırlanmış CAD tabanlı bir yazılımdır. Peyzaj alanlarındaki detayları, donatıları, ağaçları, ağaç sıra aralıklarını ve sulama sistemlerini oluşturmaya yardımcı olmaktadır. Birçok sulama firmasının verilerini içerisinde bulundurarak kullanıcıya büyük bir olanak sağlamaktadır. Başlık desenlerinin oluşturulması, damla sulama hattının çekilmesi, debi hesabının yapılması, ıslatma deseninin

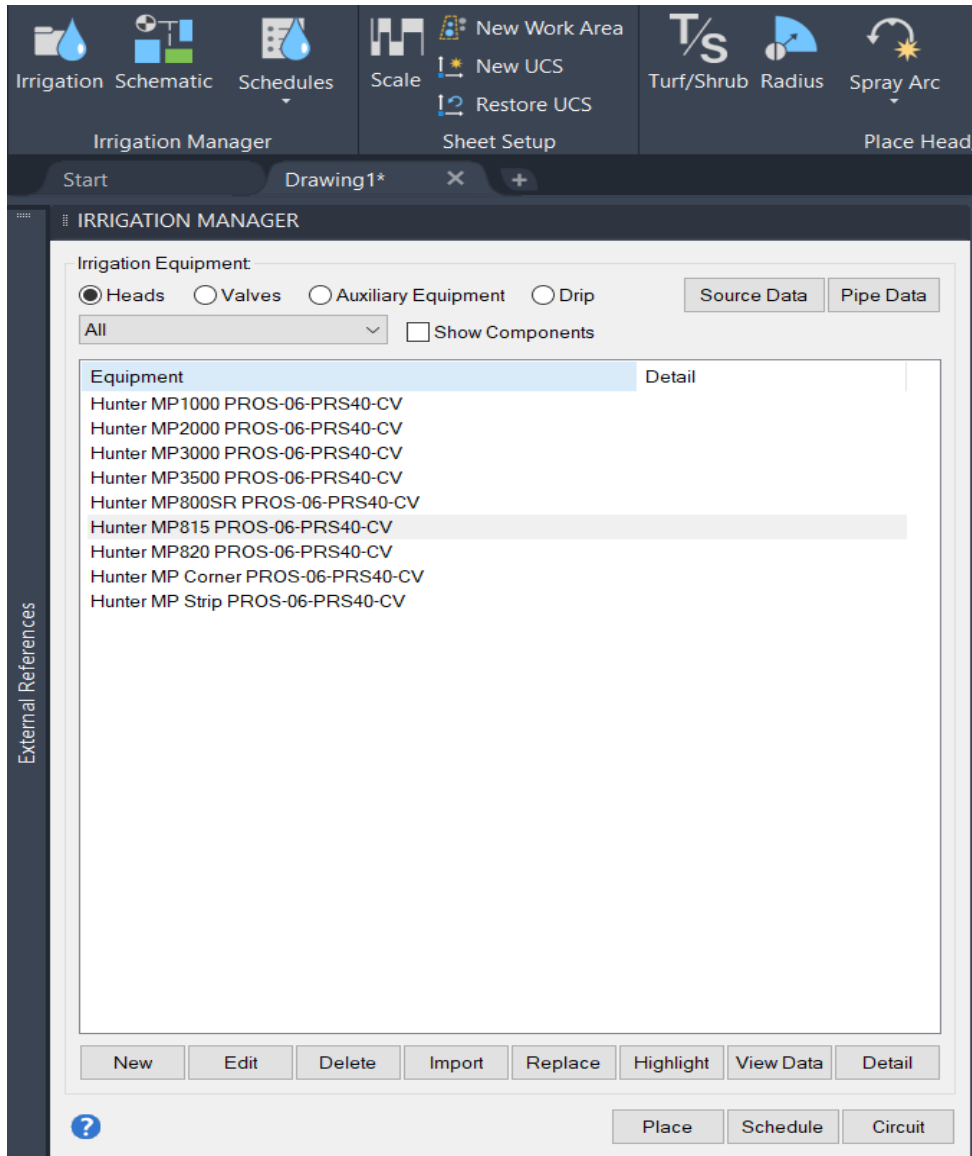
oluşturulması gibi özellikler sayesinde kullanıcılara sulama projelerini tasarlama imkânı vermektedir.

AutoCAD Land/FX program yardımıyla tasarlanan sistemde, yağmurlama başlıklarının seçimi, alana konumlandırılması ve sulama deseninin oluşturulmasından sonra, ön projelendirme hesaplamaları yapılmıştır. Vana sayıları belirlendikten sonra boru hatlarının yerleşimiyle boru hesabı yapılarak malzeme listesi oluşturulmuştur. Sulama sisteminin tasarlanması ve analiz edilmesi sağlanmış, suyun etkin kullanımına yönelik bilimsel bir yaklaşım geliştirilmiştir. Son aşamada ise tasarımın ekonomik ve teknik analizi yapılarak programın etkinliği değerlendirilmiştir.

Sulama sisteminin projelendirilmesinde tüm verileri bir arada tutmak için F/x Admin sekmesinden “Project List” seçilerek proje veri tabanı oluşturulur. Bu aşamadan sonra sulama planı için ölçek ayarlamaktır. Bu önemli adım olmadan, yerleştirilen semboller kendilerini ne kadar büyük göstereceklerini bilemeyecekleri için ölçeğin ayarlanmasıyla projeye yerleştirilmeye hazır hale gelmektedir.

### **3.3.1 Irrigation Manager Menüsü**

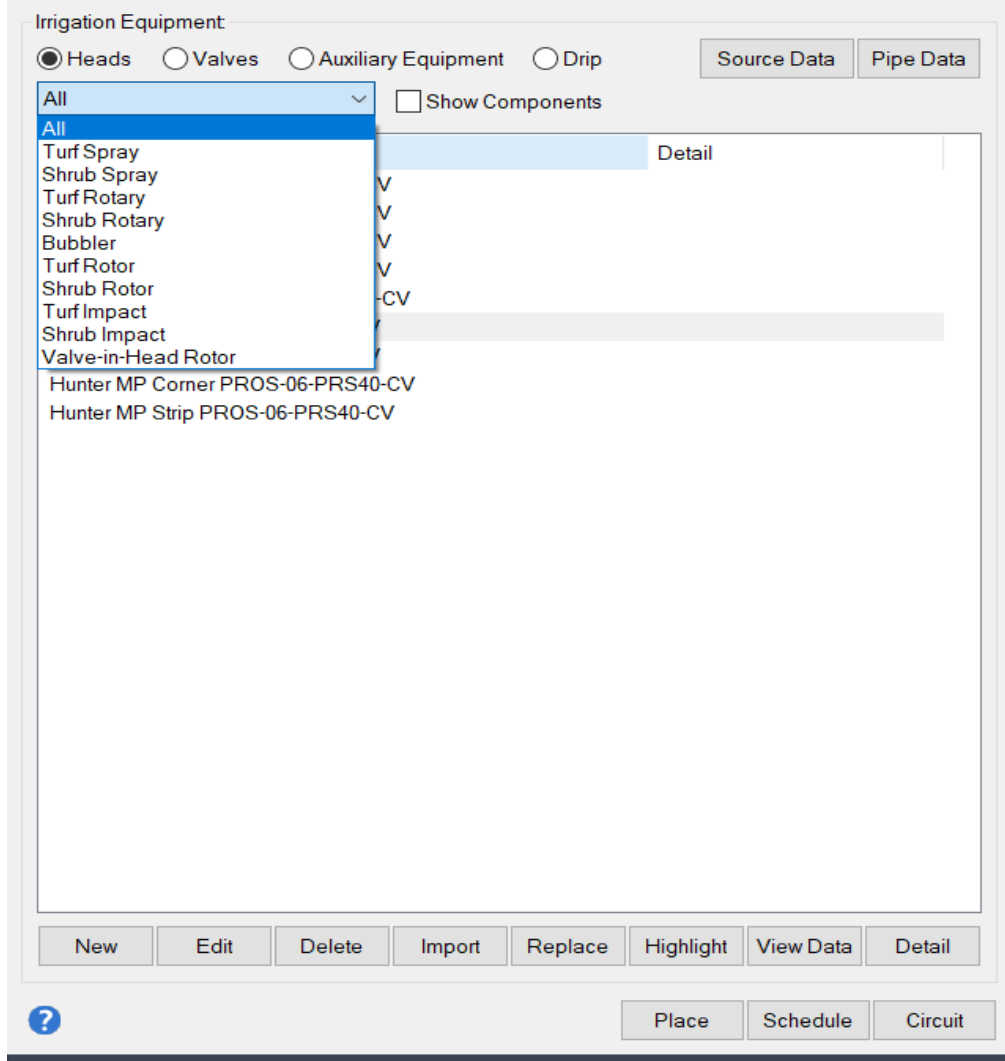
Başlık özellikleri ve seçiminde “Irrigation Manager” (Şekil 8) kısmından “Heads” işaretlenerek kullanılacak başlık tipi seçilir ve sonrasında “New” seçilerek seçilen özelliklerdeki başlıklar listelenir. Su kaynağı, sulama projemizin önemli bir parçasıdır. Su kaynağın özelliklerini belirlemek için “Source Data” sekmesi kullanılarak proje için bir su debisi, basıncı, su kaynağı noktası, gibi önemli özellikler belirlenir. “Pipe Data” aracıyla, ana boru, lateral boru, kılcal boruların yanı sıra bu boruların özellikleri için de çeşitli boru sınıfları oluşturulur. Solenoid vanalar için, “Valves” işaretlenerek vananın özelliği belirlenir ve “New” sekmesinden seçilen özelliklere göre vanalar listelenir. “Edit” sekmesinden boru, sulama başlığı veya vanaların çapları, model adı, program adı, semboller gibi seçimler buradan düzenlenmektedir. Otomasyon sulama sistemi için bir kontrol ünitesi gereklidir. Bunu projede göstermek ve en son yapılacak metraja eklemek için “Auxiliary Equipment” kısmından “Controller” seçilerek istenilen kontrol ünitesi seçilir.



Şekil 8. Irrigation manager penceresi

### 3.3.2. Başlıkların Yerleşimi

Sulama başlığı yerleştirilirken, “Irrigation manager” kısmından “Heads” kutucuğu seçilir (Şekil 9).



Şekil 9. Başlık seçim kutucuğu

Seçim yapıldıktan sonra istenilen başlığın özelliklerine göre listeleme olmaktadır. Seçilen başlığın türünü projeye ekledikten sonra, o modele ait tüm memeler (nozzles), seçenekler ve ilgili semboller otomatik olarak çizimini yerleştirilmek üzere kullanılabilir hâle gelmektedir. Ayrıca, seçilen tasarım basıncına (design pressure) ilişkin tüm performans verileri de beraberinde açılmaktadır. Sulama başlıkları, hem üst şerit (ribbon) üzerindeki

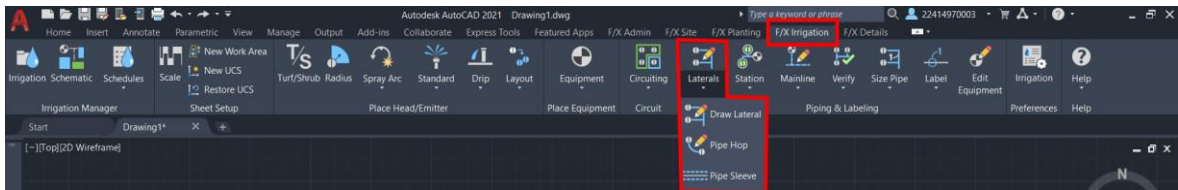
açılır menülerden (flyouts) hem de Sulama Yöneticisi (Irrigation Manager) aracılığıyla yerleştirilebilir.

İlk olarak sabit açılı başlıklar (fixed arc heads) yerleştirilir. Yerleştirilen başlığın açısını ayarlamak için seçilen başlığa tıkladıktan sonra imleç, yarıçapı (Radius) yansıtan bir hedef simgesine dönüşür. Sol tıklamayla beraber yayı (arc istediğimiz yöne döndürerek istenilen açı belirlenir. Tekrar sol tıklayarak yerleşim tamamlanır. Yerleşimi tamamlamak için sağ tuş veya ESC (escape) tuşuna basılır.

“Adjustable Nozzle” (Ayarlanabilir çıkış ağzı) yerleşimi için ilk önce Ayarlanabilir çıkış ağzı/meme seçilip “Place” (Yerleştir) seçeneğine basılır. Başlık konumunu belirlemek için bir kez sola tıklayarak ardından spre yayının başlangıç ve bitiş noktaları belirlenir. Sulama başlığının hayali su dağılım çizgisinin başlangıcını tanımlamak için tekrardan sol tuşa basılır. Hayali sulama deseni her zaman saat yönünün tersine hareket edecek şekilde tanımlanmıştır. Sulama deseninin yayını ayarladıktan sonra tekrardan sol tuşa tıklanarak işlem tamamlanmış olmaktadır. Tamamlanan sulama deseni memenin dış katmanında, seçilen atış mesafesi olacak şekilde bir katmanla gösterilir.

### 3.3.3. Lateral Boruların Yerleşimi

Lateral boruları çizmeye başlamak için, “Irrigation Ribbon” (Sulama Şeridi) üzerindeki Draw Lateral (Lateral Çiz) seçeneği seçilir (Şekil 10). İmleç, bir seçim kutusuna dönüşerek sulama başlığı seçmeniz istenilmektedir.



Şekil 10. Lateral boru çizimi seçim aracı

Komut satırında şu şekilde kısa yollar bulunmaktadır;

- Klavye kısayollarını görmek için K tuşu.
- Başlıklara otomatik olarak hizalanmak için H tuşu
- Boru sınıfını değiştirmek için C tuşunu veya rakam tuşlarını kullanılmaktadır.

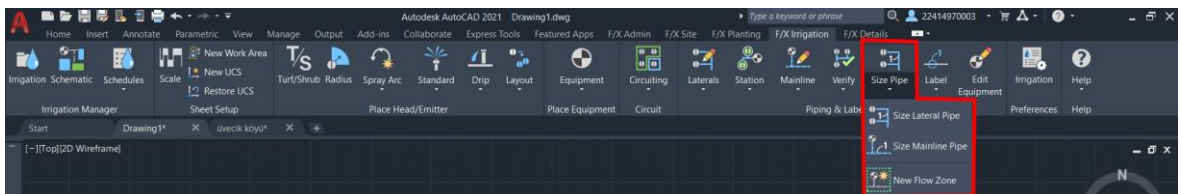
Boru, başlıklara bağlandığında, başlıklar sarı renkle vurgulanır. Lateral boruları çizerken vurgular görünür hale gelir ve neye bağlandığı şu renklerle gösterir:

- Sarı: başlıklar ve vanalar
- Macenta: boşlukta bir nokta
- Kırmızımsı turuncu (cayenne): mevcut boru
- Yeşil: mevcut bağlantı elemanı

Lateral boru çizimini istediğimiz zaman sağ tıklayarak veya Escape tuşuna basarak sonlandırılmaktadır.

### 3.3.4. Lateral Boruların Boyutlandırılması

Lateral boruların boyutlandırılması için Land/FX şeridinde bulunan “Size Lateral Pipe” (Yan Boru Boyutlandır) düğmesine tıklanır (Şekil 11).

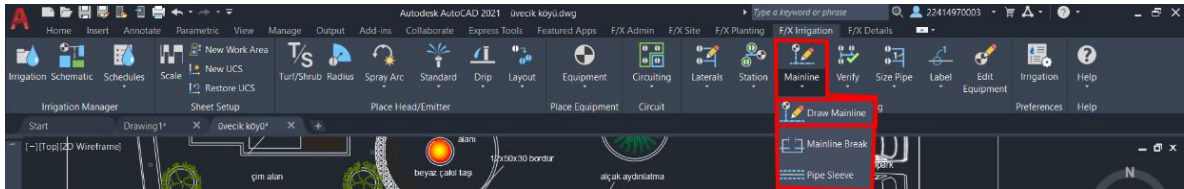


Şekil 11. Boru boyutlandırma aracı

Buradan bir ya da birden fazla vana seçilir. Seçilen vanalara sağ tıklayarak tüm lateral boruları tek seferde boyutlandırılması gerçekleşir. Bir vana seçildiğinde, “Size Lateral Pipe” ileti kutusu açılır. Bu ileti kutusunda sistem basıncı, seçilen vananın başlıktan aldığı değerlere göre belirlenir. Sistemin ne kadar basınç kaybına izin vereceğini belirlemek için “Pressure Variation” (Basınç Değişimi) aracı kullanılır. Sürtünme kaybı, mevcut bölgedeki akış miktarı ve seçilen vana için ayarlanan maksimum hıza göre hesaplanır. Bu bölgede boru bağlantılarından kaynaklanacak basınç kaybını ayarlamak için “Fittings Factor” (Bağlantı Faktörü) aracı kullanılır. “Loss Through Valve” (Vana Kaybı) menüsü, mevcut vana boyutunu ve buna ait basınç kaybını gösterir, ayrıca farklı bir vana boyutu seçerek buna ait kaybı da görmemize olanak tanımaktadır. Lateral boruların boyutlandırması için tüm ayarları yaptıktan sonra, gereken basınç değeri ve seçilen vanaya bağlı tüm boru boyutları için akış oranları burada görüntülenir. Seçilen vanaya bağlı lateral borular boyutlandırılacak, kendi boru boyutlarına göre renk kodlu hale gelecek ve sistem boyunca açıklama (call-out) etiketleri yerleştirilecektir.

### 3.3.5. Ana Boruların Yerleşimi

Ana hat borusunu çizmeye başlamak için, “Irrigation Ribbon” (Sulama Şeridi) üzerindeki “Draw Mainline” seçeneğine (Şekil 12) tıkladığında imleç çizim işlemi başlatmak için bir seçim kutusuna dönüşecektir ve bir sonraki noktayı veya vanayı seçmemiz gerekecektir.



Şekil 12. Ana boru çizim aracı

Komut satırının çeşitli işlevleri bunlardır:

- Klavye kısayollarını görmek için K tuşu.

- Boru sınıfını değiştirmek için C tuşunun veya rakam tuşlarının kullanımı.

“Draw Mainline” aracı, sahaya gerçek bir boru dşüyormuşuz gibi çalışır.

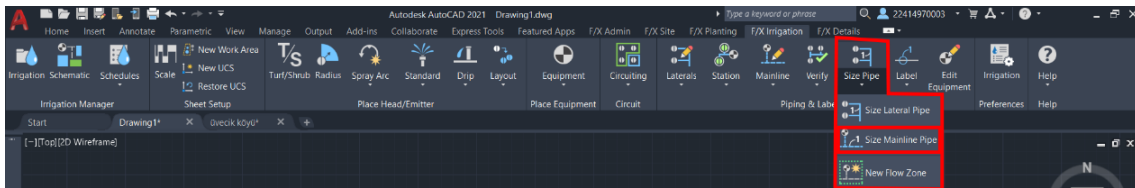
Çizdiğimiz ana hat borusu yalnızca aşağıdaki ana hatla ilişkili egelere bağlanır:

- Vanalar
- Su kaynağı
- ek valf
- Bağlantı parçaları

Ana hat borusu, sulama başlığı veya ağaç gibi direkt ana hatla ilişsiz nesnelere bağlanmaz. “Crosshair” (Seçim kutusu) alanında vana, bağlantı parçası veya boru varsa, bu nesnelere otomatik olarak hizalanır. Ana hat ekipmanları, doğrudan ana hat üzerine de yerleştirilebilir. Ana boru hattı çizimi istediğimiz zaman sağ tıklayarak ya da “Escape” (ESC) tuşuna basarak sonlandırılabilir.

### 3.3.6. Ana Borunun Boyutlandırılması

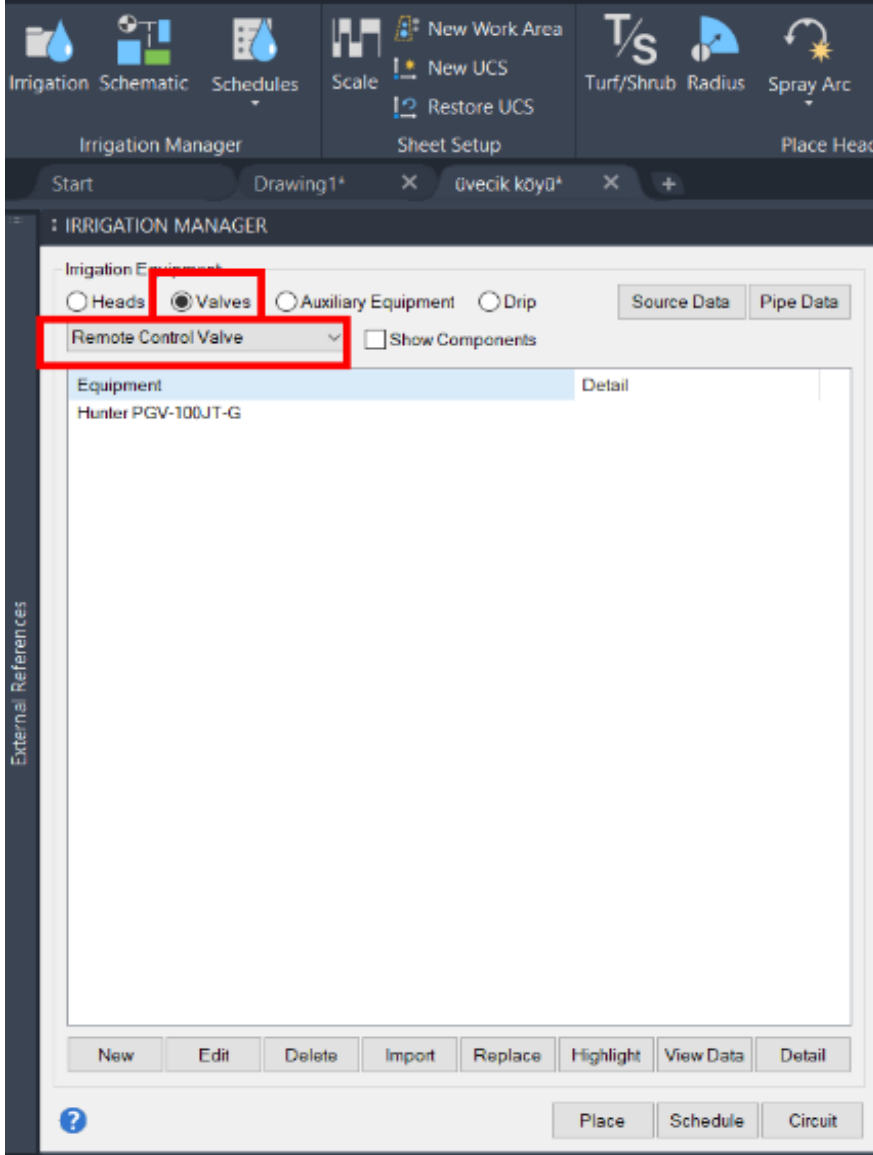
Ana borunun boyutlandırılması için Land/FX şerisinde bulunan, “Size Mainline Pipe” (Ana Boru Boyutlandır) aracı ile yapılmaktadır (şekil 13). Yalnızca bir su kaynağı varsa, “Size Mainline” ileti kutusu açılır. Bu ileti kutusunda, sulama sistemini tek bir vananın aynı anda çalışması veya belirli bir maksimum ana boru akışı ile birden fazla vananın aynı anda çalışması seçenekleriyle boyutlandırma ayarları bulunur.



şekil 13. Ana borunun boyutlandırılması

### 3.3.7. Vanaların Yerleşimi

Vanalar projeye “Irrigation Ribbon” (Sulama Şeridi) ve “Irrigation Manager” (Sulama Yöneticisi) üzerinden yerleştirilir. Bir vanayı projeye yerleştirmek için, “Irrigation Manager” menüsünden “Remote Control Valve” (Uzaktan Kumandalı Vana) seçilir ve ardından “Place” seçeneğine tıklanır (Şekil 14) ardından bir boyut (çap) seçilir. Vana yerleşimini ve konumunu belirlerken hangi boyutta olacağını bilmesine gerek duyulmamaktadır ve bu daha sonra da ayarlanabilir. Yerleştirme işlemi sırasında, ilk sol tıklamayla konumu belirlenir. Ardından, rotasyon (dönüş açısı) ayarlanır.



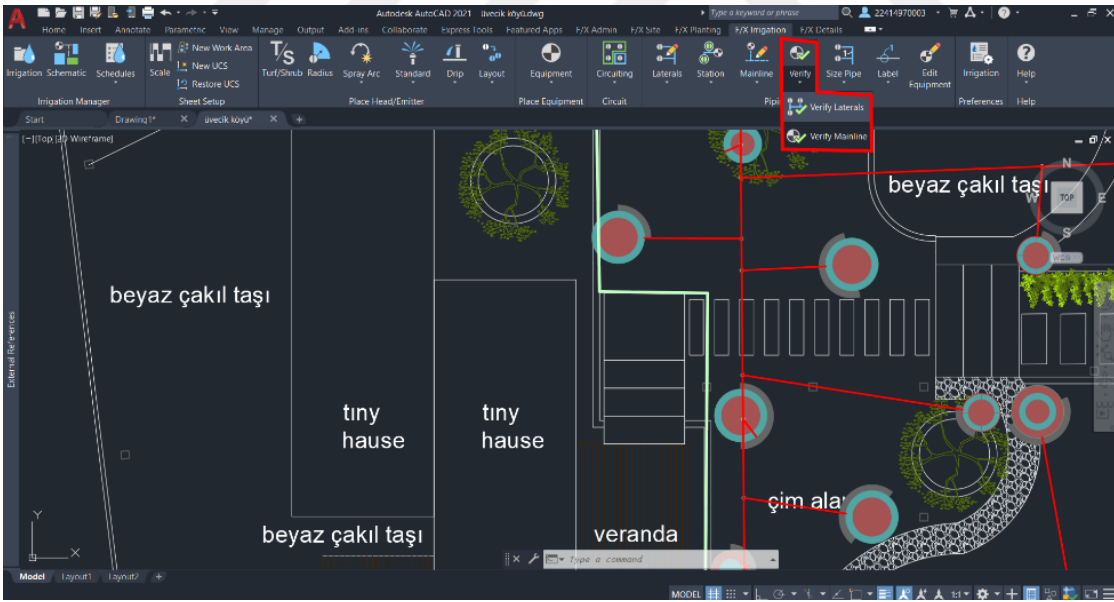
Şekil 14. Vana yerleşimi kutucuğu

- Sağa tıklayarak, rotasyon olmadan yerleştirilir.
- Sola tıklayarak, belirli bir dönüş açısıyla yerleştirilir.

İsteğe göre projeye “Shutoff Valve” (Kesme Vanası) ve “Master Valve” (ana vana) da eklenebilir.

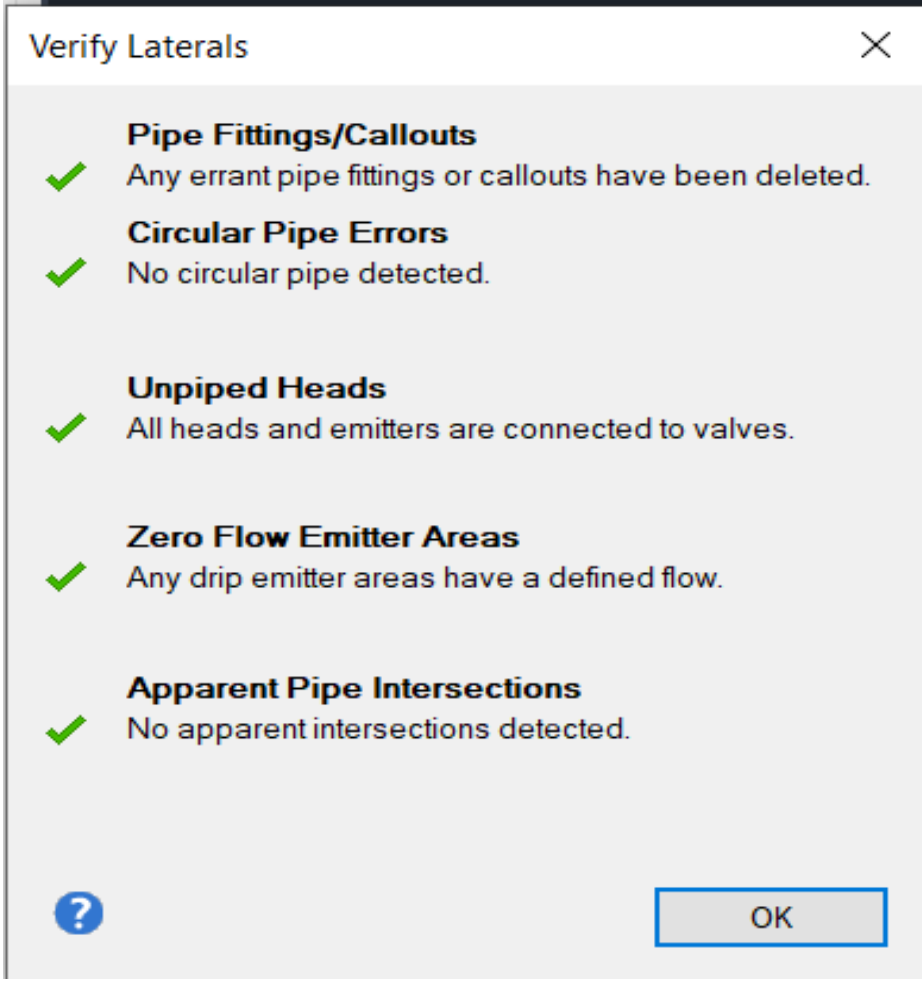
### 3.3.8. Doğrulama

Projede tüm sulama başlıklarını “Draw Lateral Pipe” (Yan Boru Çiz) aracıyla bağlantısını yaptıktan sonra, “Verify Laterals” (Yan Boruları Doğrula) aracı sayesinde hiçbir başlığın atlanmadığından veya yanlış bir şekilde bağlanmadığını doğrulamak için kullanılmaktadır. Bu kısımdan hem lateral hem de ana borunun doğrulaması yapılmaktadır (Şekil 15).



Şekil 15. Doğrulama, hata tespit etme sekmesi

Özellik seçildikten sonra doğrulama işlem başlar ve işlem tamamlandığında “Verify Laterals” ileti kutusu açılır. Bu kutuda, projede olabilecek çeşitli hataların listesi yer alır. Eğer çiziminizde bu hatalardan herhangi biri varsa, o hatanın yanında kırmızı bir “X” işareti ve hatanın kaç kez oluştuğu görüntülenir (Şekil 16).



Şekil 16. Lateral boru doğrulama kutucuğu

“Verify Laterals” bu işlemleri otomatik olarak yapar:

- Fazla veya yanlış yerleştirilmiş boru bağlantı parçaları varsa etiketleri silmektedir.
- Dairesel borulama hatalarını tespit eder ve bunları açık kırmızı bir renk ile vurgulanmaktadır.
- Vanaya bağlı olmayan tüm başlıkları tespit eder ve yeşil renkte işaretlemektedir.
- Debisi sıfır olan damla sulama alanlarını belirlemektedir.
- Üst üste binen boruları algılamaktadır.

Tüm tespit edilen hataları düzelttikten sonra, “Verify Laterals” aracını tekrar çalıştırarak tüm hatalar yeşil onay işaretine döndüğünde, projedeki tüm sorunları başarıyla giderildiği anlamına gelmektedir.

Projede ana boru çaplarının belirlenmesinden önce, tüm ana hatla ilgili bağlantıların yapılması gerekmektedir (vanalar, su kaynağı, lateral borular, sulama başlıkları). Bu aşamada “Verify Mainline” (Ana Hattı Doğrula) aracı, lateral doğrulama aracında olduğu gibi, vana, kontrol ünitesi ve etiketlerle ilgili borulama hatalarını kontrol edilmesine yardımcı olmaktadır. Bu araç sayesinde projedeki hatalar tespit edilip düzeltilmelidir.

“Verify Mainline”, Land/FX şeridinde (Irrigation Ribbon) yer alır. Bu araç seçildikten sonra doğrulama süreci (Verify) başlamakta ve ardından “Verify Mainline” ileti kutusu açılmaktadır. Bu kutuda ana boruyla ilgili verilerin bir özeti görüntülenir. Yeşil onay işaretleri, öğelerin doğru ve eksiksiz olduğunu gösterirken; kırmızı “X” işareti, hatalı öğeleri ve kaç kez tekrarlandığını belirtir.

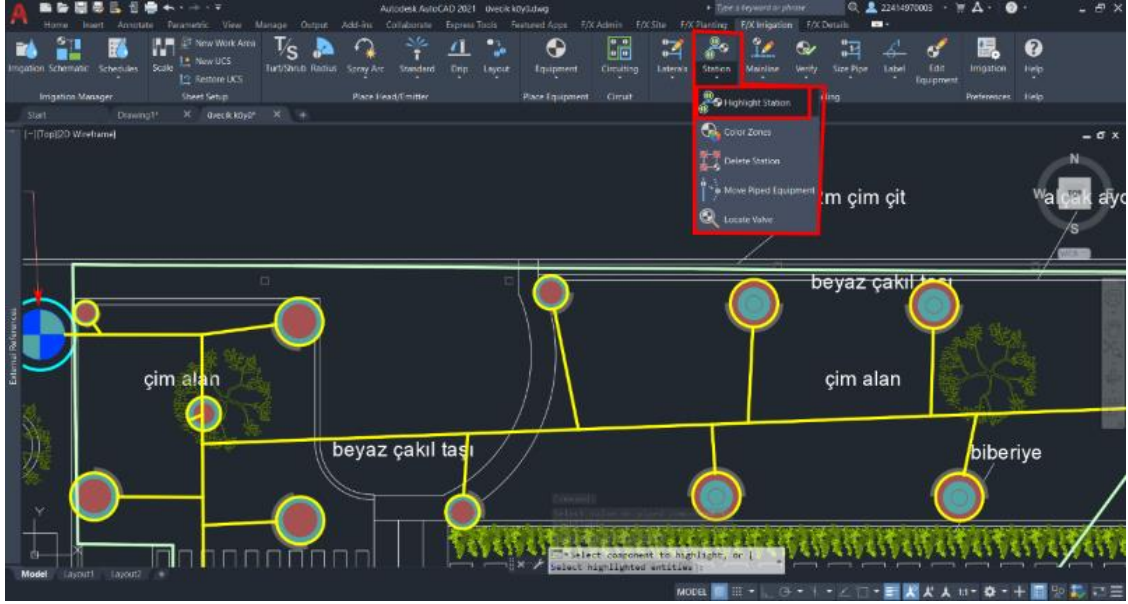
Verify Mainline aracı bu işlemleri gerçekleştirir:

- Bağlı olmayan bağlantı parçalarını otomatik olarak silmek.
- Tüm vana etiketlerinin (Call-Out) geçerli vanalara bağlanıp bağlanmadığını kontrol etmektedir.
- Çizimde bir kontrol ünitesinin yerleştirilip yerleştirilmediğini doğrulamaktadır.
- Tüm vanalara lateral boruların çaplarının belirlenip belirlenmediğini kontrol etmektedir.
- Tüm vanaların bir su kaynağına bağlanıp bağlanmadığını denetlemektedir.
- Tüm vanalara bir etiket (call-out) atanıp atanmadığını kontrol etmektedir.

Hataların nerede olduğunu görmek için “Highlight” (Vurgula) düğmelerini kullanarak sorunlu alanları projede tespit edilir ve böylelikle tüm hatalar düzeltilmektedir.

### 3.3.9. İstasyon Vurgulama

Projeye tüm başlıkların yerleşmesiyle birlikte, her bir vananın debisi belirlenmelidir. Bunun için de “Highlight Station” (İstasyon Vurgulama), borulama işlemi sırasında mutlaka kullanılması gereken bir araçtır (Şekil 17).



Şekil 17. İstasyon vurgulama aracı

Bu araç, sprey başlıklarının doğru şekilde bağlandığını ve tüm başlıkların bir vanaya bağlı olduğunu doğrulamanıza olanak tanımaktadır. Sulama projesi tasarımımızın herhangi bir aşamasında “Highlight Station” aracı seçilip işlem yapılabilir. Bu araç seçildiğinde imleç bir seçim kutusuna dönüşür ve komut satırı bizden vurgulamak için bir vana veya boruya bağlanmış bir bileşen seçmemizi istemektedir. “Mainline” (ana hat), lateral boru veya ekipmanlardan herhangi birine “Highlight Station” aracı aktifken tıkladığında, seçilen bileşene bağlı olan tüm borular ve ekipmanlar vurgulanır.

Ekipmanı vurguladıktan sonra komut satırı bizden başka bir bileşenleri ya da vurgulanan girdileri seçmemizi istemektedir. Bu aşamada “SS” yazarak şu anda vurgulanmış olan tüm ekipmanlar seçilebilir. “Highlight Station” aracı aynı zamanda:

- Başlıkların laterallere bağlı olup olmadığını,
- Lateral ve başlıkların vanaya bağlı olup olmadığını kontrol etmek için de kullanılabilir.

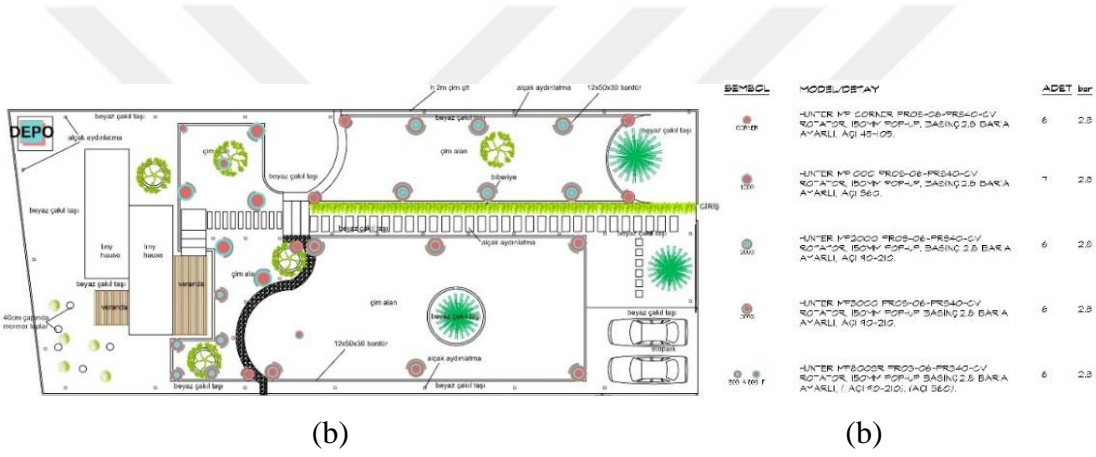
Ayrıca, boru ile bağlantısı olmayan ekipmanları da vurgulayarak, çizimde o ögenin tüm örneklerini belirlememizi sağlamaktadır.



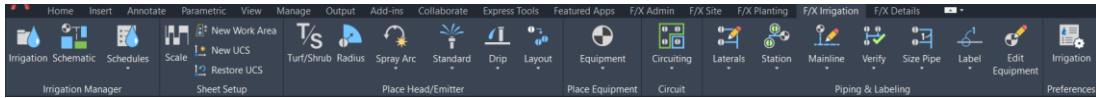
## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Başlıkların Yerleştirilmesi ve Sulama Desenin Değerlendirilmesi

Programda alanın uzunlukları, mevcut bitkiler, taşınmazlar ve sert zeminler dikkate alınarak başlık yerleşimi yapılmıştır (Şekil 18a). Başlık yerleşimi araç çubuğundaki “Irrigation” sekmesinden “Heads” seçilerek yapılmıştır (Şekil 19). Seçilen başlıkların modeli, basınçları, adetleri ve açıları açılan lejantta gösterilmiştir (Şekil 18b).

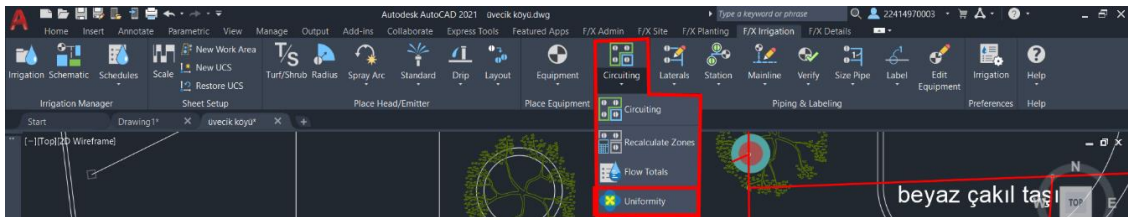


Şekil 18. Alandaki başlıkların yerleşimi (a) ve başlıkların özellikleri (b)



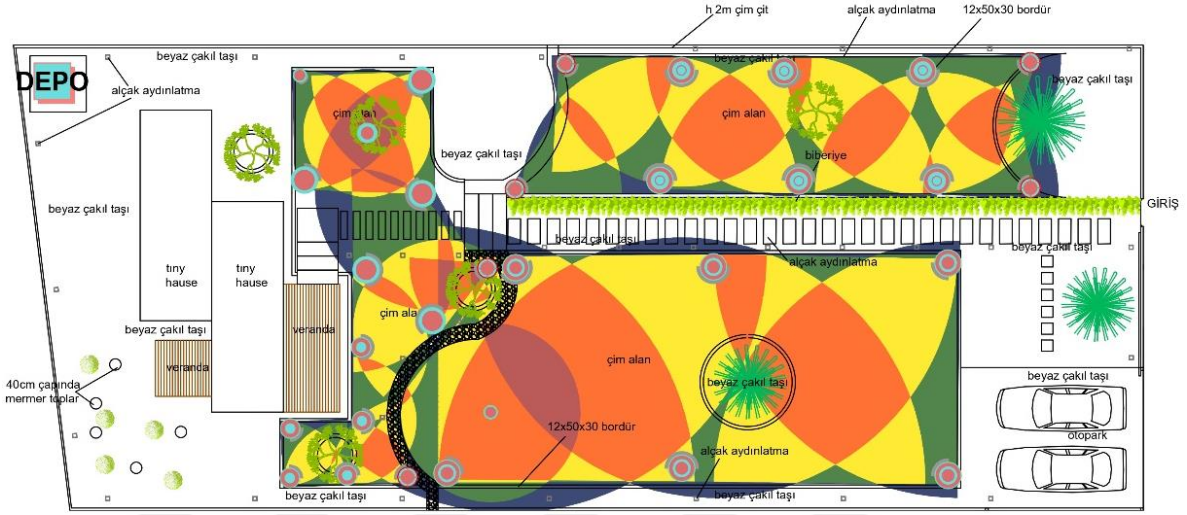
Şekil 19. Land F/X araç çubuğu

Başlık yerleşiminden sonra, sulama ıslatma deseni programdaki “Circuiting” sekmesinden “Uniformity” seçilerek oluşturulmuştur (Şekil 20).



Şekil 20. Islatma desenin oluşturulması

Çalışmadaki alan için oluşturulan ıslatma deseni aşağıda gösterilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Islatma deseni

Program yardımıyla elde bu görselde yer alan renkler ve sulama deseninin yeterli olup olmadığı Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3

Sulama dağılım gösterimi

Renk	Sulama sayısı	Eş su dağılımı
■	1 kez	Kötü
■	2 kez	Kabul edilir
■	3 kez	İyi
■	4 kez	Fazla sulanma

## 4.2. Hidrolik Hesaplamalar

Sulama deseni hazırlandıktan sonra ‘‘Circuiting’’ sekmesinden hesaplanmak istenilen bölge seçilerek toplam başlık debisi bulunmuştur. Toplam başlık debisi yardımıyla ön projelendirme hesaplamaları yapılmıştır. Sulanın her gün yapılması planlanmış ve buna bağlı olarak sulama süresi, minimum işletme ve maksimum işletme sayıları bulunmuştur.

$$\text{Yağmurlama Hızı} = I_y = \frac{1000 \times 4,21}{330} = 12,76 \text{ mm saat}^{-1}$$

$$\text{Her Sulamada Uygulanacak Maksimum Net Sulama Suyu Miktarı} = dn_{max} = 160 \times 0,30 \times 0,30 = 14,4 \text{ mm}$$

$$\text{Maksimum Sulama Aralığı} = SA_{max} = \frac{14,4}{6,36} = 2,26 \text{ gün}$$

Sulama aralığı her gün yapılacak şekilde planlanmıştır.

$$\text{Net Sulama Suyu Miktarı} = dn = 6,36 \times 1 = 6,36 \text{ mm}$$

$$\text{Uygulanacak Toplam Sulama Suyu Miktarı} = d_t = \frac{6,36}{0,80} = 7,95 \text{ mm}$$

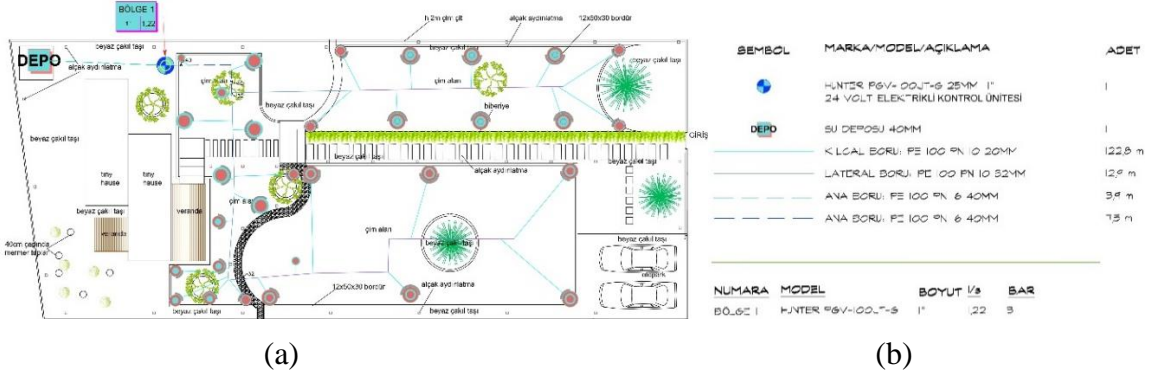
$$\text{Sulama Süresi} = Ta = \frac{7,95}{12,76} = 0,62 \text{ saat} = 37 \text{ dakika}$$

$$\text{Maksimum İşletme Sayısı} = N_{max} = \frac{4}{0,62} \times 1 = 6,45 = 6 \text{ işletme birimi/vana}$$

$$\text{Minimum İşletme Sayısı} = N_{min} = \frac{1,16}{2} = 0,58 = 1 \text{ işletme birimi/vana}$$

Hesaplamalar sonucunda, vana sayısı  $1 \leq N \leq 6$  çıkmıştır. Vana sayısı 1 adet seçilmiştir.

Vana sayıları belirlenmesiyle boru çapları hatların debisine göre bulunmuştur. İşlemler sonucunda yerleştirilen boru hatları Şekil 22’de gösterilmiştir.



Şekil 22. Boru hatlarının gösterimi (a) ve sembollerin özellikleri (b)

Boru çapları, “F/X irrigation” sekmesinden “Mainline”, “Laterals” seçerek ana boru ve lateral boruların yerleşimi yapılır. Boru yerleşimi yapılmasıyla “Size Pipe” kısmından boru çapları, başlıkların debilerine göre hesaplanmıştır.

Sulama projesinin son aşamasında sulama çizelgesi veya maliyet tahmini oluşturmak için, “Irrigation Schedule” (Sulama Çizelgesi) aracı seçilir. Bu araç Land/FX şeridinde veya “Irrigation Manager” (Sulama Yöneticisi) kısmında bulunur. Sulama çizelgesi seçildikten sonra, çizelge ileti kutusu açılır ve çizelgenizin içeriğini, görünümünü ve hedefini kontrol etmemizi sağlamaktadır. Çizelgeyi bir CAD çiziminde, ızgara çizgileriyle veya çizgiler olmadan bir tablo olarak oluşturabilir ya da bir elektronik tabloya gönderilebilir. Bu elektronik ortam Excel ya da Word olabilmektedir.

“X-refs” (harici referanslar) içinde yerleştirilen sulama ekipmanlarını ya da yalnızca mevcut çizimdeki ekipmanları dahil etme seçeneği bulunmaktadır. İletişim kutusunun yan tarafındaki onay kutuları, çizelgeye dahil edilecek veya dahil edilmeyecek kategorileri seçmemize olanak tanımaktadır. Sprays, Rotaries ve Bubblers bölümü, çizelgeyi gruba veya başlığa göre ayırma seçeneği sunmakta ve bu bölüm açıklamalar, adetler, yarıçaplar (arc), P, SS, IGP M, yarıçap (radius) ve detayları içerebilmektedir. Rotors ve Impacts bölümü, başlıklara göre ayrı ayrı listelenir. Damla sulama için, ekipmanı gruba veya başlığa göre listeleme seçeneği bulunmakta ve damla sulama hatlarının miktarlarını alan (m<sup>2</sup>) ya da uzunluk (m) olarak gösterme seçeneği de mevcuttur.

Vanalar, ekipman ve borular kategorisi, ekipmanı ve boruları boyuta göre listeleme seçeneği sunmakta, bu da boruları ayrı ayrı ve toplam uzunluklarıyla birlikte listelemektedir. Şematik alanları, maliyetlerini dahil etme seçeneğiyle birlikte sulama çizelgesine dahil edilebilir. “OK” seçildikten sonra komut satırında “sol üst köşe” belirlenir. İmleçle seçilecek konum, sulama çizelgesinin sol üst köşesi olur. Böylelikle sol üst köşeden başlayarak sağ alt köşenin belirlenmesiyle tablo oluşturulur. Eğer çizimde revizyonlar yapılmak istenirse, tekrar “Schedule” (Çizelge) düğmesini seçilir ve mevcut çizelgeyi yeniden oluşturmak isteyip istemediğimizi sormaktadır. “Yes” (Evet) seçildiğinde, çizelge yeniden oluşturulur. Eğer birden fazla çizelge varsa, hangisinin yeniden oluşturulacağını seçmemiz istenir veya sağ tuşa basılarak tüm çizelgeleri yeniden oluşturur. “No” (Hayır) seçmek, sulama çizelgesi ileti kutusunu tekrar açar ve farklı bilgileri gösteren birden fazla çizelge hazırlar.

### **4.3. Projenin Alana Uygulanması**

Dijital ortamda proje çalışmalarının tamamlanmasıyla sahada uygulama aşamasına geçilmiştir. Öncelikle alanda kot farkına göre düzenlemeler yapılarak kepçe yardımıyla düz bir zemin oluşturulmuştur (Şekil 23). Proje alanı vaziyet planına uygun şekilde ölçülmüş ve sulama hattının geçeceği güzergâhlar belirlenmiştir. Arazi yüzeyinde başlık, vana ve ana boru hatlarının yerleri kazık ve spreyci boya ile belirtilerek işçilik hatalarının önüne geçilmesi sağlanmıştır.



Şekil 23. Arazinin düzlenmesi

Kazı işlemleri, insan ve iş makinesi yardımıyla yapılarak Land F/X projesinde belirlenen boru güzergâhlarına uygun olarak yapılmıştır. Ana boru ve lateral boruların geçeceği hatlar yaklaşık 30-40 cm, kılcal borular (sulama başlıklarına bağlanan ek borular) ise 20-30 cm derinliğinde kazılarak borular yerleştirilmiştir (Şekil 24). Yerleştirilen boruların üzeri kapatılmadan önce, boruların üzerine taş gelmemesine dikkat edilmiştir ve yumuşak elenmiş toprakla kapatılarak borular güvenceye alınmıştır. Borular, land/FX programında belirlenen çapa uygun olarak yerleştirilmiş; bağlantı noktalarında sızdırmaması için teflon bant ve uygun ek parçaları kullanılmıştır.



Şekil 24. Boru hatlarının kazılması ve yerleştirilmesi

Ana boru hattının lateral borulara bağlanması için araya vana kutusu yerleştirilmiştir. Bu vana kutusunda, herhangi bir sorunda suyun manuel akışını durdurmak için galvaniz küresel vana, kontrol ünitesine durdur-çalıştır komutu verebilmesi için solenoid vanalar yerleştirilmiş, solenoid vananın kontrol ünitesine bağlantısı için 2 uçlu yer altı kablosu ile yapılmıştır. Kontrol ünitesi (controller), programda belirlenen istasyon sayılarına göre monte edilerek otomasyon sistemi aktif hale getirilmiştir. Dijital ortamda belirlenen vana sayısı 1 adet olduğu için 1 adet solenoid vana kullanılmıştır. Mainvalf (Ana vana) kullanılmamıştır.

Sulama başlıkları, Land F/X tasarımında belirlenen markaya, konumlara ve açılara göre yerleştirilmiş ve başlıkların açısı, sahada bitkilerin konumlarına ve engellere göre hassa şekilde düzenlenmiştir. Tüm başlıkların su dağılım yönü test edilerek çim alanlara homojen su verilmesi sağlanmıştır.

Boru hatlarının döşenmesi ve ekipmanların montajı tamamlandıktan sonra sistem, kontrol ünitesi yardımıyla ilk testi yapılmıştır. Bu testte, tüm başlıkların aynı anda çalıştırılarak debi ve basınç değerleri ölçülmüş, program yardımıyla yapılan hidrolik hesaplarla uyumlu olduğu görülmüştür. Kaçak tespit edilen noktalarda anında onarım yapılmış, ardından tekrar test edilerek sistemin tam sızdırmazlığı sağlanmıştır.

Son aşamada, toprak yüzeyi tesviye edilmiş ve çimlerin serilmesiyle alan yeni haline getirilmiştir (Şekil 25).



Şekil 25. Alanın son haline ait fotoğraflar

Sulama programı, bitki türlerinin su ihtiyacı ve iklim verilerine göre günlük çalışacak şekilde ayarlanmış; yaz aylarında sabah erken saatlerde, akşam güneşin batmasıyla olarak şekilde 2 gün yapılmıştır. Kış aylarında ise ihtiyaca göre azaltılmış veya tamamen kapatılarak sulama ayarı yapılması planlanmıştır.

Bu uygulama sonucunda, Land F/X ile yapılan proje neredeyse birebir sahaya aktarılmış, tasarım aşamasında belirlenen su dağılım deseni sahada da elde edilmiştir.

Böylece hem su israfı önlenmiş hem de çim alanlarda homojen ve sağlıklı bir büyüme için ideal koşullar sağlanmıştır.



## BEŞİNCİ BÖLÜM

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Çanakkale ili Ezine ilçesi Üvecik Köyü'nde bulunan 650 m<sup>2</sup>'lik bir alan için yağmurlama sulama sistemi tasarlanmış ve AutoCAD tabanlı Land F/X yazılımı kullanılarak sulama sistemi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında alana ilişkin iklim, toprak ve su kaynağı verileri analiz edilmiş, bu veriler programa girilip başlıkların seçilmesiyle ön projelendirme faktörleri ve boru hesaplanmıştır.

Sulama sisteminin verimli çalışabilmesi için başlık yerleşimi dikkatlice planlanmış ve sulama deseni program yardımıyla görseller oluşturularak analiz edilmiştir. Böylelikle eşit su dağılımı oluşturulması sağlanmıştır. Hidrolik hesaplamalar sonucunda gerekli vana sayısı ve boru çapları belirlenmiş, sistemin uygun basınç değerlerinde çalışabilmesi için gerekli düzenlemeler yapılmıştır. Bu sayede suyu israf etmeden çimlere dengeli şekilde ulaştırılması sağlanmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda, AutoCAD Land F/X yazılımının peyzaj sulama projelerinde etkin bir tasarım aracı olarak kullanılabileceğini ve suyun daha verimli yönetilmesine katkı sağladığını göstermektedir. Bu yöntem, sulama projelerinin daha hızlı ve etkili bir şekilde çizilmesine imkân sağlarken, özellikle suyun kısıtlı olduğu bölgelerde sürdürülebilir, sağlıklı sulama uygulamalarına olanak sağlamaktadır. Ayrıca, kurulan bu sistemin uzun vadeli işletme verimliliğini artırmak adına, otomatik kontrol üniteleri ve uzaktan destekli takip yöntemi ile düzenli bir sistemin oluşturulması önerilmektedir.

Planlama sürecinde hidrolik hesapla verilerine dayanmadan ve görsel-analitik değerlendirme yapılmadan hazırlanan sulama projelerinde, genellikle malzeme israfı, eş su dağılımının sağlanamaması ve uygulama sırasında revizyon ihtiyacının artması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada kullanılan AutoCAD tabanlı Land F/X yazılımı ise, proje öncesinde hidrolik hesaplamalar doğrultusunda girdilerle beraber tüm yerleşim planlarını neredeyse hatasız biçimde oluşturularak, sahada oluşabilecek hataları minimuma indirmiştir.

Programda otomatik metraj, malzeme listesi ve maliyet hesaplama özellikleri sayesinde hem proje çizim sürecinde hem de sahadaki uygulama aşamasında önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlanmıştır. Doğru boru çaplarının, başlık konumlarının ve vana yerleşimlerinin önceden belirlenmesi, gereksiz malzeme alımını önlemiş ve böylece maliyetlerde düşüş sağlamıştır.

Arayüzü kolaylığı ve Autocad tabanlı olması sayesinde, daha önce benzer yazılımlar kullanmamış bir kişi dahi kısa bir eğitimle programın temel işlevlerini öğrenerek uygulamaya geçebilir. Hazır ekipman kütüphaneleri, otomatik çizim komutları ve hata kontrol araçları, deneyimsiz kullanıcıların bile teknik açıdan doğru ve uygulanabilir projeler üretmesine imkân tanımaktadır.

## KAYNAKÇA

- Aras, İ. (2006). Damla Sulama Yöntemi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15(1–2), 49–52.
- Balcı, F. (2014). Rekreasyon Alanlarında Kullanılan Pop-Up Tipi Yağmurlama Başlıklarının Su Dağılım Özelliklerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Çakır, A. ve Çalış, H. (2007). Uzaktan Kontrollü Otomatik Sulama Sistemi Tasarımı ve Uygulaması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(3), 258–261.
- Darwish, W. M. B., El-Howeity, M. A. ve Elbelkemy, M. S. (2022). Application of Hydrocalc Program to Choose The Optimum Drip Irrigation System Design. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 39(1), 133–152.
- Demirel, K., Yıldırım, M. ve Çamoğlu, G. (2006). Çanakkale İlinde Belediye Sınırları İçerisindeki Peyzaj Alanlarında Sulama Sistemlerinin Projelenmesi ve İşletilmesindeki Hatalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(1), 81–90.
- Müftüoğlu, V. ve Perçin, H. (2015). Sürdürülebilir Kentsel Yağmur Suyu Yönetimi Kapsamında Yağmur Bahçesi. *İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 5(11), 27–37.
- Öksüz, Z. T. ve Koçan, N. (2021). Çanakkale Hamidiye Tabyaları Peyzaj Tasarım Projesi. *Sanat ve Tasarım Araştırmaları Dergisi*, 3(4), 145–153.
- Provenzano, G., Rallo, G. ve Ferraro, P. (2008, June). IRRIPRO: A Powerful Software to Graphic and Hydraulic Design of Irrigation Plants. Paper Presented at The Conference On Irrigation, Crete, Greece.
- Rasheed, S. A. ve Al-Adil, A. (2016). Sprinkler Irrigation Systems and Water Saving: A Case Study From South of Iraq. *Engineering and Technology Journal*, 34(A)(4), 769–786.

Sarış, F. (2021). Türkiye’de Eysel Su Tedarik ve Tüketim İstatistiklerinin Değerlendirilmesi. Coğrafi Bilimler Dergisi, 19(1), 195–216.

