

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KAVİTASYON  
DURUMUNU GERÇEK ZAMANLI İZLEYEN  
UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:  
**Kamuran SEÇKİN**

İstanbul, 2018

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KAVİTASYON  
DURUMUNU GERÇEK ZAMANLI İZLEYEN  
UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:  
**Kamuran SEÇKİN**

Öğrenci No:  
120820043

Danışman:  
Dr. Öğr. Üyesi Turhan Karagüler

İstanbul, 2018

## YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KAVİTASYON DURUMUNU GERÇEK ZAMANLI İZLEYEN UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlanılan eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 23/05/2018

Aday: Kamuran SEÇKİN



T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi **120820043**.no'lu **Kamuran SEÇKİN**'in **23/5/2018** tarihinde yapılan tez savunma sınavı<sup>1</sup> sonucunda **60** dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında<sup>2</sup> oybirliği / oyçokluğu ile, **Kabul**. kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

---

**Anabilim Dalı** : Bilgisayar Mühendisliği

**Programı** : Bilgisayar Mühendisliği

**Tez Başlığı<sup>3</sup>** : HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KAVİTASYON DURUMUNU GERÇEK ZAMANLI İZLEYEN UYGULAMA GELİŞTİRİLMESİ...

---

**Tez Sınav Jürisi**

**Öğretim Üyesi**

**İmza**

**Danışman** : Dr. Turhan KARAGÜLER

**Üye** : Dr. Ediz ŞAYKOL

**Üye** : Prof. Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU

---

<sup>1</sup> Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

<sup>2</sup> Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

<sup>3</sup> İleride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

Adı ve Soyadı : Kamuran Seçkin  
Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Turhan Karagüler  
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2018  
Alanı : Bilgisayar Mühendisliği  
Anahtar Kelimeler : Hidroelektrik Santralleri ve Türbinler, Kaviteasyon, Online İzleme, Maliyet Minimizasyonu

## ÖZ

### HİDROELEKTRİK SANTRALLERDE KAVİTASYON DURUMUNUN GERÇEK ZAMANLI İZLENMESİ

Enerji santrallerinde üretim maliyeti yüksektir. Üretim maliyeti içerisinde bakım işlemi de dahildir. Bakım sırasında santralin duruş pozisyonuna geçmesi ve üretime ara verilmesi (sistemin durması), maliyeti artıran bir başka unsurdur. Planlamaya uygun yapılmayan bakımlar, santrallere ek maliyet yükü getirmektedir.

Geliştirilen bu yazılım projesindeki amaç, hidroelektrik santrallerdeki türbinlerde suyun etkisi ile oluşabilecek kaviteasyondan mümkün olduğunca kaçınmak isteyen yetkililere, gerekli bildirimleri canlı (online) sağlamaktır. Bu projedeki yazılımda, sistemin kaviteasyon bölgesinde çalışıp çalışmadığı gözlemlenirken, iki özellik esas alınmıştır. Birincisi, sağlanan “abstract class” formatında bir kod yığını, kullanıcı koduna entegre edilip; programa tanıtılmıştır. Programa yüklenen geliştirilmiş data sürücüleri ile veri kaynağından bağımsız, “veri okur/yazar özelliği” oluşturulmuştur. İkincisi, türbin üreticileri tarafından sağlanan kaviteasyon eğrileri sisteme yüklenmiştir. Sahadaki sensörlerden alınan verilerin standart olmasıyla; program, herhangi bir türbine rahatlıkla adapte edilebilir özellik kazanmıştır.

Geliştirilen bu yazılımın testi için Osisoft firmasına ait PI Sistem (tarih bazlı veri tabanına bağlanan kaynak kodu) uyarlanmış ve sisteme yüklenmiştir. Bunun yanında, iki hidroelektrik santralının kaviteasyon eğrileri sisteme tanıtılmıştır. Sistem başarılı olarak test edilmiş ve kabul edilebilir sonuçlar elde edilmiştir.

Name and Surname : Kamuran Seçkin  
Supervisor : Dr.Instructor Turhan Karagüler  
Degree and Date : Master, 2018  
Major : Computer Engineering  
Key Words : Cavitation, Hydro Electricity Powerplant, Online Monitoring,  
Maintenance of Powerplant

## **ABSTRACT**

### **ONLINE MONITORING OF CAVITATION STATUS in HYDROELECTRIC POWER PLANTS**

Production costs are usually high in power plants. They also include the production cost of switching the system to the standing position. There is also another additional cost for unscheduled maintenance operations. During the maintenance, the plant enters the posture position and the production interruption will cause additional cost.

The aim of this software project is to provide the necessary notification online to authorities who want to avoid cavitation as much as possible in the turbines of hydroelectric power plants. In this project software, two features are taken into account when observing whether the system was operating in the cavitation zone. First, a provided "abstract class" code stack is integrated into the user code. By doing so, the "data read / write feature" has been developed independently of the data source with the enhanced data drivers loaded in the program. Second, the cavitation curves provided by the turbine manufacturers are loaded into the system. The data from the sensors in the field are standard so that the program is now easily be adaptable to any kind of turbine operation.

For the test of this developed software, Osisoft's PI System (the source code connected to the history-based database) is adapted and installed on the system. Besides, for testing purposes, cavitation curves of two hydroelectric power plants are introduced to the system and as a result of this, reasonably good results are obtained.

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI ve KAVİTASYON</b> .....	<b>3</b>
<b>3. UYGULAMA YAPISI</b> .....	<b>4</b>
3.1 Kullanılan Araçlar .....	4
3.2 Projenin Yapısı.....	5
3.3 Projenin Veri Tabanı Yapısı .....	6
3.4 Veri Sürücülerinin Uyarlanması .....	7
3.5 Güvenli Bölge Sınırlarının Belirlenmesi.....	8
<b>4. UYGULAMA KULLANIMI</b> .....	<b>12</b>
4.1 Türbinlerin Tanıtılması .....	12
4.2 Sürücülerin Tanımlanması .....	13
4.3 Tanımlanan Türbinlerin Analiz Raporlarının Yüklenmesi .....	16
4.4 Yüklenen Raporların Değerlerinin Tanımlanması.....	18
4.5 Tanımlanan Türbinlerin Kaviteasyon Analizi .....	20
<b>5. TEST ORTAMI</b> .....	<b>22</b>
<b>6. PROJEYE DAİR EK BİLGİLER</b> .....	<b>26</b>
6.1 Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Birimler.....	26
6.2 Hidroelektrik Enerjisi.....	27
6.3 HES' in Tasarım Aşamaları .....	30
6.4 HES' ler İçin Yer Seçimi Nasıl Yapılmalıdır .....	31
6.5 Türbin.....	32
6.6 Türbin Birleşenleri .....	32
6.7 Türbin Çeşitleri .....	33

6.8 En Çok bilinen Türbin Çeşitleri .....	35
6.9 Türbin Seçim Kriterleri .....	36
<b>7. UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....</b>	<b>41</b>
<b>8. SONUÇ .....</b>	<b>47</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>48</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>51</b>
<b>Ek-1</b> Uygulamanın kullandığı veri kaynağını şeması.....	51
<b>Ek-2</b> DataInfo class' ın yapısı .....	52
<b>Ek-3</b> BaseConnection dosyasındaki kod örneği .....	53
<b>Ek-4</b> Historian DB Veri kaynağı bağlanmak için geliştirilen kod.....	53
<b>Özgeçmiş.....</b>	<b>55</b>



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 Kavitasyon etkisinde kalmış türbin [11] .....	3
Şekil 2 Projemin Solution Explorer Sekmesi .....	5
Şekil 3 Bir hidro türbinün kavitasyon güvenli çalışma alanı .....	9
Şekil 4 Kavitasyon alanın dikdörtgene alınması .....	10
Şekil 5 Kavitasyon alanın dikdörtgene alınması .....	11
Şekil 6 Türbin Tanımlama Ekranı .....	12
Şekil 7 Sürücülerin Tanımlama Ekranı .....	14
Şekil 8 Sürücülerin, kullanıcıdan talep edilen parametreler.....	15
Şekil 9 Sürücülerin dosyaları ve ihtiyaç duyduğu kütüphaneler .....	15
Şekil 10 Türbinlerin Analiz Raporları .....	17
Şekil 11 Sınır Çizgilerinin kordinatları .....	18
Şekil 12 Sınır Çizgilerinin Listesi .....	18
Şekil 13 Kavitasyon Bölgesinin Belirleme.....	19
Şekil 14 Sürücüler ile ilgili bağlantı ayarları.....	20
Şekil 15 Türbinlerin izleme ekranları.....	21
Şekil 16 Deneme Senaryomun Ortamı .....	23
Şekil 17 Kepware OPC Serverda oluşturulan sinyaller.....	24
Şekil 18 PI system de tanımlanan taglar.....	25
Şekil 19 Pompalı Depolamalı Hidroelektrik Santraller çalışma şeması .....	29
Şekil 20 Baraj tipi santral .....	30
Şekil 21 Türbinün yapısı .....	33
Şekil 22 Türbin Resimleri (A: Pelton, B: Francis, C : Kaplan).....	36
Şekil 23 Debi ve düşüğe bağlı olarak seçilmesi gerek türbin çeşidi [21].....	37
Şekil 24 Ulubat HES Hidro türbinlerin performans grafiği .....	42

<b>Şekil 25</b> Himmetli HES Hidro türbinlerin performans grafiği .....	43
<b>Şekil 26</b> Ulubat' a bulun türbinin test sonucu 1 .....	45
<b>Şekil 27</b> Himmetli' de bulun türbinin test sonucu 1 .....	45
<b>Şekil 28</b> Ulubat' a bulun türbinin test sonucu 2 .....	46
<b>Şekil 29</b> Himmetli' de bulun türbinin test sonucu 2.....	46



# 1. GİRİŞ

Enerji, sadece bireyin değil; toplumun hayatta kalması için temel ihtiyaçtır. Çünkü sanayi ve toplumsal gelişimle artan nüfusa paralel olarak, enerjiye duyulan bağımlılık artmaktadır [1]. Enerji ihtiyacı artarken, buna paralel enerji üretim maliyeti de artmaktadır. Bu sebeple, enerji üretirken kaynak olarak kullanılan enerjiden maksimum düzeyde yararlanmak için enerji verimliliğinin artırılması konusunda çalışmalar yapılmaktadır.

Enerjinin üretim maliyeti olarak, sadece enerji kaynağı değil; aynı zamanda, o kaynaktan enerji üreten santrallerin “ilk kurulum maliyetleri” ve “bakım maliyetleri” de düşünülmelidir. Bu nedenle enerji kaynağının verimli kullanılmasının yanında, bakım maliyetlerinin düşürülmesi konusunda çalışmalar yapılmaktadır [2]. Hidroelektrik santrallerinin (HES) kurulum maliyetlerini düşürmek için satın alma aşamasında çevresel faktörlere bağlı olarak performans/ fiyat oranı en yüksek olan türbinlerin seçilmesi gerekir. Bakım maliyetlerini düşürmek için ise kullanılan türbinlerin verimliliği artırılmalı, bakım masrafları düşürmeli ve üretimin sürekliliği sağlanmalıdır.

HES’leri incelerken, türbinlerdeki en büyük problem olarak, ‘kavitasyon’ karşımıza çıktığı söylenebilir [3]. Bilindiği üzere, kavitasyon, türbinlerde yarattığı erozyon (aşınma) sonucu güç ve verimin olumsuz etkilenmesine; ömürlerinin azalmasına neden olur [4].

HES’ lerde kavitasyonun etkisi, Türkiye’ de konuyla ilgili bilgi düzeyinin az olması nedeniyle göz ardı edilmektedir. Sorun ortaya çıktığında, üreticiler tarafından önerilen yurtdışı kaynaklı çözümlerin maliyeti çok yüksek olmaktadır. Bu tezin amacı, her çeşit türbine uygulanabilecek ve kavitasyon sorun ortaya çıkmadan engellemeye yardımcı olacak; yerli ve ucuz bir yöntem geliştirmektir.

Bu çalışmanın amacını; Enerji santrallerinde en büyük öncelik, üretimin sürekliliğini sağlamak olarak gösterebiliriz. “Türbin Denetleme ve Gözetleme Sistemleri” aracılığıyla makinaları korumak; arıza gerçekleşmeden önce erken uyarı almak, önem taşımaktadır [5]. Bu amaçla, geliştirilen yazılım aracılığı ile türbin üreticisi firma tarafından elde edilmiş performans ve analiz değerlerini, sahadan gelen verilerle (suyun yüksekliği, debi, geçen su miktarı, üretilen enerji miktarı) karşılaştırıp; ilgili türbinin kavitezyon bölgesine ne kadar yakın çalışıp çalışmadığının, sahadaki görevlilerce online izlenebilir kılmak, sistemin gerektiğinde uyarı vermesini sağlamaktır.

Çalışmanın önemi ise şöyle özetlenebilir. Geliştirilen yazılımla hidroelektrik santrallerde türbinler kavitezyona maruz kalma olasılığı en aza indirilerek, güvenli aralıkta çalışmaları sağlanabilecektir. Bu yolla, hem öngörülemeyen arızalardan dolayı üretimin durmasını engellenebilecek dolayısıyla, hem de türbinlerin ömrü uzayacaktır.

Bunun yanında geliştirilecek yazılım, türbin üreticisi/ tipi/büyükülüğünden bağımsız çalışacak; farklı data kaynaklarından “veri okunması ve / veya yazılması” özelliğini sağlayacaktır. Projenin aşağıda verilen üç temel aşaması vardır:

- a) Türbinin performans ve kavitezyon analiz raporu, üretici firma tarafından sağlanıp; sisteme girilmelidir.
- b) Sahadan gelen veriler, sensörler aracılığı ile toplanmaktadır. Bu sensörler projeye özel olmayıp; elektrik santrallerinin işlevini sağlıklı olarak yerine getirmesi için gereklidir. Bu sensörlerin santralda kurulumu hali hazırda gerçekleşmiştir.
- c) Veriler doğrudan mevcut sensörlerin bağlı olduğu SCADA sistemi ya da SCADA sisteminin bağlı olduğu Historian Database’den okunacaktır. Yani başka bir kullanıcı, farklı sistem için kendisine sağlanmış olan kodu, kendi programına uyarlayıp entegre edebilecektir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Akışkanlar mekaniği, akışkanların ( sıvı maddeler ve hava) hareket ederken veya durağan haldeyken durumunu ve çevreye etkilerini inceleyen fizik bilim dalıdır. Kullanım alanları ve konuyla ilgili araştırmalar sınırsızdır. Genel olarak bir çok mühendisliğin temelini oluşturur ve araştırmacıların ilgisini çeker. Farklı bilim dallarının yararlandığı bir uzmanlık alanıdır. Meteoroloji, oşinografi, astronomi, aerodinamik, bio-akışkanlar, parçacık fiziği bu uzmanlık alanlarına örnek gösterilebilir [6]. Kaviteasyon, akışkanlar mekaniğinin konusu olup; sıvıların, hidro-makinelerde oluşturduğu etkiyi inceler. “Hidro-makine” olarak geçen hidro türbinlerde kaviteasyonun olumsuz etkisi bulunmaktadır. Türbinlerde kaviteasyon yıpranmaya neden olurken; insan kulağının duyamayacağı yüksek frekanslarda ses ve cihazda titreşim oluşturmaktadır [7, 8, 9]

Akışkan mekaniğinde kullanılan birçok yazılım bulunmaktadır. Bunların belli başlıları aşağıda verilmiştir;

- Star CCM+
- OpenFOAM
- DYNAFLOW
- PumpLinx.

Bu yazılımlar, akışkan mekaniğinde sıvıların ve gazların belirtilen yüzeylerle karşılaştığında nasıl tepki verdiklerini; yüzeylerin durumlarına göre gösterdikleri davranışları hesaplayıp benzetiminin (simule) yapılmasını sağlamaktadır. Bahsedilen yazılımlar bu tezde yapılmış olan uygulama kategorisinde olmayıp; türbinlerde kaviteasyonun etkilerinin simule edilmesinde kullanılır [12]. PumpLinx yazılımı diğerlerinden farklı olarak üç boyutlu tasarım olanağı sağlamaktadır [13]. Belirtilen uygulamaların, bu tezde geliştirilmiş olan uygulama ile doğrudan ilişkisi bulunmamaktadır. Sadece kaviteasyonun yüzeylere göre modellenmesi ve izlenmesi için ve akışkanlar mekaniği dalında çalışma yapan kişiler tarafından kullanılmaktadırlar.

Kavitasyon oluşumu sırasında ortaya çıkan ses ve titreşimleri takip ederek; türbinin kavitasyon etkisinde çalışıp çalışmadığını belirlemek için cihazlara sensörler takılır. Bu sensörler aracılığı ile ortaya çıkan titreşim ve sesler analiz edilir. Ancak bu uygulamalar ile hangi ses ve/veya titreşim aralığında kavitasyon etkisinde ne kadar kalındığı net olarak ölçülemez [3, 8, 9].

Farklı şekilde çözümler sunan TURBNPRO uygulaması, türbinle ilgili tüm verileri dışardan alarak raporlar hazırlamaktadır. Fakat bu sistem canlı ortamdan veri okumamaktadır [14].

Vibro-Meter firmasına ait yazılım, diğerleri aralarında en çok tercih edilendir. Fakat bu uygulama, kendi donanımları ile birlikte iyi bir performans sunabilen ve analiz sağlayabilen, bütünsel çözüm sunan bir platformdur.

Bu projede geliştirilmiş olan yazılımda en önemli özellik ,“Giriş” bölümünde anlatıldığı gibi kavitasyon eğrisinin üretici tarafından hazırlanması ve uygulama aşamasında verilerin üretici firma tarafından sağlanmasından dolayı doğruluk payı yüksek, kurulumu ve uygulaması basit, ücretsiz, yerli bir çözüm sunmasıdır.

Bu uygulama ile istenen, “kavitasyon önleyici yazılım” geliştirmek olduğu kadar; bir fikir ve yöntem geliştirmektir. Asıl amaçlanan enerji santrallerinin kendi yazılımlarını rahatlıkla geliştirilebilir ve analiz edilebilir bir platform oluşturmasına yardımcı olmaktır.

### **3. UYGULAMA YAPISI**

#### **3.1 Kullanılan Araçlar**

Bu proje Microsoft firmasına ait olan Microsoft Visual Studio Community 2017 sürümünde C# dilini kullanılarak geliştirilmiştir. Kullanılan tüm kodlar bu projeye özgü geliştirilmiş olup; 3. bir birleşen veya uygulama kullanılmamıştır. Sadece Microsoft tarafından Visual Studio versiyonu içerisinde olan “.NET Framework 4.5” versiyonuna ait kütüphanelerden yararlanılmıştır. Visual Studio. NET, 2000 li yılların başında

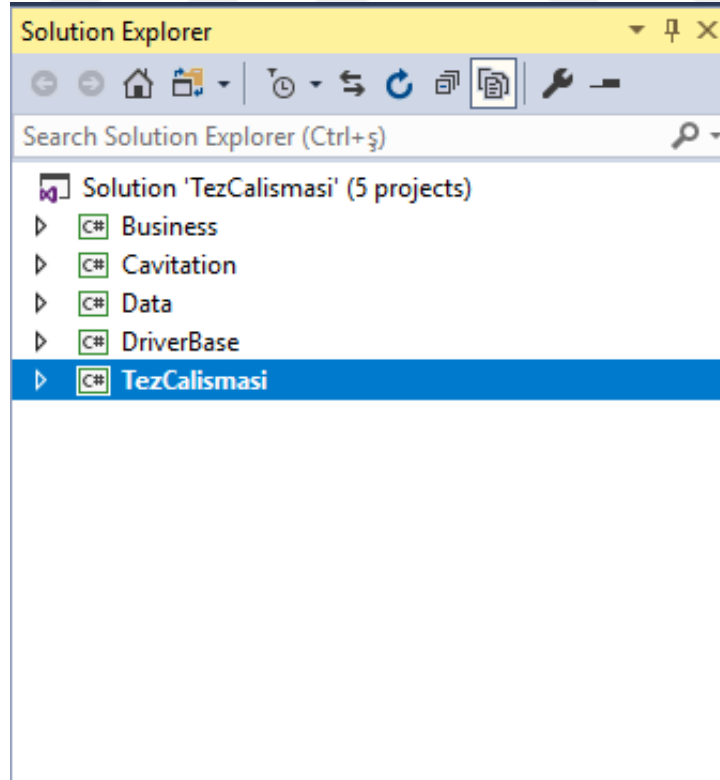
Microsoft firması tarafından pazara sunulmuştur [15]. Bu yazılım ile platformlardan bağımsız bir yazılım ortamı geliştirmek istenmiştir [16].

Uygulamada girilen verileri saklamak için kullanılan araç, “MS SQL” ilişkisel veri tabanıdır. Yine Microsoft tarafından geliştirilmiş “Entity Framework (EF) object-relational mapper (O/RM) kütüphanesinden yararlanılmıştır

Projeyi test ederken, veri saklama ve okuma için Osisoft firmasına ait PI System (historian DB) , OPC Server olarak da Kepware Technologies firmasına ait “KEPware Enhanced OPC/DDE Server v.4.500.465.0” versiyonu kullanılmıştır [17].

### 3.2 Projenin Yapısı

Geliştirilen yazılım, temelde beş projeyi içeren bir **Solution**'dan oluşmaktadır. Şekil 2' de uygulama için geliştirilmiş olan bu beş proje listelenmektedir.



Şekil 2 Projenin Solution Explorer Sekmesi

- i. **TezCalismasi:** Bu kısım, projenin ana eksenini oluşturan, ".NET Windows Form" uygulamasıdır. Bu kısım, kullanıcıların gerekli verileri sisteme tanımlamasını sağlamak için geliştirilmiştir. Türbin tanımlamaları, geliştirilen veri sürücüleri ve kütüphanelerin yüklenmesi, türbin ile ilgili kavite eğrilerinin yüklenmesi ve değerlerin tanımlanması işlemleri bu kısımda gerçekleştirilir.
- ii. **Cavitation:** Bu kısım "class library" tipinde olup, sisteme tanıtılan türbinlerin kavite açısından güvenli aralıkta çalışıp çalışmadığını hesaplayan kütüphane kodlarını içermektedir.
- iii. **Business:** Bu katman, cavitation bölümünün ihtiyaç duyduğu verileri sağlayan değişkenleri içermektedir.
- iv. **DriverBase:** "Class library" formatında olan bu kısım, veri kaynaklarının okunmasını ve sonucunun yazılmasını sağlar. Kullanıcı tarafından yazılacak ve uyarılacak "abstract class" biçimindeki kodlar bu bölümdedir.  
"DriverBase", ilgili projeye Visual Studio C# 4.5 ve/veya üstü versiyonunda uyarlanıp, sisteme yüklenir. Kullanıcı tarafından belirlenen türbinler için verilerin alınması, hesaplanması ve sonuçlarının yazılması sağlanır. Bu özellik sayesinde proje veri kaynağından bağımsız olarak çalışabilmektedir.
- v. **Data:** Bu kısım, "class library" tipinde olup, "DriverBase" katmanındaki *abstract class*'tan türetilmiş kodları içerir. Uygulamayı test etmek ve jüri tez sunumunda yapılacak demoda kullanılacak sanal makinedeki OsiSoft Firmasının PI System Historian veri kaynağından gelecek verilerin okunması ve yazılması için geliştirilmiştir.

Sistemden bağımsız, farklı kaynaklardan veri okumayı sağlayacak kodların uyarlanması ve sisteme yüklenmesi, ilerleyen bölümlerde kullanım kılavuzunda anlatılmaktadır.

### 3.3 Projenin Veri Tabanı Yapısı



Sistemle ilgili türbinlerin listesini, kavitasyon eğrilerini, eğrilerin değerlerini ve kavitasyonu hesaplamak için yararlanılan verileri gösterecek, kullanıcılar tarafından yaratılan sürücü dosyalarını/kütüphaneleri tutan; MS SQL de geliştirilmiş veri şemaları aşağıdaki gibidir. Bunlar “Turbins, Drivers, DriverFiles, TurbinCavZones” başlığı altında dört tablodan oluşmaktadır.

Sistemin verileri temel olarak dört tabloda saklanmaktadır;

- i. **Turbins:** Bu tabloda, sistemde gözlenecek türbinler ile ilgili veriler saklanmaktadır. Türbinin adı, kısa açıklaması, kavitasyon eğrisini barındıran grafik, grafiğin koordinatları, aralık değerleri, türbin ile ilgili verileri okumak ve yazmak için kullanılan veri sürücü dosyası ve bu dosyanın geliştiricisi tarafından talep edilen parametreler bu kısımdadır.
- ii. **TurbinCavZones:** Geliştirilen uygulamada grafik olarak sisteme daha önce yüklenmiş kavitasyon eğrisiyle, kavitasyon alanının kesişim noktalarının bulunması, sisteme kaydedilmesi, verilerin saklanması bu kısımda gösterilir.
- iii. **Drivers:** Burada, veri kaynağından türbin değerlerini okuyan ve kavitasyon hesabının sonuçlarını saklayan sürücülerin kaydı bulunmaktadır. Burada ayrıca data sürücüsü için talep edilen ek parametreler, XML formatında “params” alanında saklanmaktadır.
- iv. **DriverFiles:** Burası, sürücülerin kütüphane haline getirilmiş. dll dosyalarını ve bu kütüphanenin ihtiyaç duyduğu ek alanların kaydının saklandığı tablodur. Burada veriler image veri tipinde, FileContent isimli alanda kaydedilmektedir.

### 3.4 Veri Sürücülerinin Uyarlanması

Bu projenin iki temel özelliğinden biri, uygulamanın “veri kaynağından bağımsız” çalışmasıdır. Kullanıcı, istediği herhangi bir veri kaynağından “DriverBase” klasöründe bulunan “BaseConnection” abstract class’ı alarak kodlarına adapte eder ve oluşan .dll kütüphanesindeki dosyaları sisteme yükleyerek ,kullanıma hazır hale getirir. Bu bölümde kodun nasıl uyarlanacağı konusuna değinilecektir. Oluşan kütüphane dosyalarının sisteme nasıl yükleneceği, İkinci Bölümde yer alan kullanım kılavuzunda anlatılmaktadır.

“BaseConnection” dosyasını içeren kodlar, Ek-2 ’ te görüldüğü gibidir. Üç ayrı metod ve bir fonksiyon içermektedir.

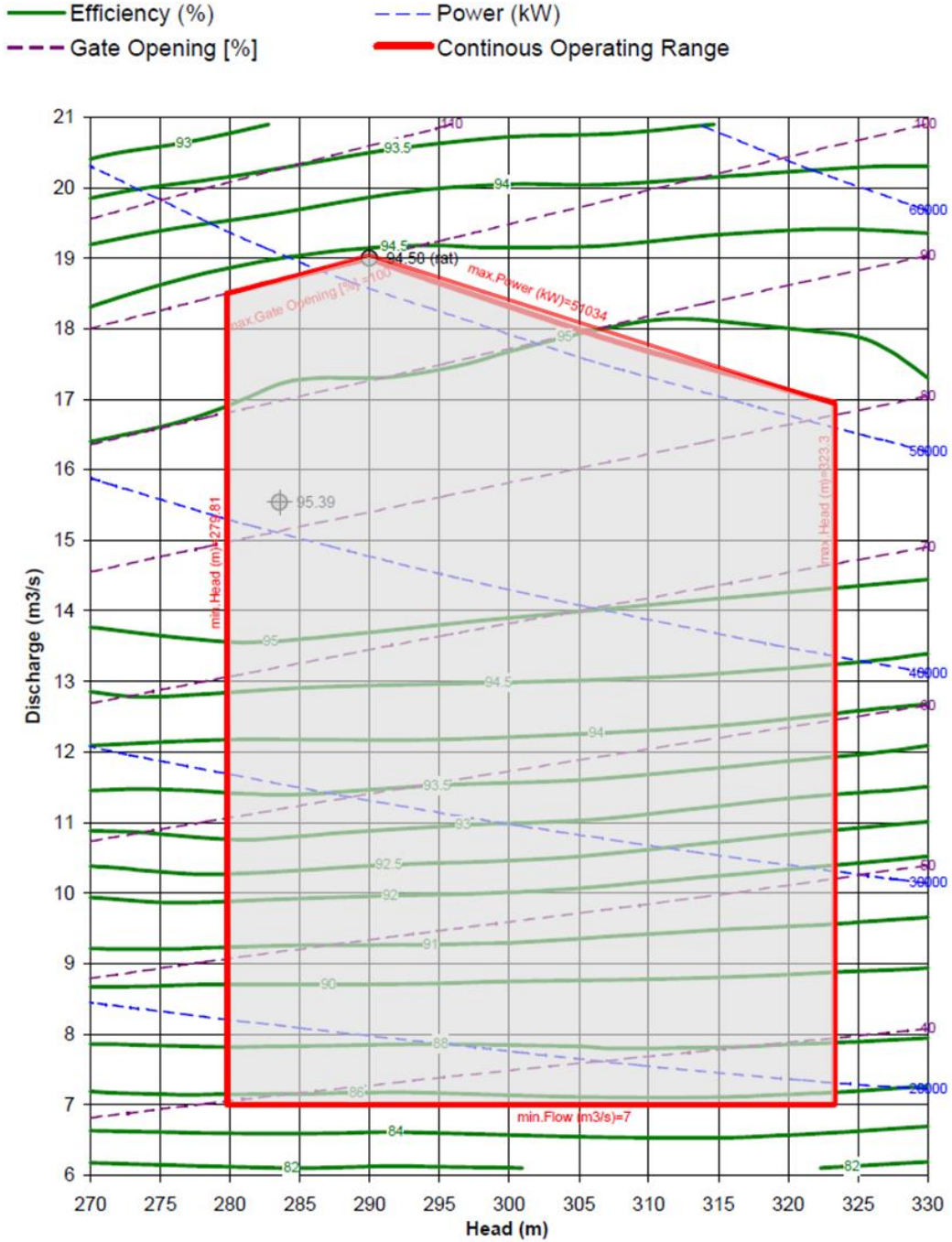
“\_parameter” adlı değişken, veri sürücülerini sisteme yüklerken, kullanıcı tarafından türbin ile ilgili tanımlanan değerlere sahip olacaktır. “SetParameter” metodu kod geliştiricinin parametreleri set edeceği fonksiyondur. Programı uyarlayacak yazılımcı gerekli gördüğü takdirde “override” anahtar kelime ile kodu ezip geliştirebilir.

“Open” metoduyla, veri kaynağı ile bağlantıyı açmak için gerekli kod yazılır, “Close” metodu ise veri kaynağı ile açılmış olan bağlantıyı kesmek için gerekli kodlar yazılır. Değerlerin okuma, yazma ve hesaplama işlemi hızlı olması için, Türbinleri Gözlemleme işlemi başladığında bir kere “Open” metodu çağrılarak bağlantı açılmasını sağlanır. Uygulama formunda çıkıldığında ise “Close” metodu çağrılarak bağlantı sonlandırılır.

Uygulama, türbin tanıtımı sırasında belirtilen “Yenileme Zamanı“ bölümünde tanımlanmış olan sıklıkta “Read” metodu çağrılır ve kavitasyon bölgesinde olup olmadığını hesaplanıp, “Write” metodu çağrılarak işlemin sonucunun yazılması sağlanır.

### **3.5 Güvenli Bölge Sınırlarının Belirlenmesi**

Şekil 3’te gösterilen grafikteki eğride türbinin çalışma değerleri kırmızı çizgi ile belirlenen alan içerisinde kalıyorsa güvenli bölgede çalıştığı kabul edilmektedir.

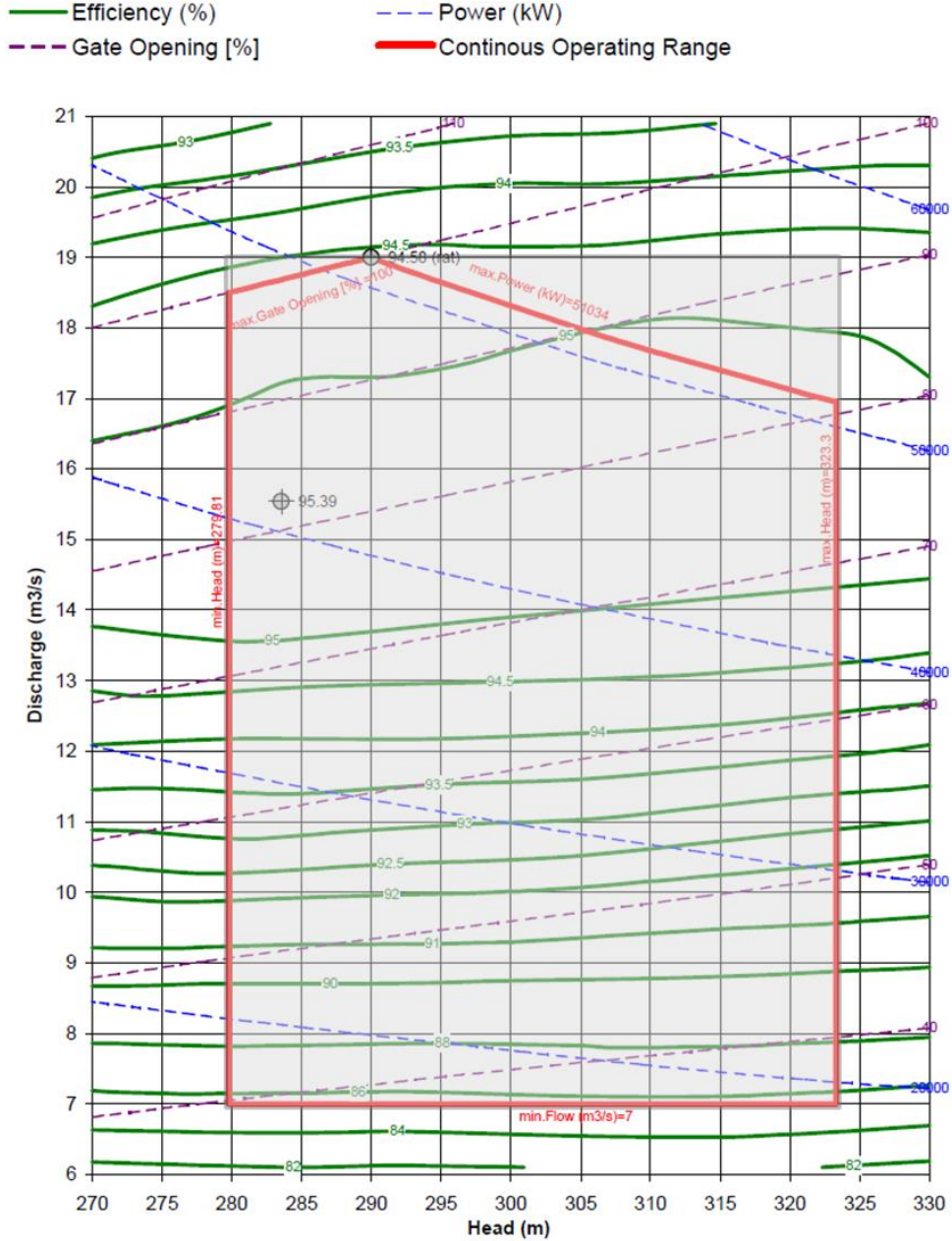


Şekil 3 Bir hidro türbinin kavitezyon güvenli çalışma alanı

Türbinin kavitezyon bölgesinde çalışıp çalışmadığını belirlemek için kullanılan yöntem, sisteme gelen türbin değerlerine göre değişmektedir.

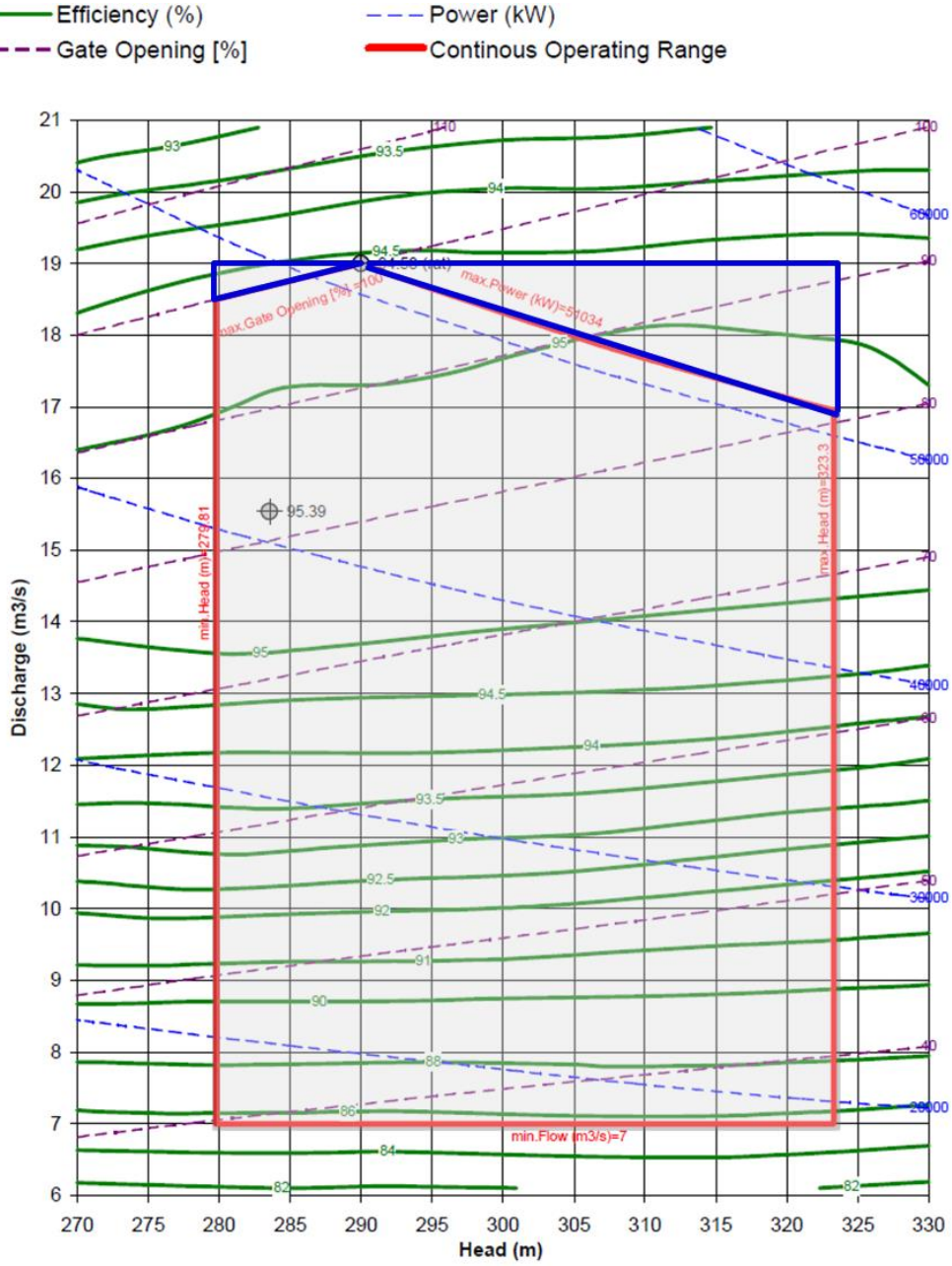
İlk durumunda, türbin üreticisi tarafından belirlenen “Continuous Operating Range”, en dış değerlerinden hareketle elde edilen dörtgen kabul edilebilir sanal güvenli alan olarak kabul edilmekte olup gelen verinin bu alan içerisinde kalıp kalmadığına

bakılmaktadır. Eğer veri bu alanın dışında kalıyorsa, türbinin kavitasyon bölgesinde çalıştığı tespit edildiğinden, detay karşılaştırmaya girmeden önce kullanıcıya fonksiyondan “false” değeri gönderilir. Detaylı hesaplama girmeden, hızlı cevap ile geri dönüş yapmaktaki amaç zaman tasarrufu yaparak, performans artışı sağlamaktır.



Şekil 4 Kavitasyon alanını dikdörtgene alınması

İkinci durumda, dörtgen ile belirlenen kabul edilebilir sanal güvenli alanın içinde fakat üretici tarafından belirlenen “Continuous Operating Range” sınırları dışında kalan bir değer elde edilmesi durumunda ilk aşamada sistem otomatik olarak türbinin güvenli bölge içinde mi dışında mı çalıştığını değerlendirdikten sonra, ikinci aşamada kullanıcıya “true” veya “false” mesajı gönderir.



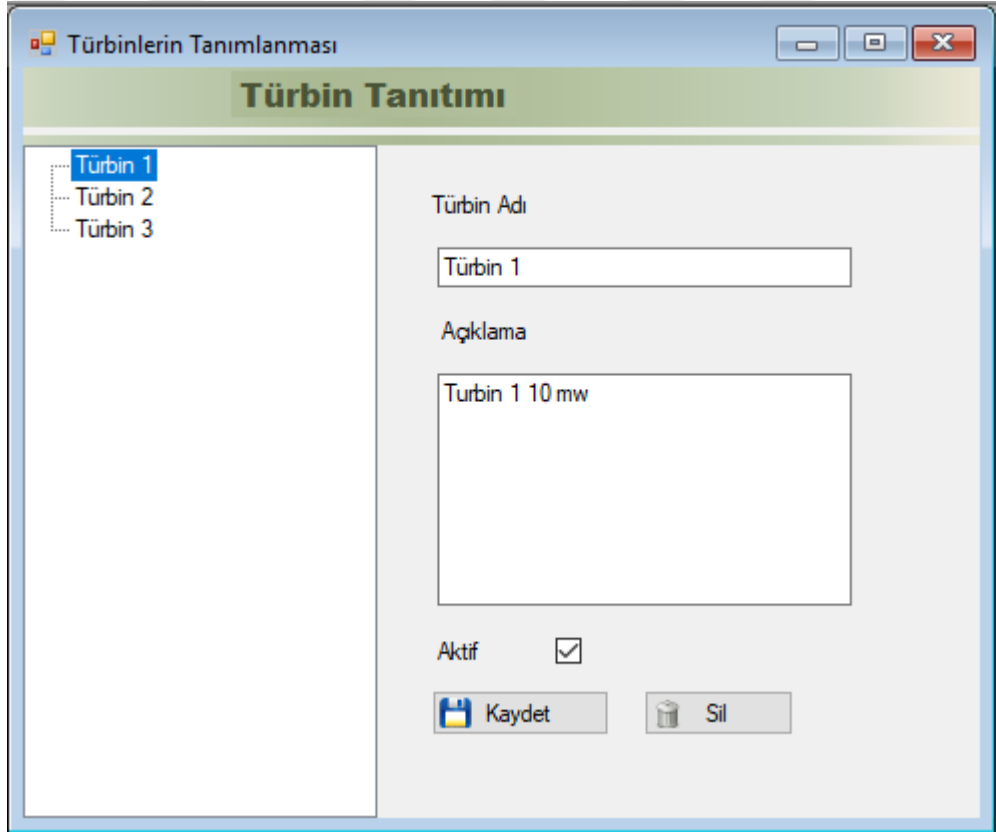
Şekil 5 Kavitasyon alanını dikkete alınması

## 4. UYGULAMA KULLANIMI

Bu bölümde türbinlerin tanıtılması, veri sürücülerin yüklenmesi, analiz raporların yüklenmesi ve türbinlerin canlı olarak nasıl izleneceği detaylandırılmıştır.

### 4.1 Türbinlerin Tanıtılması

Sistemde izlenecek olan türbinlerin tanıtılması gerekir. Bunun için menüden Tanım > Türbin seçeneğine tıklayarak açılan pencereden türbin tanımlaması yapılır.



Şekil 6 Türbin Tanımlama Ekranı

Sol bölümde tanımlanmış türbinlerin listesi bulunmaktadır. Sağ bölümde ise türbin ile ilgili “Türbin Adı”, “Açıklama” ve Türbinin “Aktif” olup olmadığını belirtilen bilgiler yer almaktadır.

Tanımlanmış türbinler ile ilgili bilgileri değiştirmek veya silmek için önce sağ bölümden tıklayarak seçim yapılır ve sonra istenen değişiklikler gerçekleştirilir. “Kaydet” butonuna ile yapılan değişiklik kaydedilir ya da “Sil” butonu ile seçilen türbin bilgileri silinir.

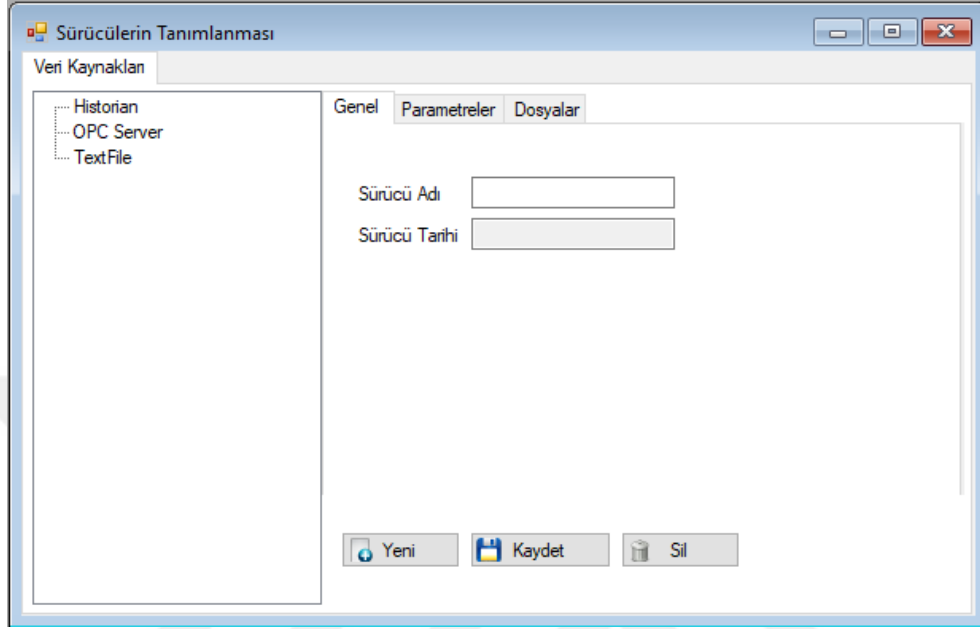
## 4.2 Sürücülerin Tanımlanması

Bu seçenek için Tanım> Sürücüler menüsünden açılacak form aracılığı ile türbinlerin kavitasyon analizi için kullanılacak verilerin elde edilmesi ve sonrasında kaydedilen veri kaynakları ile iletişim içerisinde olan sürücülerin yüklenmesi sağlanır.

Tezin amaçlarından biri (ve belki de en önemlisi) olan ve verileri bağımsız herhangi bir veri kaynağından okunabilir ya da yazılabilir olmasını sağlamak için aşağıda kaynak kodları belirtilen “DriverBase.BaseConnection” kaynak kod kütüphanesinin kullanıcının kendisi tarafından yazdığı koda uyarlanarak sisteme yüklenmesini ve kullanılmasını sağlamaktır.

```
namespace DriverBase
{
    public abstract class BaseConnection
    {
        public string TimeRefresh { get; set; }
        public bool IsSubscriber { get; set; }
        public string SubscriberTag { get; set; }
        public bool IsConnectionOpen { get; set; }
        public abstract void Open();
        public abstract void Close();
        public abstract void Write(DataInfo data);
        public abstract DataInfo Read();
        public abstract void SetParameter(System.Collections.Generic.Dictionary<string, string> parameter);
    }
}
```

Kullanıcı, “BaseConnection” abstract class ile geliştirilen ve sistem için gerekli dosyaları , “Dosyalar” sekmesinden yükleme yapabilir. İlk dosya ana dosya olması kaydı ile bu kodların ihtiyaç duyabileceği kütüphaneleri de yüklenilir.

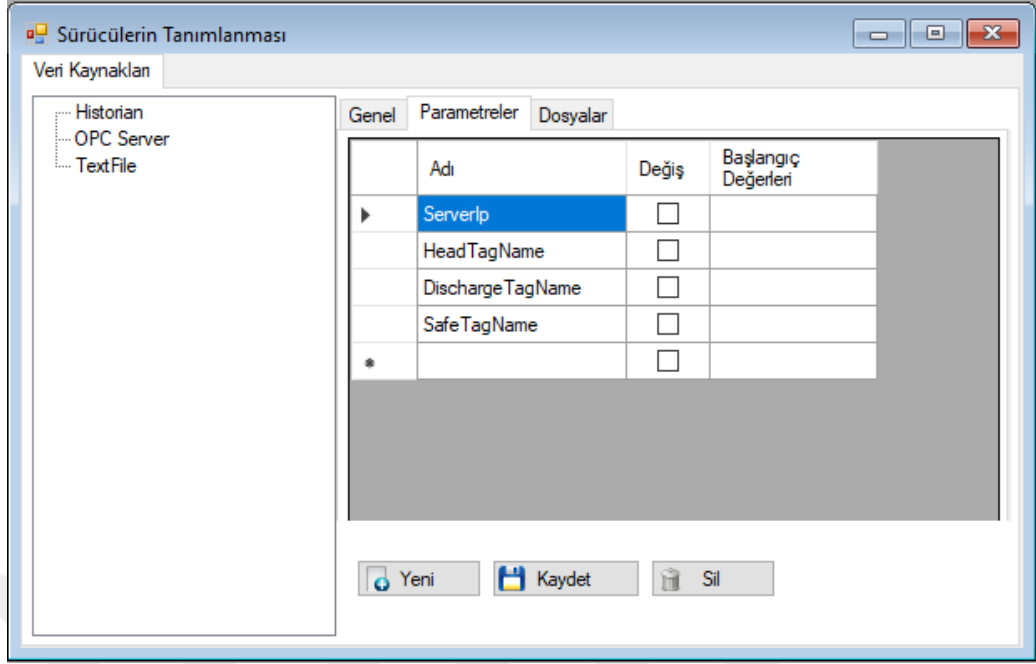


Şekil 7 Sürücülerin Tanımlama Ekranı

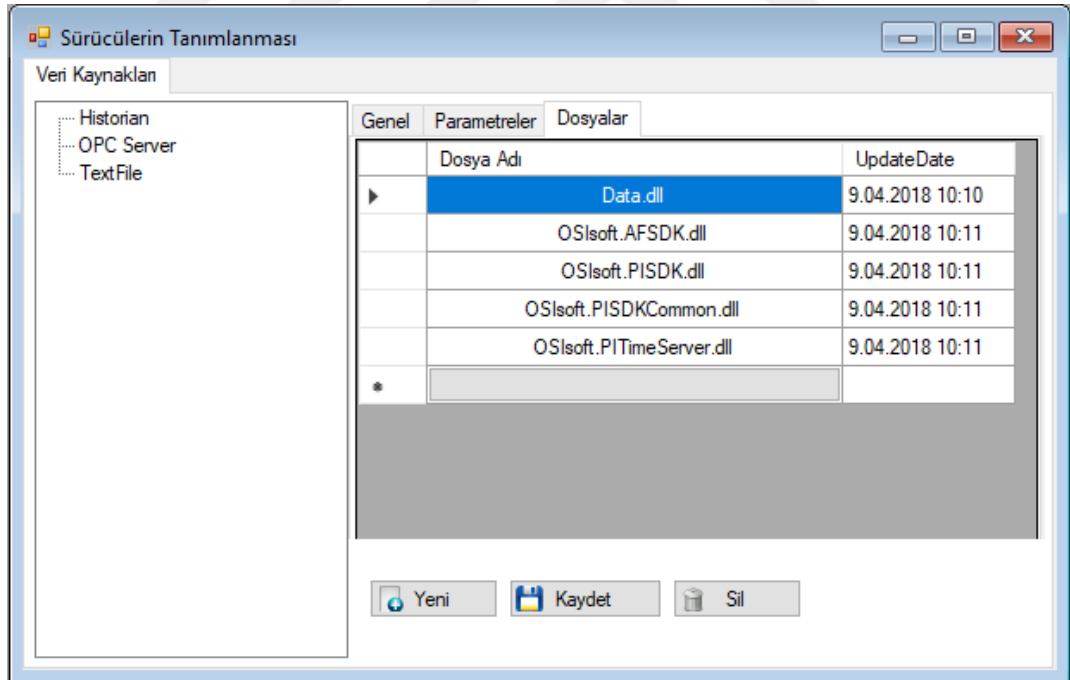
Parametreler bölümü ise sürücüler için gerekli parametrelerin tanımlanması yapılarak, türbin tanımında kullanıcıdan talep edilen parametre değerlerinin girilmesi sağlanmış olur.

Aşağıda yer alan Şekil 8 ve Şekil 9’ da PI System’in Historian DB için geliştirilmiş veri sürücülerin tanımlanması, yüklenmesi ve sistem tarafından talep edilen parametreler ile ilgili girdilerin ekran görüntüsü içermektedir.





Şekil 8 Sürücülerin, kullanıcıdan talep edilen parametreler





Şekil 9 Sürücülerin dosyaları ve ihtiyaç duyduğu kütüphaneler

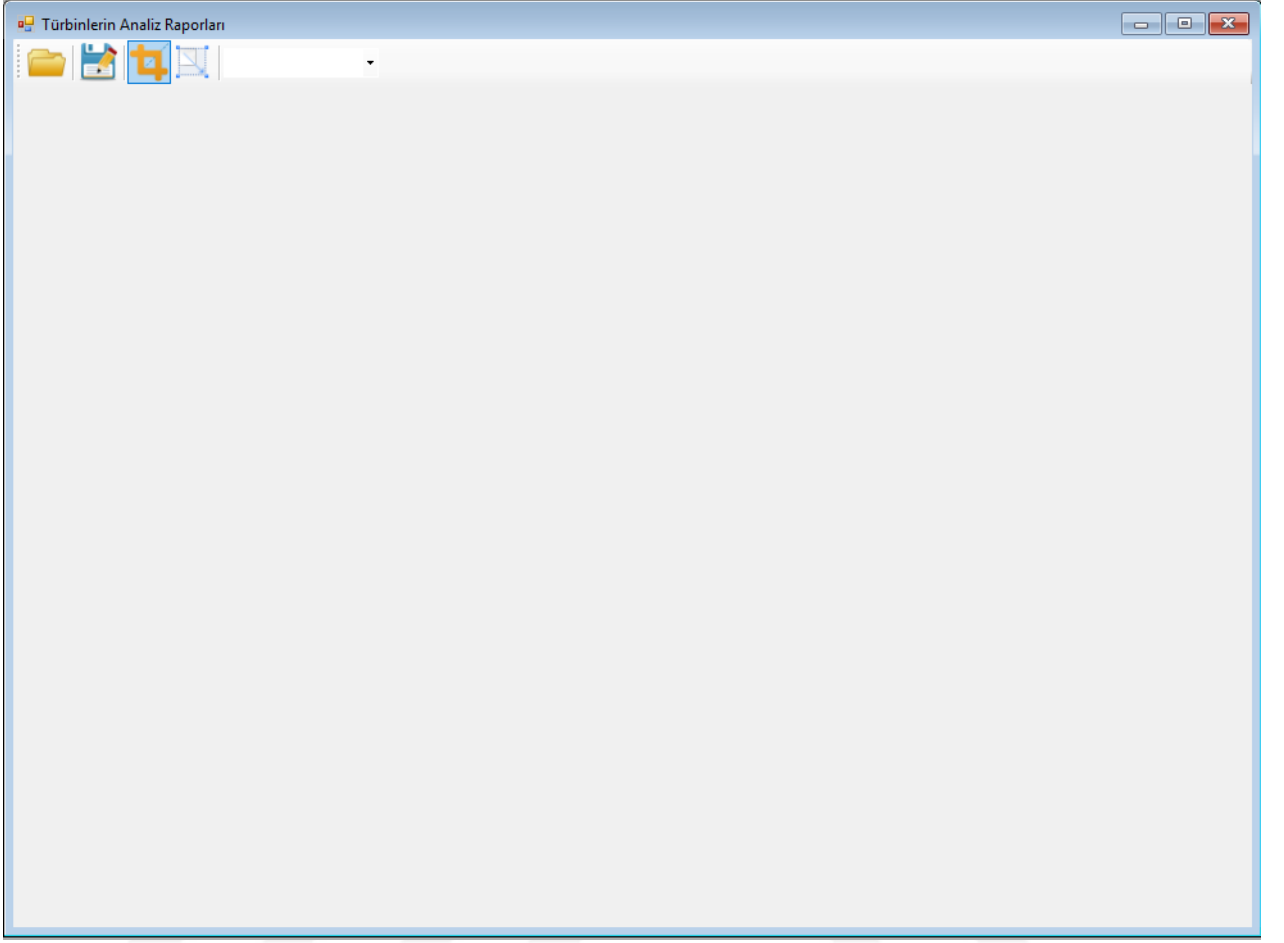
### 4.3 Tanımlanan Türbinlerin Analiz Raporlarının Yüklenmesi

Türbinlerin kavitasyonun analiz değerlerinin bulunduğu raporların yüklenmesi için kullanılan ekrandır. Bu ekrana ulaşmak için Tanım > Analiz Raporları > Rapor yükle menüden seçeneği kullanılır.


Raporu yüklemekten önce gönderilen raporun taranıp resim olarak kaydedilmesi. Eğer PDF formatında ise resim formatına çevrilerek yüklenmesi gerekir.


Rapor yüklemek için ilk olarak aşağıda açılan liste ekranından resmi yüklenecek olan türbin seçilir. Raporu eklenecek türbin seçildikten sonra “” butonuna tıklayarak açılan pencereden rapor seçilir ve “Aç” butona tıklanarak, analiz raporunu içeren resim yüklenir.

Resim yüklendikten sonra fazlalıkları kesmek için “” ikonu ile tanımlanan butona tıklanır ve farenin sağ tuşunu basılı tutarak istenen alan seçilir. Belirlenen alan haricinde kalmış olan kısım kesilip atılır.



**Şekil 10** Türbinlerin Analiz Raporları

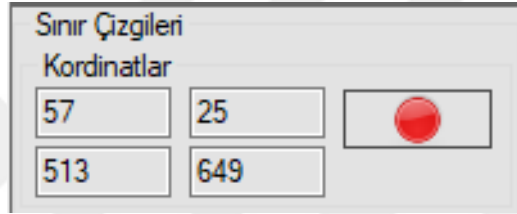
Kesilen resim gereğinden küçük ya da büyük ise büyüklüğünü değiştirmek için “” ikonu içeren butona tıklanarak açılan pencereden resmin boyutları istenen orana uygun değerler girilerek değiştirilir.

Yapılan değişiklikler raporu sisteme kaydetmek için “” kaydet butonuna tıklayarak sisteme kaydedilir.

#### 4.4 Yüklenen Raporların Değerlerinin Tanımlanması

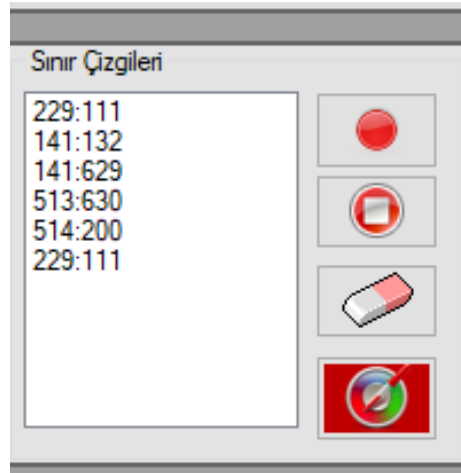
Tanım > Analiz Raporları > Değer Tanımlama menüsünden grafiğin üzerinde belirtilen kavitasyon sınır bölgesi belirlemek için kullanılır.

Daha önce tanımlanmış türbin seçilir. Seçim yapıldıktan sonra daha önce yüklenmiş ve kavitasyon eğrisi içeren grafiği ekrana getirilir. Bu ekranda belirtilen kısımda içi dolu daire butonuna tıklayarak grafikteki x ve y eksenlerinin sınır çizgileri farenin sol butonuna basılı tutarak çizilir. Altındaki “Değerler” kısmına ise x ve y eksenlerinde başlangıç ve bitiş değerleri girilir.



The screenshot shows a dialog box titled "Sınır Çizgileri" (Boundary Lines). It has a section labeled "Kordinatlar" (Coordinates) with four input fields. The first two fields contain the values "57" and "25", and the last two fields contain "513" and "649". To the right of these fields is a red circular button.

Şekil 11 Sınır Çizgilerinin kordinatları

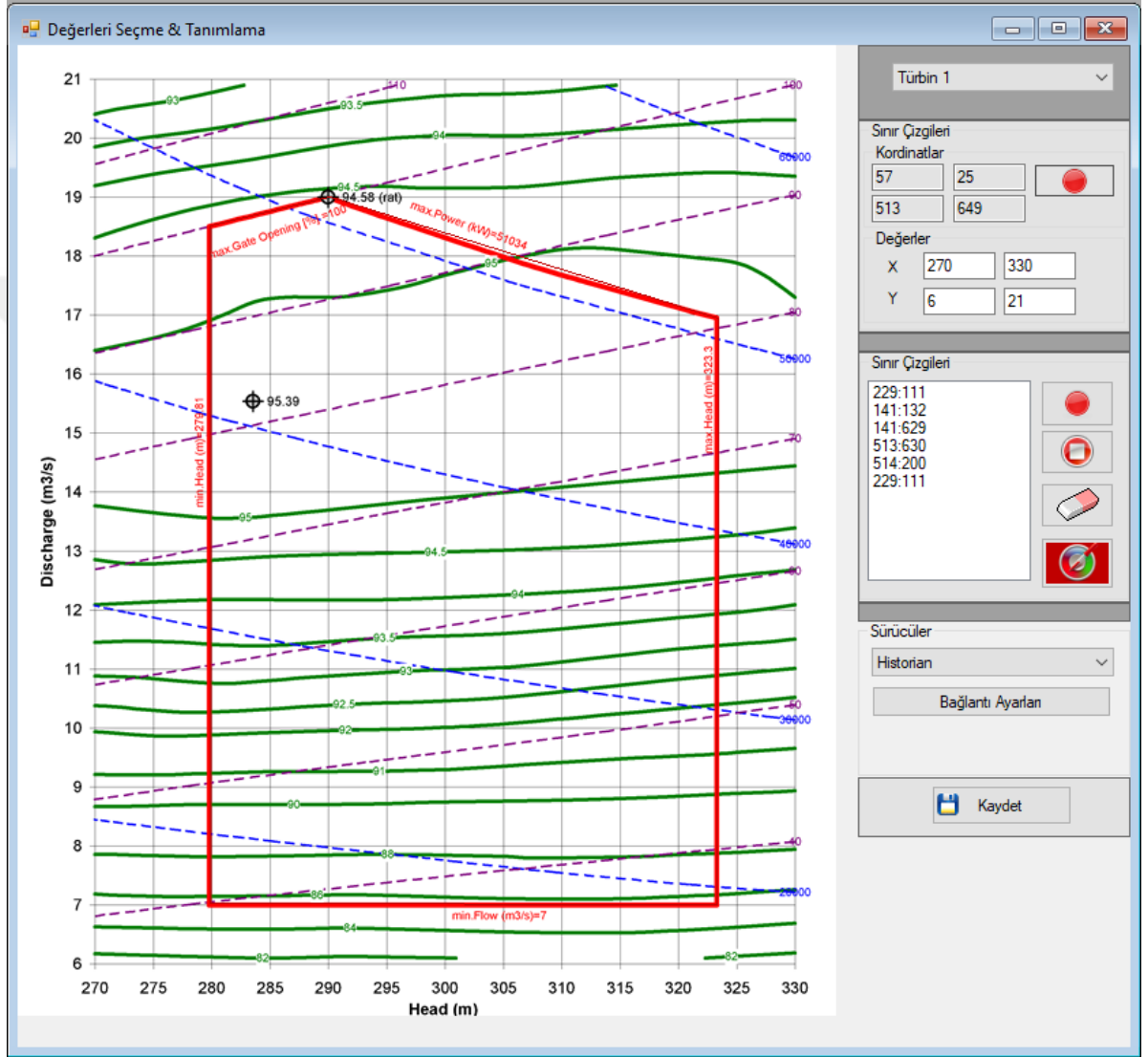


The screenshot shows the same dialog box titled "Sınır Çizgileri". The "Kordinatlar" section now contains a list of coordinates: "229:111", "141:132", "141:629", "513:630", "514:200", and "229:111". To the right of the list are four buttons: a red circular button, a red square button with a white diagonal line, a red and white eraser icon, and a red square button with a white diagonal line and a red circle.

Şekil 12 Sınır Çizgilerinin Listesi

Sınır çizgileri kısmında ise, grafikte belirtilen kavitasyon kapalı eğrisi alanı seçilir. İlk kırmızı butona bastıktan sonra, farenin sol butonuna basarak şeklin en sağ ve yukarı noktasından başlanarak kesişen noktaları seçilir. Seçimi sonlandırmak için içi beyaz

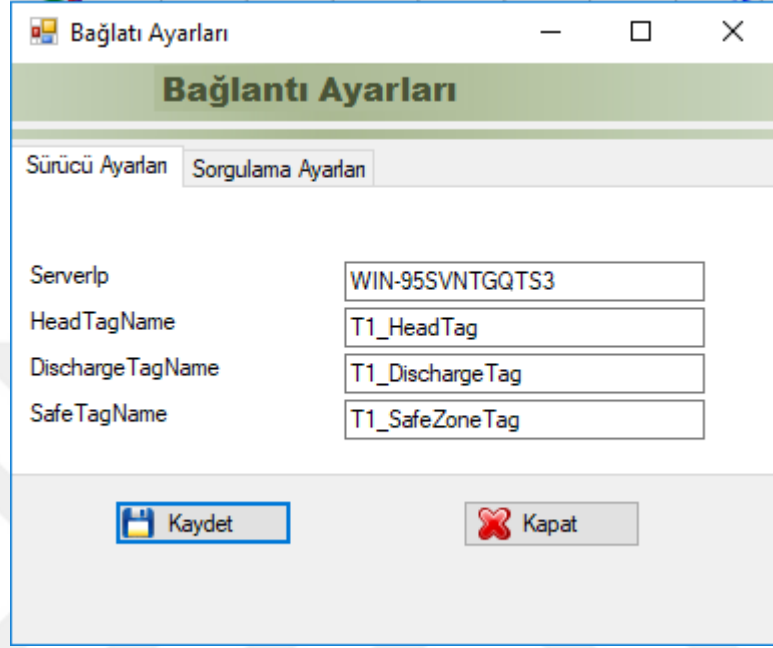
butona basarak seçim sonlandırılır. Silgi butonu ile de seçilmiş tüm alanları silerek tekrar seçimin yapılmasını sağlar. Renk paleti simgesi içeren butona basarak çizilen alan çizgilerin rengi belirlenir.



Şekil 13 Kaviteasyon Bölgesinin Belirleme

“Sürücüler” kısmından ise Türbin ile ilgili değerleri okuyacak ve hesaplama sonucunun kaydedileceği sürücünün seçimi yapılır. “Bağlantı Ayarları” butonuna tıklayarak sistem tarafından talep edilen parametre değerlerinin ve türbin ile ilgili

verilerin okunması, değerlendirmesi ve değerlendirme sonucunun yazılması işlemlerinin ne kadar sıklıkla yapılacağı süresi saniye cinsinden tanımlanır.



Ayar	Değeri
ServerIp	WIN-95SVNTGQTS3
HeadTagName	T1_HeadTag
DischargeTagName	T1_DischargeTag
SafeTagName	T1_SafeZoneTag

Şekil 14 Sürücüler ile ilgili bağlantı ayarları

Gerekli ayarlar yaptıktan sonra ise kaydet butonuna tıklayarak kaydetme işlemini gerçekleştirilir.

#### 4.5 Tanımlanan Türbinlerin Kaviteyon Analizi

Ana Menüden Gözlem seçeneği tıklanarak tanımlanmış türbinlerin analizi başlatılabilir. Burada tanımlanmış veri kaynağından gelen bilgiler belirtilen süre içerisinde grafiksel olarak gösterilmekte olup değerlerin gözlenmesi sağlanabilmektedir. Gelen değerler doğrultusundan güvenli bir konumda ise imleç yeşil renge güvensiz olduğu ortamda ise kırmızı renge bürünmektedir.



## 5. TEST ORTAMI

Şekil 16’da uygulamanın sanal ortamda yapılan testi gösterilmiştir. Bu testte teorik olarak santralin birinci türbininden; Net Head (Net Yükseklik) ile discharge verileri, ikinci türbininden ise; Net Head ile üretilen enerji miktarı değerleri sensörler vasıtası ile sisteme aktarılmaktadır. Bu veriler Ole for Process Control Server(OPC) aracılığı ile okunmakta olup, OSISoft firmasına ait historian database (DB) uygulamasına kaydedilmektedir.

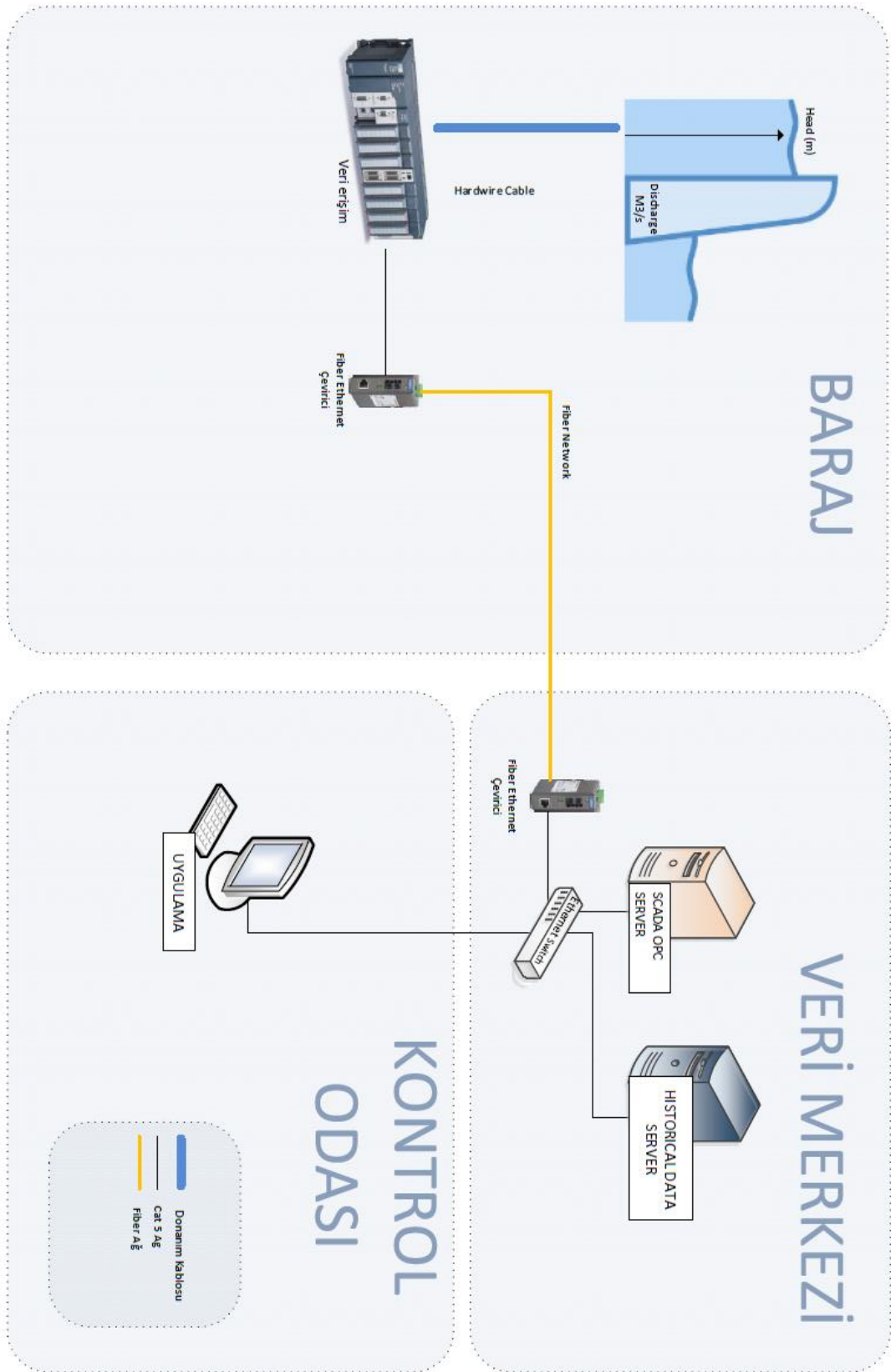
Detaylı olarak açıklamak gerekirse, ilk etapta santral veri merkezinin sanal makinede, Windwos Server 2012 Standart Edition üzerinde Kepware Technologies firmasına ait KEPware Enhanced OPC/DDE Server v.4.500.465.0 demo versiyonu kurulmuştur [18]. İkinci olarak, OSISoft firmasına ait historian DB olan PI System ve PI Systemin, kurulu olan OPC serverden verileri okumak için PI\_OPCClient interface kurulmuştur [19]. Son olarak kontrol odasındaki bilgisayarda çalışan uygulama ise normal pcye kurularak kontrol odası temsil edilmiştir [20].

Kepware OPC server demo uygulaması kullanılarak, belli bir aralıkta rastgele değer üreten sinyaller oluşturulmuştur. Bu sinyallerden elde edilen değerler enerji santrallerindeki sensörlerden gelen değerlerin yerine konularak yaratılan senaryolar içerisinde uygulama test edilmiştir.

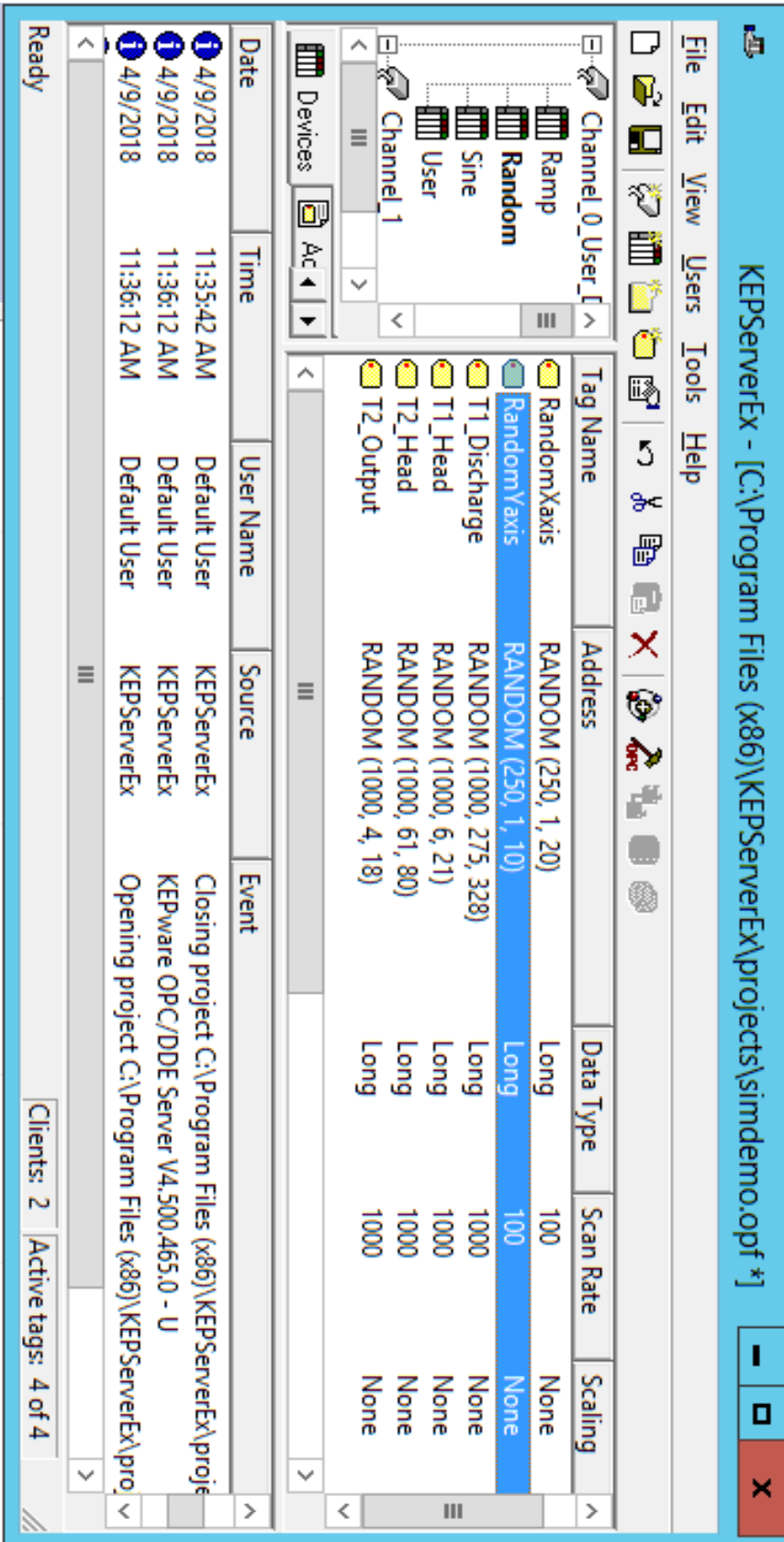
Kepweare OPC serverda, test amaçlı dört tane sinyal oluşturuldu. Bunlar;

- T1\_Discharge: Birinci türbini test etmek için 275 ile 328 arasında rastgele otomatik sayı üreten sinyalin adı.
- T1\_Head: Birinci türbini test etmek için 6 ile 21 arasında rastgele otomatik sayı üreten sinyalin adı.
- T2\_Head: İkinci türbini test etmek için 61 ile 80 arasında rastgele otomatik sayı üreten sinyalin adı.
- T2\_Output: İkinci türbini test etmek için 4 ile 18 arasında rastgele otomatik sayı üreten sinyalin adı.





Şekil 16 Deneme Senaryomun Ortamı



Şekil 17 Kepware OPC Serverda oluşturulan sinyaller

Point Builder - PI System Management Tools (Administrator)

File View Tools Help

Servers 6 points

Search

Servers

- AvenCollective
- demoste aven.com.tr
- SIGMAPOWER
- WIN-955VNTGQTS3

System Management Tools

Search

General Archive Classic Security System

Server	Name	Stored Values	Point Source	Point Type	Point Class	Descriptor	Point Security	Data Security
WIN-955VNTGQTS3	T1_DischargeTag	Real-time data	OPC	Floa32	classic		piadmin: A(rw)   piadmins: A(rw)   PIWorld: A(r)	piadmin: A(rw)
WIN-955VNTGQTS3	T1_HeadTag	Real-time data	OPC	Floa32	classic		piadmin: A(rw)   piadmins: A(rw)   PIWorld: A(r)	piadmin: A(rw)
WIN-955VNTGQTS3	T1_SafeZoneTag	Real-time data	M	Digital	classic		piadmin: A(rw)   piadmins: A(rw)   PIWorld: A(r)	piadmin: A(rw)
WIN-955VNTGQTS3	T2_HeadTag	Real-time data	OPC	Floa32	classic		piadmin: A(rw)   piadmins: A(rw)   PIWorld: A(r)	piadmin: A(rw)
WIN-955VNTGQTS3	T2_Output	Real-time data	OPC	Floa32	classic		piadmin: A(rw)   piadmins: A(rw)   PIWorld: A(r)	piadmin: A(rw)
WIN-955VNTGQTS3	T2_SafeZoneTag	Real-time data	M	Digital	classic		piadmin: A(rw)   piadmins: A(rw)   PIWorld: A(r)	piadmin: A(rw)

Location 1:  1 Conversion Factor:  1 UserInt1:  0

Location 2:  0 Filter Code:  0 UserInt2:  0

Location 3:  0 Square Root Code:  0 UserReal1:  0

Location 4:  2 Total Code:  0 UserReal2:  0

Location 5:  0

Instrument Tag: Channel\_0\_User\_Defined:Random:Coil Heat

Session Record

4/9/2018 11:09:17 PM (WIN-955VNTGQTS3\Administrator) PI-PB> Successfully created point T2\_SafeZoneTag on server WIN-955VNTGQTS3.

4/20/2018 2:28:19 PM (WIN-955VNTGQTS3\Administrator) PI-PB> Successfully edited point T1\_DischargeTag on server WIN-955VNTGQTS3.

4/20/2018 2:28:33 PM (WIN-955VNTGQTS3\Administrator) PI-PB> Successfully edited point T1\_HeadTag on server WIN-955VNTGQTS3.

WIN-955VNTGQTS3\Administrator | piadmin

Şekil 18 PI system de tanımlanan taglar

## 6. PROJEYE DAİR EK BİLGİLER

Bu bölümde tezin içerisinde geçen kavramların açıklayıp işlevlerini açıklanacak.

### 6.1 Elektrik Enerjisi Üretiminde Kullanılan Birimler

Ulusal Birim Sisteminde(SI) enerji standart birimi joule(j)dir. İngiliz fizikçi James Prescott Joule'e atfen ismi verilmiştir. Enerji ve iş birimidir.

Watt, SI de uluslararası standart güç birimi olup, James Watt'a atfen isimlendirilmiştir.

Elektrik santrallerinin gücü tarif edilirken temel olarak Kilowatt saat (KW-h) kullanılır.1 kW-h, 1000 watt saat veya 3,6 megajoul' e eşdeğer bir enerji birimidir. Kilowatt saat, elektrik faturalamalarında kullanıldığı için bilinir

Örneklerle enerji birimleri arasındaki ilişkiyi açıklayalım. /\*Burayı biraz kontrol ederek yazarmısın \*/

1000 Watt'lık (1 kilo-Watt'lık) ısıtıcı bir saat çalıştırılırsa bir kilovat-saat'lık enerji tüketir. Bu da 3,600 kiloJoules' e denk gelir.

100 watlık bir ampül bir ay boyunca kesintisiz çalıştırılacağı zaman  $100W \times 24h \times 30d = 72 \text{ kW-h}$  olur. Buda 259,2 joule denk gelir.

Örnek olarak 50 MW'lık bir enerji santrali ve bir evin elektriksel güç ihtiyacı 5kW olarak verilmişse, 10.000 evin elektriksel ihtiyacı karşılanabilir. Her evde ortalama olarak 5 kişi yaşadığı düşünülürse, bu santral; 50.000 nüfuslu bir kasabanın elektriksel ihtiyacını karşılayabilir.

## 6.2 Hidroelektrik Enerjisi

Yüksek yerlerden akan sular, potansiyel enerjiye sahiptir. Bu enerji yukarıdan aşağı doğru akarken yerçekimi gücüne bağlı olarak suyun enerji formunda değişikliğe uğrayarak kinetik enerjiye dönüşür. Hidro türbinler yardımı ile kinetik enerji, mekanik enerjiye dönüştürülür. Bu türbinlere shaft ile bağlı olan jeneratörler sayesinde ise mekanik enerjiyi, elektrik enerjisine dönüştürür. Bu hidro türbinler sayesinde suyun enerji formunda meydana gelene değişiklik ile enerji üreten santrallere hidroelektrik santralleri veya kısaca HES denir [21].

HES'lerde elektrik kaynağı olarak kullanılan su hidrolik döngü içerisinde sonsuz bir döngü şeklinde hareket etmekte ve bu hidrolik döngüde okyanus, deniz, göl veya nehirlerdeki su, güneş enerjisi ile buharlaşmakta; oluşan su buharı, rüzgârın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar şeklinde tekrar yeryüzüne ulaşır nehirleri beslemektedir. Bu sonsuz bir döngü şeklinde meydana gelmektedir. Bundan dolayı su kullanılarak elde edilen hidrolik enerji, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır [22].

HES'ler yüksekliklerine göre üçe, üretim kapasitelerine göre dört, ürettikleri enerji karakterlerine göre ikiye, yapısal olarak üçe ayrılmaktadırlar. Santral tipleri, santral kurulacak bölgedeki enerji kaynağının tipi ve coğrafik yapısına göre belirlediğinden dolayı doğrudan olmazsa da dolaylı ilişkisi vardır.

HESler yüksekliklerine göre;

- i. Düşük: 15 metreden az.
- ii. Orta: 15 – 50 metre arasında
- iii. Yüksek: 50 metreden yüksek.

HESler ler üretim kapasitelerine göre;

- i. Büyük ölçekli HES ler: 10 Mw tan daha büyük üretim kurulu gücüne sahip elektrik santralleridir
- ii. Orta ölçekli HES ler: 1 mW – 10 mW arasında üretim gücüne sahip elektrik santralleridir.

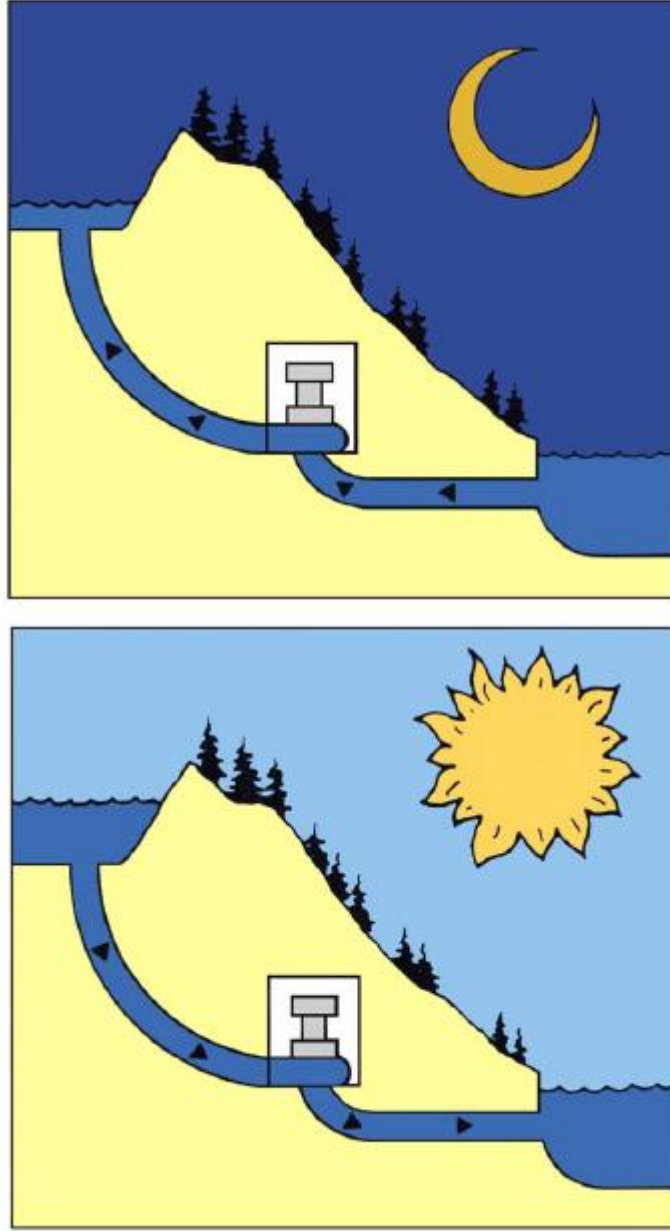
- iii. Düşük ölçekli HES ler: 100kW – 9999kW arasında üretim gücüne sahip elektrik santralleridir. Bu santraller büyük ve orta ölçekli HES ler nazaran ulusal elektrik şebekesine daha az katkı sağlar.
- iv. Küçük ölçekli HES ler: 99kW ‘ a kadar enerji üretim kapasitesine sahip elektrik santralleri olup. Şirket ve kurum içerisinde elektrik ihtiyaçlarını karşılamak için kurulmuş elektrik santralleri olmaktadır [23].

HESler ler ürettikleri enerji karakterlerine göre;

- i. Baz santraller: Sürekli olarak enerji üreten santraller.
- ii. Pik santraller: Enerjinin en çok ihtiyaç duyulduğu zaman dilimi içerisinde üretim yapan elektrik santralleridir [24].

HESler yapısal olarak temel olarak üç gruba ayrılır:

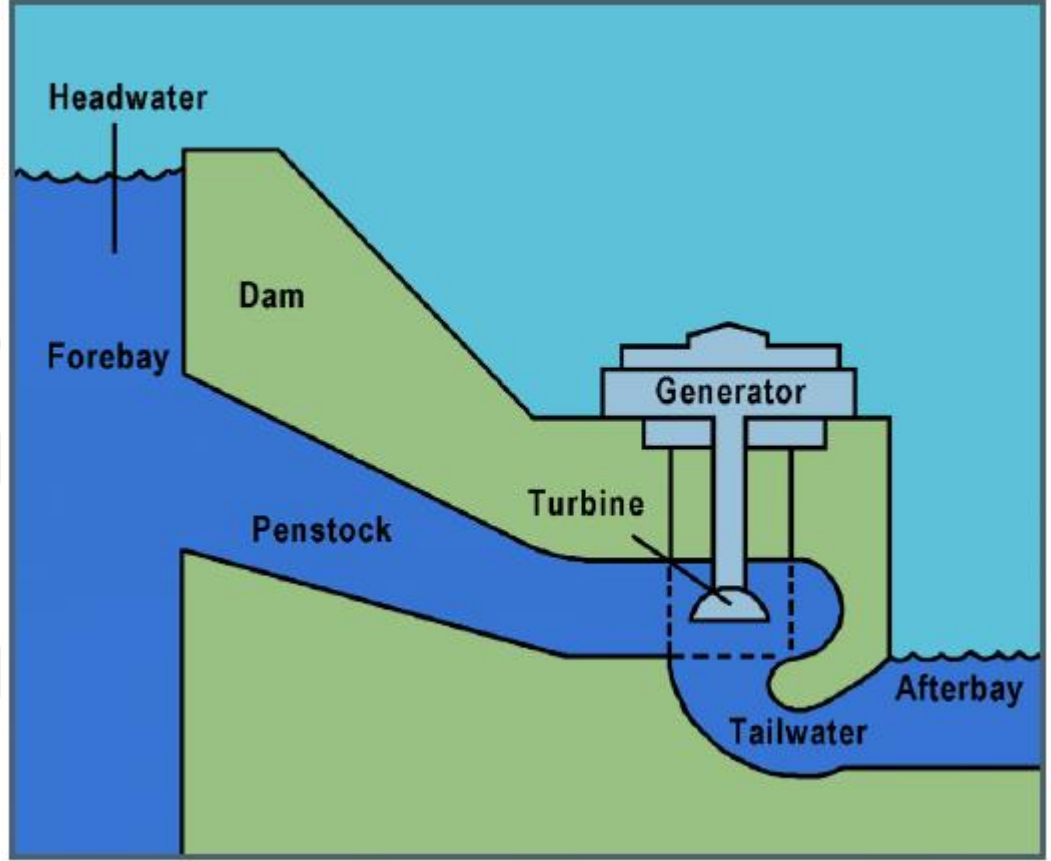
- i. **Pompaı Depolamaı Santraller:** Pompaı Depolamaı Hidroelektrik Santraller (PDHES), ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacını karşılamak için, suyun, yüksekte bulunan rezervuardan, alt tarafta bulunana rezervuara doğru hareketinden türbinler aracılığı ile enerji üretilmesi işidir. Enerji ihtiyacı azaldığı zamanlarda, alt rezervuarda bulunan su, tekrar kullanılmak üzere üst rezervuara pompalanır. Bu yapı tam bir yenilenebilir enerji kaynağı denilebilir. Bu tip enerji santralleri enerji üretmeden daha çok enerji depolamak için kullanmak için ön pala geçmektedir.



Şekil 19 Pompalı Depolamalı Hidroelektrik Santraller çalışma şeması [25]

- ii. **Nehir tipi Hidrolik Santraller:** Nehir tipi santraller, küçük hidroelektrik santralleri (KHES) sınıfına giren, ilk kurulum maliyetleri biraz yüksek olmasına karşın, küçük finansmanlarla kurulabilen, uzun ömürlü işletme ve bakım giderleri düşük, olumsuz çevresel etkileri nispeten sınırlı tesislerdir [26].

- iii. **Baraj Tipi Santraller:** Nehir, ağzına inşa edilen duvar ile kapatılarak, suyun depolanması sağlanır, Depolanan bu su enerji ihtiyacı doğrultusunda kullanılır. Bu aslında bir enerji depolama biçimidir.



Şekil 20 Baraj tipi santral [25]

### 6.3 HES' in Tasarım Aşamaları

Bir HES tasarımına geçilmeden önce 4 aşamadan geçilir.

- i. Kapasite ve talep araştırılması: Bu aşamada, HES santrallinin kullanacağı bölgenin ne kadarlık bir enerjiye ihtiyaç duyulduğu ve bu enerjinin kullanım amacı belirlenir



- ii. Hidrolojik çalışma ve konum araştırması: Bu aşamada, barajın kurulması planlanan bölgenin hidrolik potansiyeli belirlenir. Akarsuyun debisinin yıl boyunca değişimi ortaya konur, su alma ağzının en verimli ve en ucuz olarak kurulacağı yer tespit edilir. Dönemsel olarak ne kadarlık bir güç üretimi gerçekleştirebileceği tespiti yapılır. Ayrıca enerji kaynağı olarak kullanılacak suyun, bölge hangi amaçla kullanıldığı tespiti. Örnek olarak tarımsal arazi sulaması için kullanıp kullanılmayacağı.
- iii. Ön fizibilite çalışması: Bu aşamada, tüketici için fiyat belirleme aşamasıdır. Bunun yanında gün içerisinde oluşacak güç değişimlerinde tüketicinin talepleri nasıl olacağı belirlenir.
- iv. Tam fizibilite çalışması: Bu aşamada ise; Ön fizibilite çalışmasında hidrolik sistemin uygulanabilir olduğu sonucunu varılırsa; mühendislik hesapları, maliyet hesapları detaylı yapıp, santralin maliyeti belirlenir. Bunun yanında sadece kurulum değil işletme ve bakım maliyetlerini de hesaplanır. Santralin kurulum ve bakım Maliyetine de bakarak ve tüketicilerden alınacak ücreti karşılaştırarak santrallerin kurulup yapılıp yapılmayacağına karar verilir [27].

#### **6.4 HES' ler İçin Yer Seçimi Nasıl Yapılmalıdır**

Yer seçiminde, zemin ve hidroloji bilgileri temel alınır. Bunun yanında üretilecek olan elektriğin, ulusal iletim sistemine olan uzaklığı maliyeti belirleyen başka bir unsur olup maliyet yükünü artıran unsur olup göz önüne alınmalıdır. Bu çerçevede HES santrali için yer seçimi için aşağıda tüm bilgiler kullanılmalıdır:

- i. Akarsuyun Debisi ( $m^3/sn$  veya  $lt/sn$ ): Akarsuyun debisinin (bir saniye içinde akıtıldığı metre küp veya litre olarak su miktarı) yıl içindeki değişimi bilinmelidir.
- ii. Net Düşü (metre): Suyun düştüğü yükseklik (metre) santralin üretim miktarını ve maliyetini önemli ölçüde etkiler.

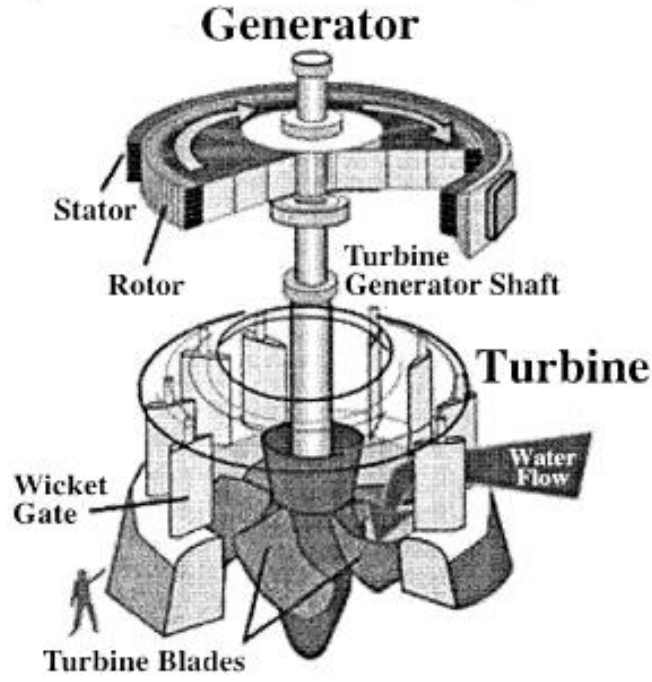
- iii. Suyun Derinliği: Suyun debisinin bulunabilmesi için akarsuyun derinliğinin bilinmesi gerekir.
- iv. Suyun Hızı: Akarsuya ait debinin bulunabilmesi için akarsuyun ayrıca hızının bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca su kaynağı ile ilgili olarak, derinliği ve suyun hızı belirlendiği zaman, bir akarsuyun debisi hesaplanabilir.
- v. Yaklaşık Debi: Bir akarsuyun debisi için;  $Debi=700 \times Akarsuyun\ Hızı \times Su\ kaynağının\ Derinliği \times Su\ kaynağının\ Genişliği$  [litre/saniye] formülü kullanılmaktadır.
- vi. Türbin ve kontrol düzeneklerinin belirlenmesi
- vii. HES nin kurulacak olan bölgede yaratacağı çevresel etkiler.

## 6.5 Türbin

Türbin, Suyun kinetik enerjisi, türbindeki çarklara basınç uygulayarak mekanik enerjiye ve bu mekanik enerji de, bir şaft ile bağlı olan jeneratörü hareket ettirerek elektrik enerjisine dönüştürülür [23].

## 6.6 Türbin Birleşenleri

Türbinler yapısal olarak farklı olsa da temel olarak ortak özelliktedir.



Şekil 21 Türbinin yapısı

Türbinler; giriş ağızı, çark ve gövdeden oluşmaktadır. Jeneratör, şaft, tahrik mekanizması, rotor ve stator den oluşurlar [22].

### 6.7 Türbin Çeşitleri

Hidroelektrik santrallerindeki türbinler, suyun çarpma şekline göre iki ayrılırlar. Bunlar; aksiyon ve reaksiyon türbinleridir [22].

- i. **Aksiyon Türbinleri:** Aksiyon türbinlerinin ilk adımları, 1980 yılında Pelton tarafından atılmış olup, günümüze kadar gelişimleri sürmüştür [28].

Aksiyon türbinlerinde türbin giriş ve çıkışındaki basınçlar, atmosfer basıncına eşittir. Bu yüzden de bu türbinlere, “eş basınçlı türbinler” denilmektedir. Aksiyon türbinlerinde daralan bir boru sisteminden (nozül)

geçilerek suya hız kazandırılır ve su jeti oluşturulur. Türbin çarkı üzerindeki kanatlara su jeti çarpılarak hızının değişmesi sonucu türbinin dönmesi sağlanır. Bu çarpma ile kinetik enerji, potansiyel enerjiye dönüşür. Bu türbin için enerji dönüşümü, Newton'un ikinci yasası ile açıklanmaktadır [23].

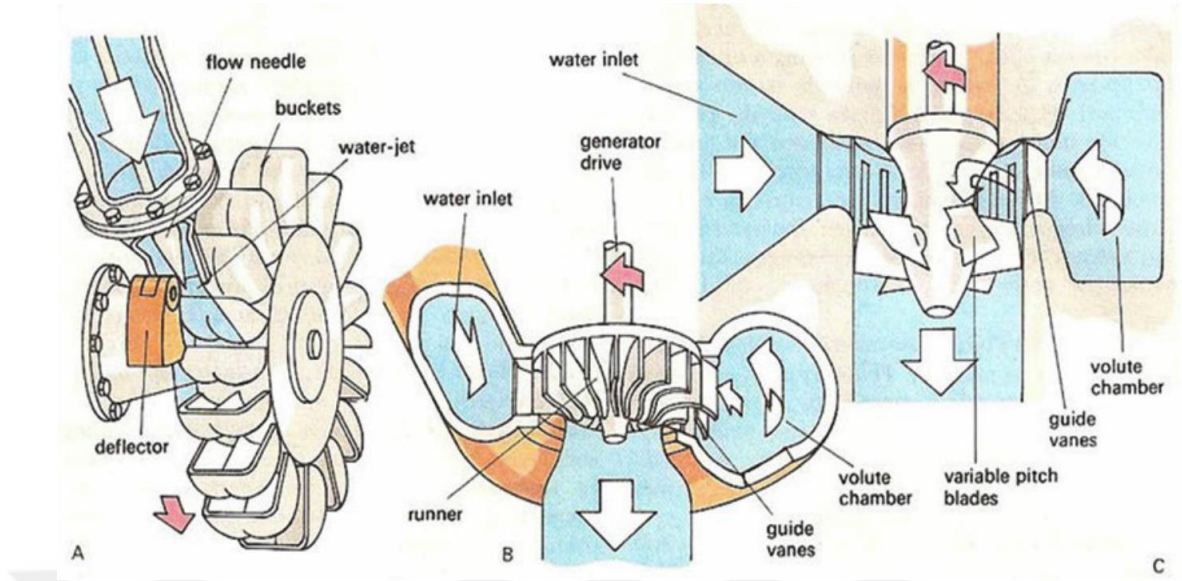
Pelton tipi hidrolik türbinler, çok yüksek hidrolik düşüşler ve küçük su debileri için kullanılmaktadır. Bu tip türbinlere Michell- Banki tipi türbinler de girmektedir [28].

- ii. **Reaksiyon Türbinleri:** Francis, Kaplan, Uskur, Propeller, Bulb Tube Straflo, Water Wheel gibi türbinler reaksiyon türbinleri grubuna girmektedir. Bu türbinlerin enerji dönüşümü, Newton'un üçüncü yasası ile açıklanır. Net düşü ve özgül hız bakımından oldukça geniş kullanım alanı olan reaksiyon tipi su türbinleri suyun hem kinetik hem de potansiyel enerjisinden yararlanırlar. Bu nedenle, çarka girişteki basınç, çıkıştaki basınçtan çok daha büyük olur. Suyun kapalı kanallar içinden çıkma zorunluluğu vardır. Türbin çarkının dönmesi, suyun çark çıkışındaki ivmelenmesi sonucu oluşan tepki kuvvetiyle sağlanır [28].
- iii. **\*\*\*\*\* Burada yeni tip türbin tanımlanmadığı için sınıflandırma gerekirmiydi?\*\*\*\*\***
- iv. Bu tip türbinlerde, türbin rotoru kanatçıkları arasındaki suyun giriş basıncında bir düşüş meydana gelir. Su basıncında meydana gelen bu düşüş, suyun ivmelenmesine, yani hızlanmasına neden olur. Hidrolik düşünün ve türbinden geçecek su debisinin değerlerine göre, hidrolik türbinlerin kullanım alanları değişmektedir. Kaplan tipi hidrolik türbinler büyük su debilerinde ve küçük düşülerde kullanılırlar. Francis tipi hidrolik türbinler ise, genel olarak orta yükseklikteki su düşülerinde ve orta değerlerdeki su debilerinde kullanılırlar [28].
- v. Reaksiyon türbinleri, aynı düşü ve debi değerinde, aksiyon türbinlerine göre daha hızlı dönmektedir [22].

## 6.8 En Çok Bilinen Türbin Çeşitleri

En çok bilinen türbin çeşitleri aşağıdaki gibidir.

- i. **Francis Türbinler** : Reaksiyon türbinleri grubuna girmekte olup, orta düşülerdeki (25m - 300m) santraller için kullanılır. Türbin bıçakları spiral bir yapı ile çevrili ve giderek daralan bir yapıya sahip olduğundan, suyun hem kaldırma hem de itme kuvvetine maruz kalır. Francis türbinler her bir barak için özel olarak tasarlanıp, barajın tabanına yerleştirilir.
- ii. **Kaplan Türbinler:** Reaksiyon türbinle grubuna girmekte olup, düşük yüksekliklerde (2m – 40m), yüksek debiler için tasarlanmıştır. Bu türbinler kurulacak santrallerin yapısı ve ihtiyacına göre yatay veya düşey eksenli olarak üretilebilir. Kaplan türbinler, suyun terk ettiği kısmında ivmelenerek, suyun tepki kuvvetini ortaya çıkarır. Kaplan türbinlerin temel birleşenleri; kanatlar ve uskur mekanizması, salyangoz, kanat ayarlama düzenleri ve şafttır.
- iii. **Pelton Türbinler:** Aksiyon türbinler grubuna girmekte olup, 60m – 1000m gibi geniş bir aralıktaki yüksekliğe sahip debiler için tasarlanmıştır. Pelton türbinler, yatay ve düşey eksenli olmak üzere iki gruba ayrılır. Büyük elektrik santrallerinde düşey eksenli türbinler tercih edilmektedir

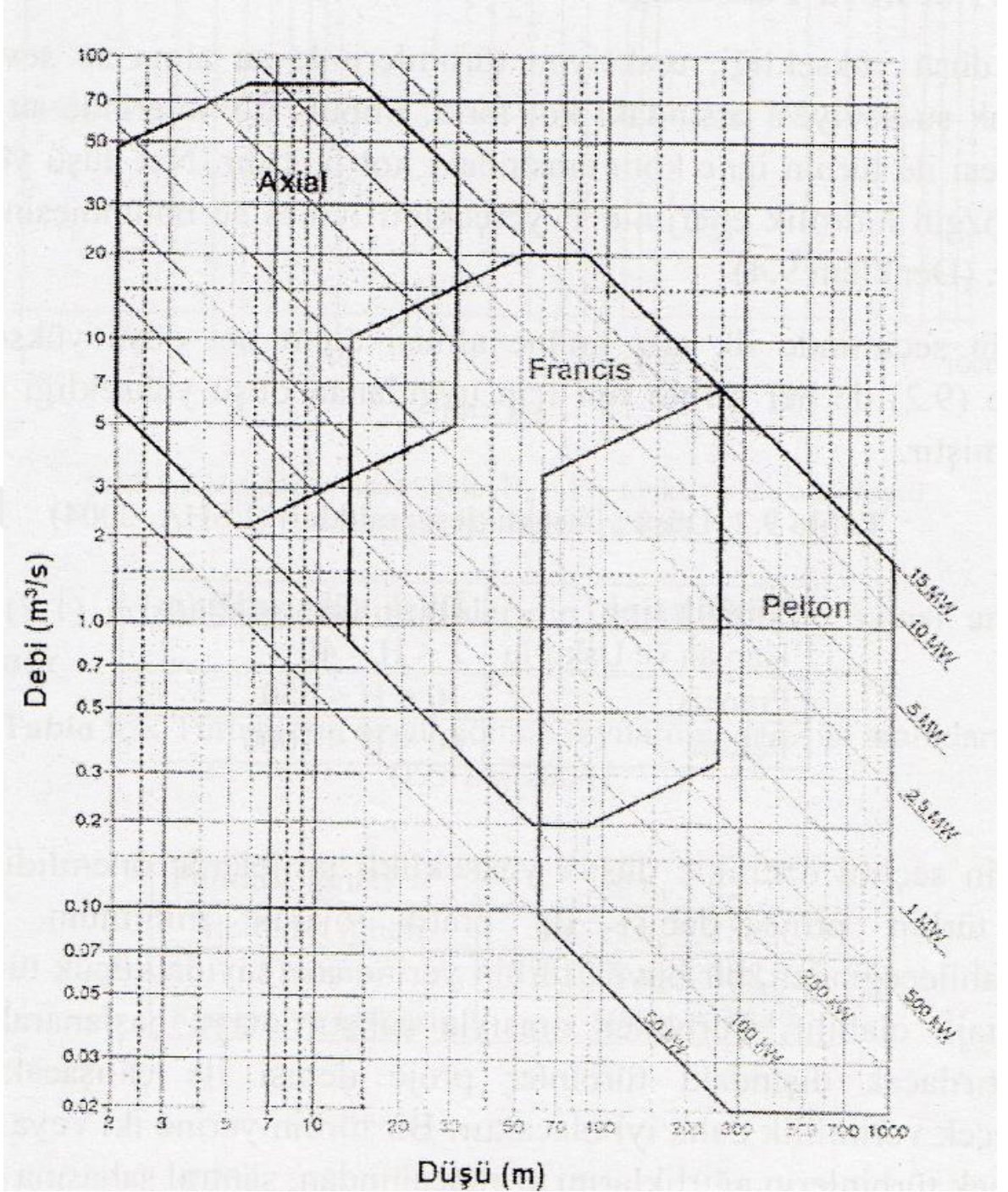


Şekil 22 Türbin Resimleri (A: Pelton, B: Francis, C : Kaplan)

## 6.9 Türbin Seçim Kriterleri

Yukarıdaki yazımda bahsettiğim üzere, santrallerde kullanılacak olan türbinlerin, türbin tipi, geometrisi ve boyutları değişkenlik göstermektedir. Bu değişkenlikler etkileyen unsurlar:

- i. **Net düşü yüksekliği:** Net düşü türbin tipi etkileyen en önemli unsurlardır. Kaplan türbin tipleri iki metre ile 40 metre arasındaki yüksekliklerde, Francis türbinler on metre ile üçüz eli metre arasında ki yüksekliklerde, Pelton türbinler ise altmış metre ile bin metre arasındaki yüksekliklerde tercih edilir.
- ii. **Debi:** Santrallin debisi, net düğü ile birlikte türbin tip seçiminde önemli rol oynamaktadır. Şekil 23'te santrallin çalışacağı düşü ve debi miktarına bakarak hangi türbinin daha verimli çalışacağı konusunda bilgi vermektedir.



Şekil 23 Debi ve düşüğe bağlı olarak seçilmesi gerek türbin çeşidi [21]

- iii. **Özgür dönme hızı:** Elektrik santrallerinde türbin seçimi en çok tercih edilen yöntem, türbinlerin özgül dönme hızının baz alınmasıdır.

$$n_q = n \cdot Q^{0.5} \cdot H^{-0.75}$$

$Q = m^3/s$  olarak debi.

$H = m$  olarak ne düşü

$N = dev/dk$  olarak türbin devir sayısı

Özgül hız değerine göre türbin tipi aralıkları aşağıdaki gibidir.

Pelton türbinleri :  $n_q = 0-13$  (tek püskürtücü değeri)

Francis türbinleri :  $n_q = 20-140$

Kaplan türbinleri :  $n_q = 100-300$

Bulp türbinleri :  $n_q = 140-400$

- iv. **Maliyet:** Türbin seçimini etkileyen diğer en önemli kısım ise türbinin maliyeti olmaktadır. Çünkü santral kurulum maliyetlerinde önemli role oynayan ve tüketiciye satılacak olan elektriğin fiyatını belirleyen etkidir. Türbin fiyatları, türbinin üretmiş olduğu enerji miktarı yani gücü ile doğru orantılı olup, düşünün karekökü ile ters orantılı olarak değişmektedir.



## 7. KAVİTASYON

Bir sıvı içinde hidrodinamik basınç, sıvının buharlaşma basıncının altına düşerse, sıvı buharlaşır. Düşük basınç bölgelerinde oluşan bu hava kabarcıkları taşınırken daha yüksek basınç bölgelerinde sıvıya dönüşür. Sanki boru içinden çakıl taşı taşıyormuş gibi büyük bir gürültü ile impuls kuvveti meydana getirir. Hava kabarcıkları mermi gibi çarptıkları metal yüzeylerinde aşınmalara neden olur. Türbin çarkları çok kısa zamanda aşınır ve tesis kapatılarak çark kanatlarının tamir edilmesi gerekir.

Gözlem yapılmadığı takdirde. Kavitasyon etkisinde çalıştırılan, türbinlerde yıpranmaya, bozulmaya sebep olmaktadır. Bu bozulma periyodik bakımları dışında türbinlerin durmasına sebep olmaktadır. Bu bozulmalar, türbin ömrünün erken doldurmasının yanında bakım için durması ayrıca işletme maliyetlerinde zarara yol açmaktadır. Bunun yanında ömrünün azalmasına sebep olacaktır [9].

Kavitasyonun gözlemlenen etkileri

- Basınç değişimi ile oluşan hava kabarcıkları, suyun olduğu sistemde sanki çakıl taşları hareket ediyormuş gibi bir gürültü oluşur.
- Hava kabarcıkları, kurşun etkisi ile metalin yüzeyine çaptıkları için, belirgin titreşimler meydana gelir.
- Türbinlerde veya pompalarda güç ve verim önemli ölçüde düşüklüğe sebep olmaktadır.
- Türbinlerde kavitasyon oluşumuna Erozyon (aşınmaya) sebep olur. [27]

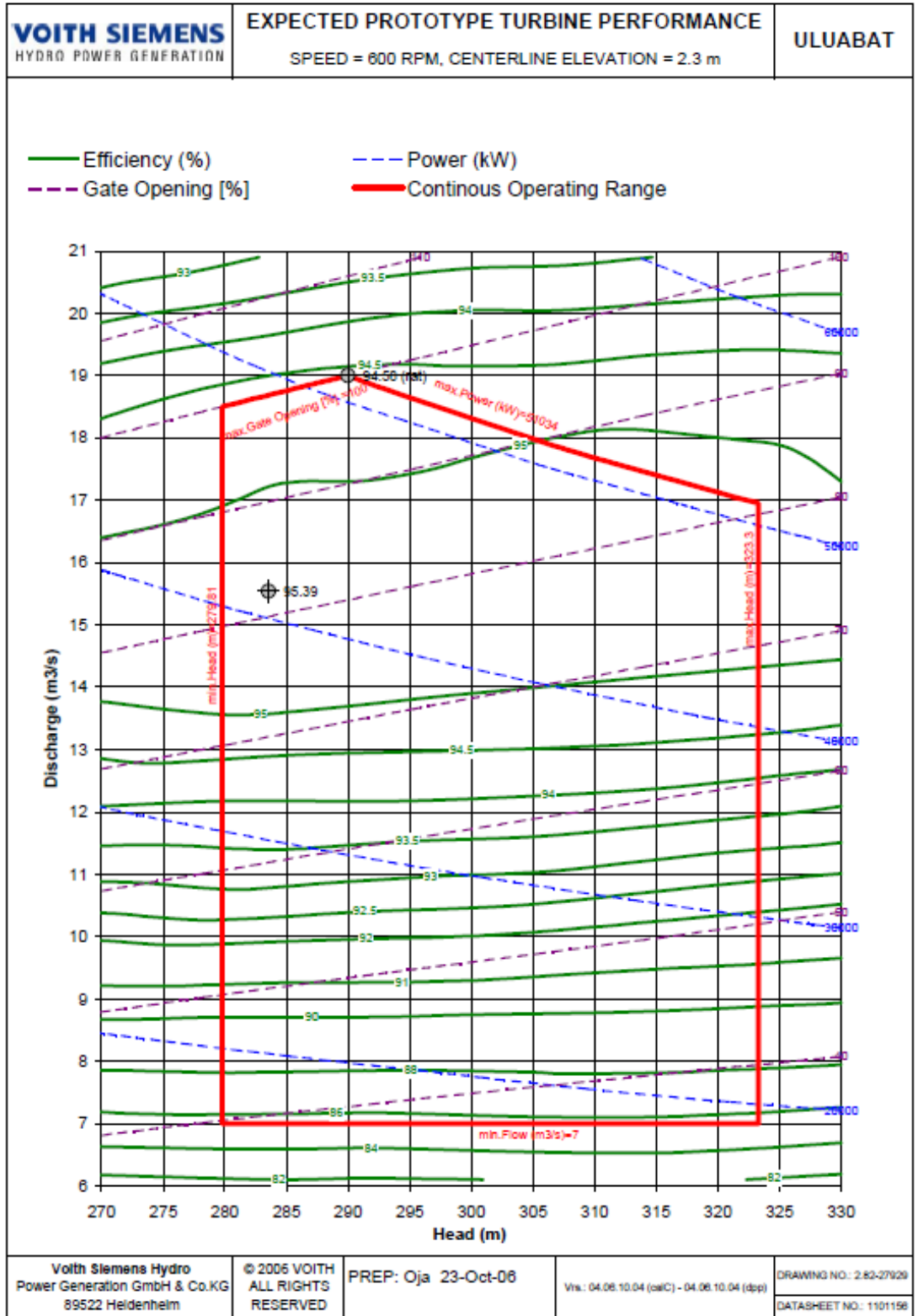


**Şekil 23** Kavitasyon etkisinde kalmış türbin [28]

## 7. UYGULAMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu proje, kavitasyon değerlerinin türbin tip ve markasından bağımsız olarak öngörülebileceği esasına dayandırılmıştır. Çalışmanın “Test” kısmında Şekil 24 ve Şekil 25’ de gösterildiği gibi iki farklı HES santralinde, iki ayrı marka türbine ait kavitasyon eğrileri sisteme yüklenmiş ve yazılım başarılı olarak uygulanmıştır (Eğrilerin sisteme nasıl yüklendiği tezin “Kullanıcı Kılavuzu” kısmında anlatılmaktadır.).

Projede farklı veri kaynaklarından veri okumanın mümkün olduğu gözlenmiş ve “test” kısmında anlatıldığı üzere bunun için Osisoft firmasına ait historian DB’ye bağlanacak ve Ek-4 teki kodu uygulayacak yazılım geliştirilerek ; “Kullanım Kılavuzu” bölümünde anlatıldığı gibi sisteme yüklenmiştir.



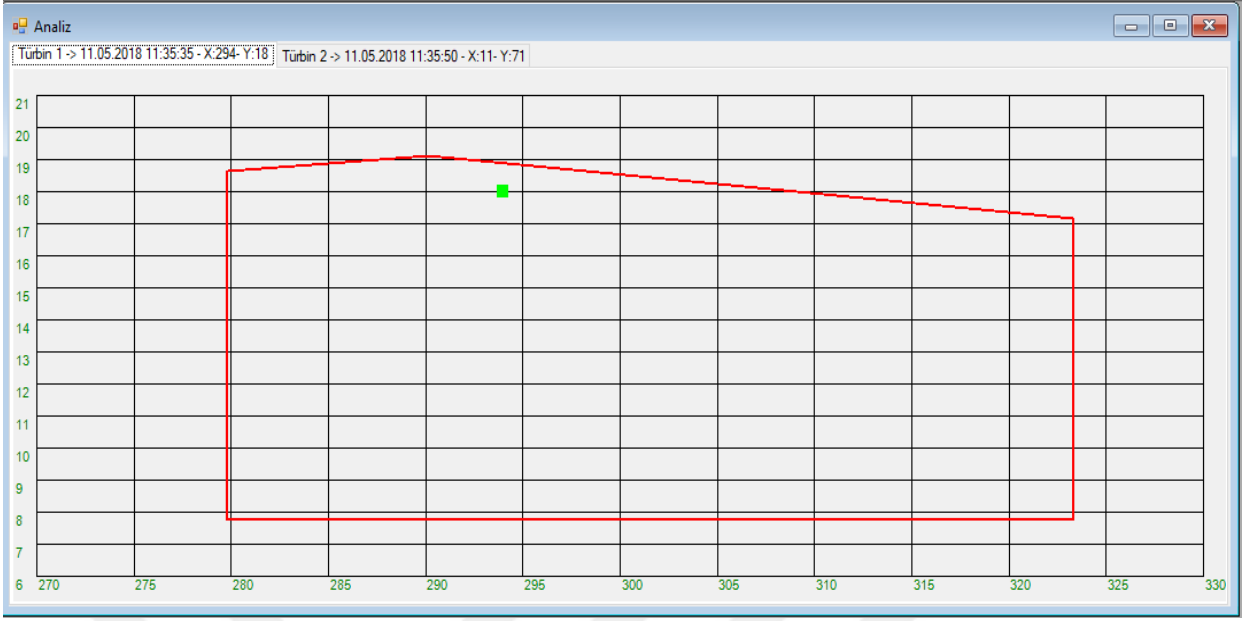
Şekil 24 Ulubat HES Hidro türbinlerin performans grafiği



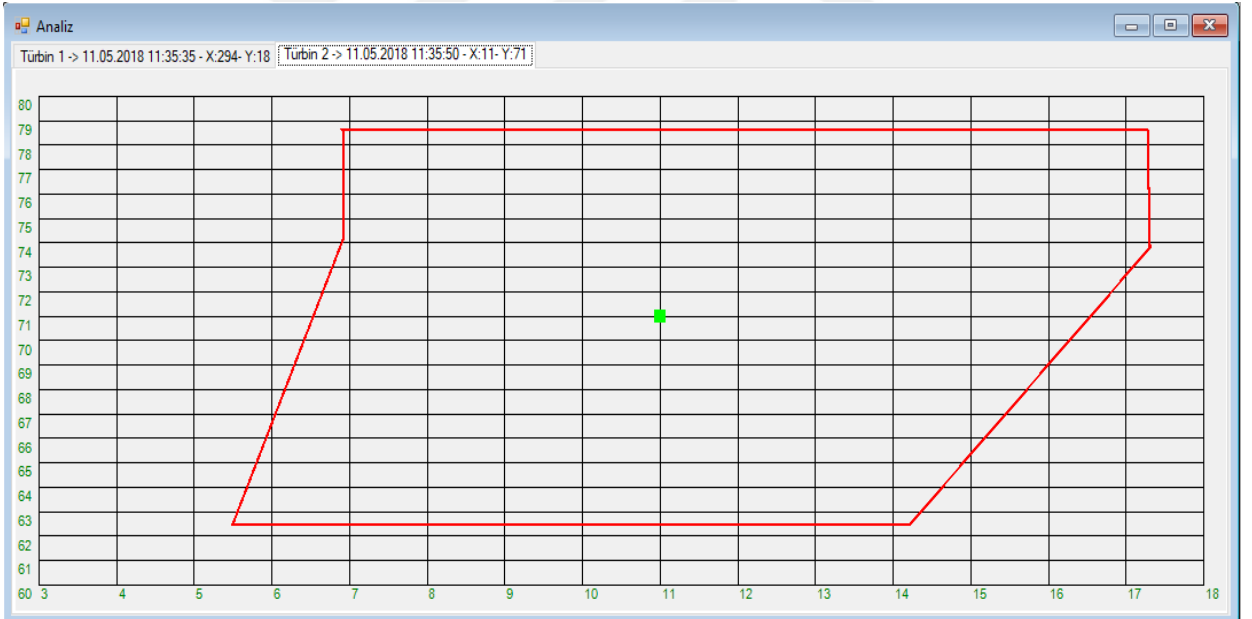
Bu girdiler çerçevesinde geliştirilen yazılımla alınan sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Birinci test sonunda, Ulubat santralindeki türbin için Şekil 26' da görüldüğü üzere Head sinyalinde üretilen değer 294m; Discharge sinyalinde okunan değer ise 18 m<sup>3</sup>/s dir. Bu değerler grafikte nokta şeklinde belirtilmekte ve stabil noktada bulunduğu için yeşil renkte gösterilmektedir.
- Birinci test sonunda Himmetli santralinde bulunan türbin için Şekil 27' de gözükten değerler elde edilmiştir. Head sinyalinde üretilen değer 71m; Output sinyalinde okunan değer ise 11 MW dir. Bu değer grafikte nokta şeklinde belirtmekte ve stabil noktada bulunduğu için yeşil renkte gösterilmektedir.
- İkinci test sonunda Ulubat santrallerinde bulunan türbin için Şekil 28' de Head sinyalinde üretilen değer 391m; Discharge sinyalinde okunan değer ise 9 m<sup>3</sup>/s olmaktadır. Bu değer grafikte nokta şeklinde belirtmekte ve stabil noktada bulunduğu için yeşil renkte gösterilmektedir.
- İkinci test sonunda Himmetli santralinde bulunan türbin için Şekil 29' da gözükten değerler elde edilmiştir. Head sinyalinde üretilen değer 67m; Output sinyalinde okunan değer ise 4 MW dir. Bu değer grafikte nokta şeklinde belirtmektedir. Stabil noktada bulunmadığı için grafikte kırmızı renkte vurgulanarak kullanıcının dikkatini çekmesi amaçlanmaktadır.

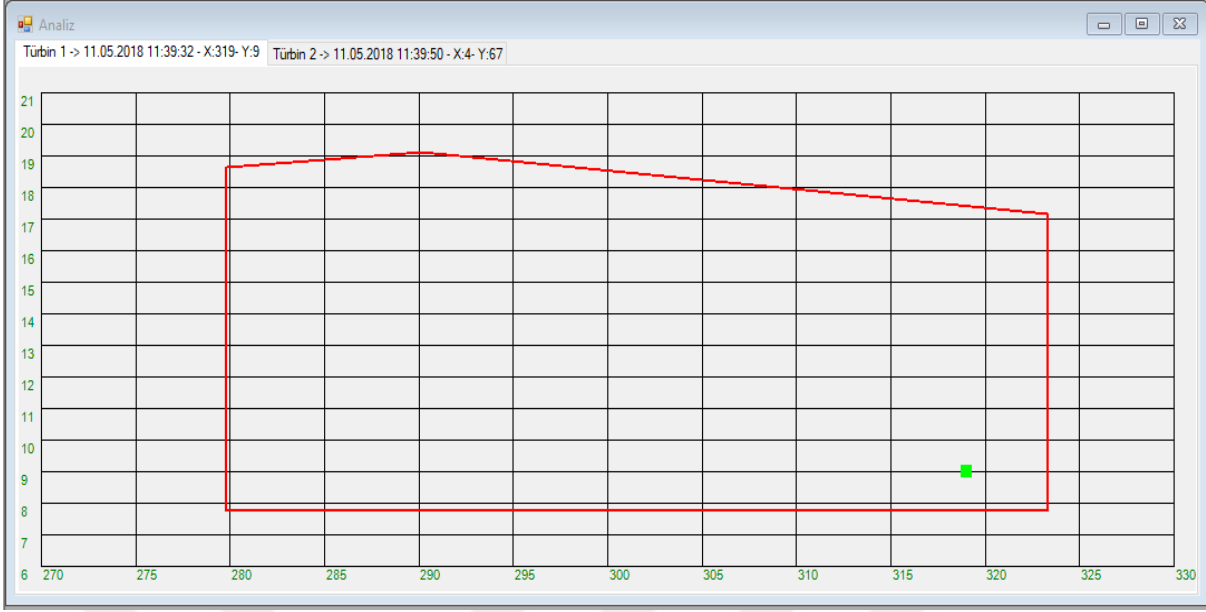
Bu uygulamalar sonucu ,projede geliştirilen yazılımın türbinlerin kaviteasyona yakınlık derecesini; türbin tip ve markasından bağımsız olarak başarılı bir şekilde okuduğu ve santralin stabil durumda çalışıp çalışmadığını yetkililere sağlıklı olarak yansıttığı ortaya çıkmıştır.



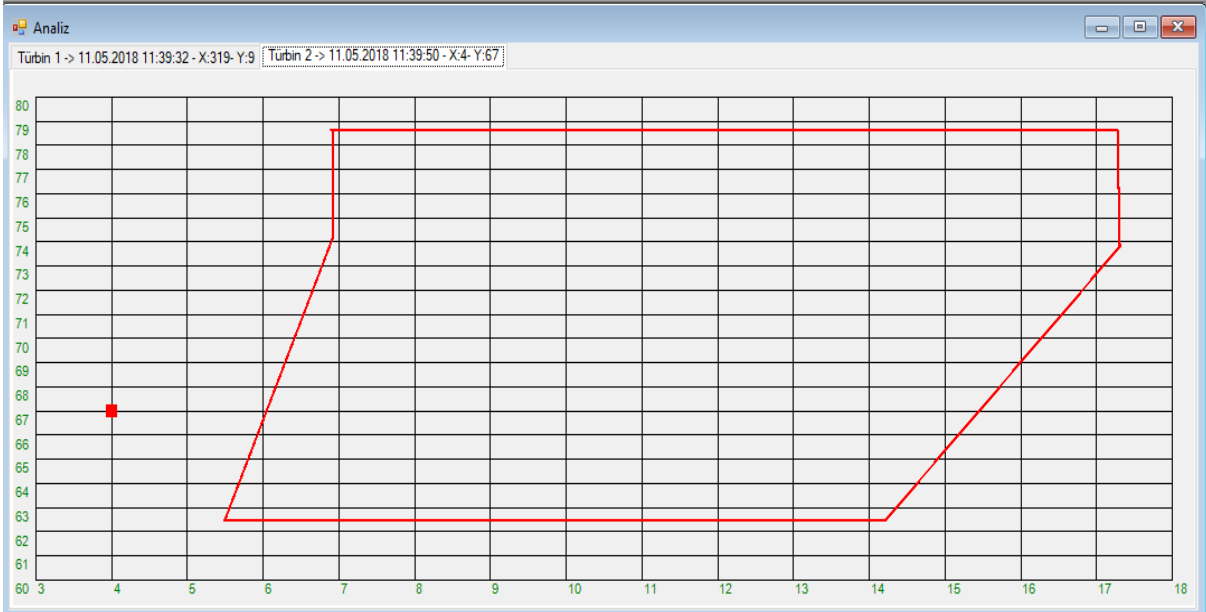
Şekil 26 Ulubat' a bulun türbinin test sonucu 1



Şekil 27 Himmetli' de bulun türbinin test sonucu 1



Şekil 28 Ulubat' a bulun türbinin test sonucu 2



Şekil 29 Himmetli' de bulun türbinin test sonucu 2



## 8. SONUÇ

Bu projeyi geliştirmekteki amaç, veri kaynağından bağımsız, türbin tipine/üreticisine bakılmaksızın temin edilen kavitasyon eğri değerlerinin sisteme girilip; kavitasyon durumunun gözlenmesi yani türbinden bağımsız değerlendirme yapılabilmesinin sağlanmasıdır.

Projenin geliştirilmesi ve test edilmesi sürecinde karşılaşılan zorluk; şirket içi bilgi gizliliği ve güvenlik problemlerinden dolayı, projenin gerçek ortamda test edilme imkânı bulunamamasıdır. Bu nedenle yazılım, gerçek ortamın simülasyonunun yaratıldığı bir ana sanal makine üzerinde, sanal ortamda test edilmiştir.

Yazılım, sanal makine aracılığıyla gerçek zamanlı ve üretim ortamına yakın koşullarda test edilirken, Ak Enerji firmasına ait Ulubatlı ve Himmetli santrallerinde bulunan türbine ait değerler ve PI sisteme ait historian DB bağlantı kodları uyarlanıp sisteme yüklenmiştir. Gerçek ortama benzer ortamda gerçekteştirilen bu test ile projede geliştirilen yazılımın, türbine kavitasyona yakınlık derecesini türbin tip ve markasından bağımsız olarak başarılı bir şekilde okuduğu ve santralin stabil durumda çalışıp çalışmadığını yetkililere sağlıklı olarak yansıttığı ortaya çıkmıştır.

Üreticiler tarafından verilecek performans, üretim eğrileri sisteme adapte edilip yazılım geliştirilebilecek ve projenin kavitasyon dışında da faaliyet alanı bulması mümkün olacaktır.

## Kaynakça

- [1] **Ö. Dalkır ve E. Şeşen**, *Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik*, Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2011.
- [2] **H. H. Öztürk**, *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*,15, İstanbul: Birsen Yayınevi, 2013.
- [3] **X. Escaler, E. Egusquiza, M. Farhat, F. Avellan ve M. Coussirat**, *Detection of cavitation in hydraulic turbines*, no. 20 (2006) 983–1007, 2006.
- [4] **I.Ahmad ve A. Rashid**, *On-Line Monitoring of Hydropower Plants in Pakistan*, %1 içinde *Asian Network for Scientific Information*, Abbottabad, 2007
- [5] **E. Orhan**, *Hidroelektrik Santrallerde Erken Uyarıcı Bakıma Yönelik Türbin Denetleme ve Gözetleme Sistemi*,Mühendis ve Makine, cilt 50.
- [6] **R. A. Granger**, *Fluid Mechanics*, Dover Publications,Inc., Newyork, 1995.
- [7] **Ş. Erdem**, *Building A Measurement Setup For The Investigation Of Acoustic Cavitations For Medical Applications*, 2005.
- [8] **H. Shi, Z. Li ve Y. Bi**, *An On-Line Cavitation Monitoring Ssystem for Large Kaplan Turbines*, IEEE, 2007.
- [9] **L. Zhan, Y. Peng ve X. Chen**, *Cavitation vibration Monitoring in the Kaplan Turbine*, Power and Energy Engineering Conference, 2009
- [10] **F. Çeliker**, *Kavitasyonun Başlangıcı, Kavitasyon Kontrolü*, <http://www.yildiz.edu.tr/~fcelik/dersler/gemidirenci/PDF/9.%20Kavitasyon.pdf,02/02/2018>
- [11] *Causes and Effects of cavitation In Hydraulic power plants*, <https://www.slideshare.net/HosamArrayes/causes-and-effects-of-cavitation-in-hydraulic-power-plants,02/02/2018>.
- [12] **L. Zhang ve X. Song**, *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems*,16th Asia simulation Conference, Beijing, 2016.
- [13] **B. H. Hjertager**, *Engineering Fluid dynamics*, MDPI, Basel, 2008, p. 38.
- [14] **K. Subramanya**, *Engineering Hydrology*, Yeni Delhi: Tata-McGraw Hill, 1994.

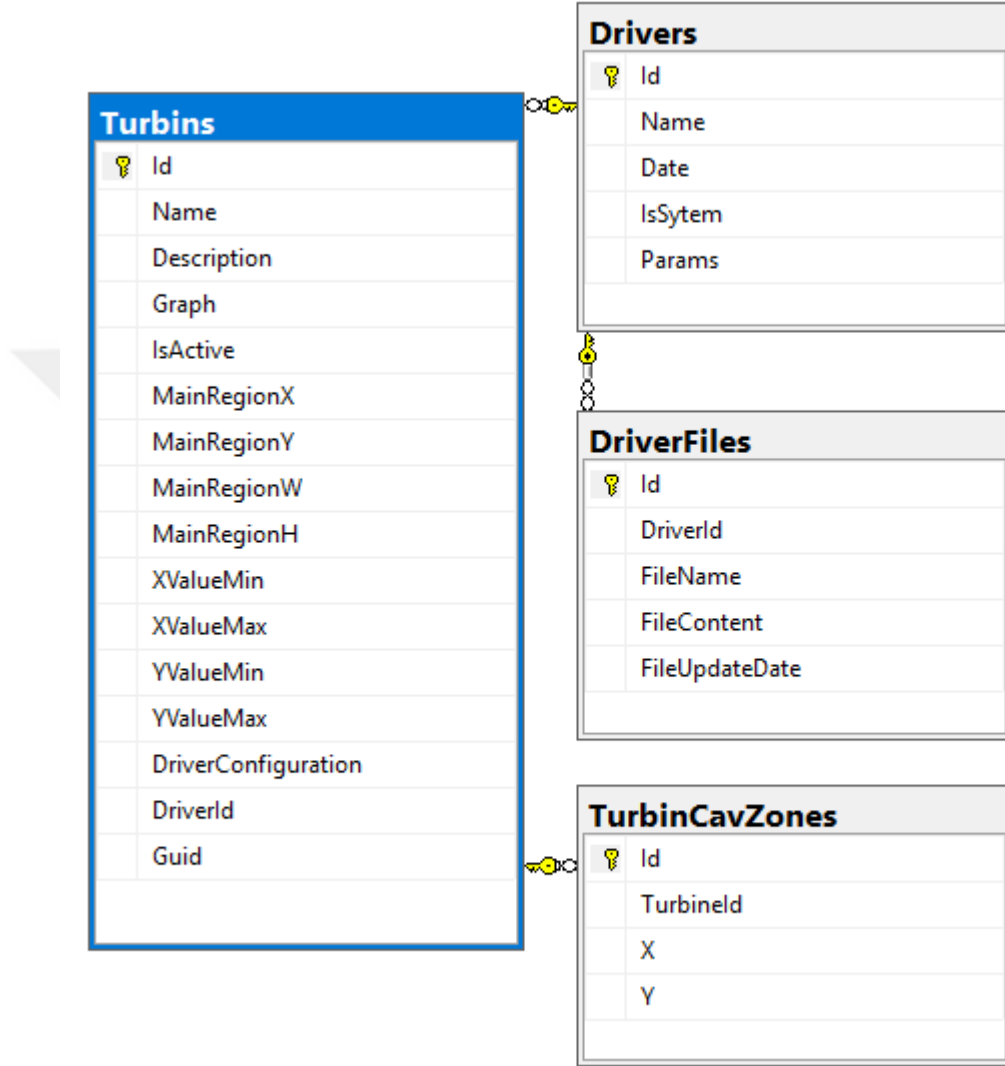
- [15] **E. Yiğit**, *Gps Teknolojisi İle Konum Tespit Sistemi*, T.C. Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Bilim Dalı, İstanbul, 2009.
- [16] **H. Yalçın**, *İşletmeler İçin Microsoft .NET Server Çözümleri*, İstanbul: Arkadaş Yayınları, 2003.
- [17] **TheOPCFoundation**, *What is OPC? UA in a Minute*, <https://www.youtube.com/watch?v=-tDGzwsBokY>, 23/04/2018
- [18] **OPCTİ**, *What is OPC? Part 1: OPC Overview*, <https://www.youtube.com/watch?v=mK-OL03LaGg>, 23/04/2018
- [19] **OSIsoftLearning**, *OSIsoft: What is the PI Interface for OPC DA? (How It Works, Architecture, & Setup Steps)*, <https://www.youtube.com/watch?v=1FbyiRs6iVo>, 23/04/2018
- [20] **OSIsoftLearning**, *OSIsoft: PI Basics- Map of the PI System*, <https://www.youtube.com/watch?v=zj2EoTkpz1k>, 23/04/2018
- [21] **A. Bulu**, *Hidroelektrik Santrallerin Tasarım ve Hesap Esasları*, İSTANBUL: Okan Üniversitesi Yayınları, 2011, pp. 9,12,182.
- [22] **M. Yerebakan**, *Mikro Enerji Santralleri*, İSTANBUL: İstanbul Ticaret Odası Yayınları, 2008, pp. 10,43.
- [23] **M. Yavuzdemir**, *Hidroelektrik Santrallerin Sınıflandırılması Ve Hidrolik*, Enerji Piyasası Bülteni, 2012
- [24] **V. Özkök**, *Hirdoeletrik Potansiyel Belirleme Metodları ve Uygulamaları*, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstütüsü, 2006.
- [25] *Reclamation Managing Water in the West Hydroelektrik Power*, U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation Power Resources Office, 2005.
- [26] **V. Karadeniz, E. Akpınar ve A. Başbüyük**, *Nehir Tipi Hidroelektrik Santraller ve Çevresel Etkileri*, Doğa Coğrafya Dergisi-26, p. 100, 2011.
- [27] *HİDROELEKTRİK ENERJİ VE TÜRBİNLER*, <http://docplayer.biz.tr/5870129-Hidroelektrik-enerji-ve-turbinler.html>, 05 01 2017.

- [28] **Özby, Ebru; Gençoğlu, Muhsin Tunay**, *Hidorelektrik Santrallerin Modellenmesi» Yenilebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, Diyarbakır, 2009.



## EKLER

### Ek-1 Uygulamanın kullandığı veri kaynağını şeması



## Ek-2 DataInfo class' in yapısı

```
namespace DriverBase
{
    public class DataInfo
    {
        private double _x;
        private double _y;
        private bool _inSafeArea;
        public bool InSafeArea
        {
            get { return _inSafeArea; }
            set { _inSafeArea = value; }
        }
        public double X
        {
            get { return _x; }
            set { _x = value; }
        }
        public double Y
        {
            get { return _y; }
            set { _y = value; }
        }
        public DataInfo(double x, double y, bool inSafeArea)
        {
            _inSafeArea = inSafeArea;
            _x = x;
            _y = y;
        }
        public DataInfo(double x, double y)
        {
            _x = x;
            _y = y;
        }
    }
}
```

### Ek-3 BaseConnection dosyasındaki kod örneği

```
using System.Collections.Generic;
namespace DriverBase
{
    public abstract class BaseConnection
    {
        protected Dictionary<string, string> _paramter;
        public virtual void SetParameter(Dictionary<string, string> parameter)
        {
            _paramter = parameter;
        }
        public abstract void Open();
        public abstract void Close();
        public abstract void Write(DataInfo data);
        public abstract DataInfo Read();
    }
}
```

### Ek-4 Historian DB Veri kaynağı bağlanmak için geliştirilen kod

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using DriverBase;
using OSIssoft.AF;
using OSIssoft.AF.Asset;
using OSIssoft.AF.Data;
using OSIssoft.AF.PI;
namespace Data
{
    public class Historian : BaseConnection
    {
        private PIServers _piServers;
        private PIServer _piServer;
        private IList<PIPoint> _points;
        private PIPointList _pointList;
        private Dictionary<string, string> _paramter;
        private string x;
        private string y;
        public Historian()
        {
        }
    }
    public override void Open()
    {
        var srv = _paramter["ServerIp"];
    }
}
```

```

        y = _paramter["HeadTagName"];
        x = _paramter["DischargeTagName"];
        _piServers = new PIServers();
        _piServer = _piServers[srv];
        _piServer.Connect();
        _points = PIPoint.FindPIPoints(_piServer, new[] { x,y });
        _pointList = new PIPointList(_points);
        if (_pointList == null)
        {
            throw new Exception(" there is problem with pi system");
        }
    }
    public override void Close()
    {
        _piServer.Disconnect();
    }
    public override void Write(DataInfo data)
    {
        var wrTag = _paramter["SafeTagName"];
        var wrpoints = PIPoint.FindPIPoints(_piServer, new[] { wrTag});
        AFValue afValueDigital = new AFValue(data.InSafeArea,
DateTime.Now);
        afValueDigital.PIPoint = wrpoints[0];
        IList<AFValue> values = new List<AFValue>();
        values.Add(afValueDigital);
        _piServer.UpdateValues(values, AFUpdateOption.Insert);
    }

    public override DataInfo Read()
    {
        var dataInfo = new DataInfo(0, 0);
        AFListResults<PIPoint, AFValue> values = _pointList.CurrentValue(); //
Requires AF SDK 2.7+
        foreach (AFValue val in values)
        {
            if (val.PIPoint.Name == x)
                dataInfo.X = val.ValueAsDouble();
            else
                dataInfo.Y = val.ValueAsDouble();
        }
        return dataInfo;
    }
    public override void SetParameter(Dictionary<string, string> parameter)
    {
        _paramter = parameter;
    }
}
}

```



## ÖZGEÇMİŞ

26/06/1979 tarihinde Bulgaristan' da doğdum. Burada başladığım öğrenim hayatıma Türkiye' de devam ettim. 1996 yılında girdiğim ve bilgisayarla tanışmama aracı olan Avcılar Teknik Lise,si Yazılım bölümünü 2000 yılında bitirdikten sonra Yıldız teknik Üniversitesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü ile eğitim hayatıma devam ettim. Şu an Beykent Üniversitesinde Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisansı yapmaktayım. Eğitimi sürdürürken yarı zamanlı olarak bir firmanın yazılım bölümünde başlayan ve şu an tam zamanlı olarak 15 senelik bir geçmişe sahip olan iş yaşantımda, turizmden enerjiye kadar bir çok farklı sektörde B2C, B2B uygulamalarının farklı sistemlere entegrasyon süreçleri üzerinde çözümler üretip çalışmalar yaptım.

**Kamuran SEÇKİN**