

SCADA Sistemlerinde Dijital Dönüşüm: Endüstri 4.0 Çağında WinCC Unified

Digital Transformation In SCADA Systems: WinCC Unified In The Era of Industry 4.0

Ömer ÖNÜMLÜ¹, Birol ARIFOĞLU²
0009-0009-7128-8316 0000-0003-0323-5860

¹ Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
215102024@kocaeli.edu.tr

² Elektrik Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye
barif@kocaeli.edu.tr

Özet

Bu çalışma, Siemens firmasına ait WinCC Unified sisteminin modern SCADA çözümleri arasındaki konumunu ve sunduğu avantajları incelemektedir. Geleneksel SCADA sistemlerinin endüstrideki rolü tartışılarak, WinCC Unified'in yenilikleri web tabanlı mimari, entegrasyon kolaylığı ve güvenlik açısından değerlendirilmiştir.

Çalışmada karşılaştırmalı analiz yöntemi kullanılmış; WinCC Unified, Ignition, AVEVA System Platform, GE Digital iFIX, Rockwell FactoryTalk View ve Schneider EcoStruxure gibi SCADA sistemleriyle entegrasyon, güvenlik ve ölçeklenebilirlik kriterleri açısından karşılaştırılmıştır.

Bulgular, WinCC Unified'in IT/OT entegrasyonu, IEC 62443 uyumlu güvenlik özellikleri ve esnek yapısıyla rakiplerine kıyasla üstünlük sağladığını göstermektedir. Bununla birlikte, sistemin bazı endüstrilerdeki uygulama maliyetleri ve mevcut SCADA altyapılarıyla entegrasyonu gibi sınırlamaları da tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: SCADA, WinCC Unified, Endüstriyel Otomasyon, HMI, Web Tabanlı SCADA

Abstract

This study examines the position and advantages of WinCC Unified system from Siemens among modern SCADA solutions. The role of traditional SCADA systems in the industry is discussed, and WinCC Unified's innovations are evaluated in terms of web-based architecture, ease of integration and security.

A comparative analysis method was used in the study; WinCC Unified was compared with SCADA systems such as Ignition, AVEVA System Platform, GE Digital iFIX, Rockwell FactoryTalk View and Schneider EcoStruxure in terms of integration, security and scalability criteria.

The findings show that WinCC Unified provides superiority over its competitors with its IT/OT integration, IEC 62443 compatible security features and flexible structure. However, the limitations of the system such as implementation costs in

some industries and integration with existing SCADA infrastructures are also discussed.

Keywords: SCADA, WinCC Unified, Industrial Automation, HMI, Web-Based SCADA

1. Giriş

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistemleri, endüstriyel süreçlerin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlayan kritik yazılım ve donanım bütünüdür. SCADA sistemleri, analiz ve kontrol için gerekli bilgileri sahadaki ekipmanlarla doğrudan iletişim kurarak büyük ölçekli üretim tesislerden enerji yönetimine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır [1]. Ancak son yıllarda, bulut bilişim [2] ve web tabanlı arayüzlerin gelişimi [3], SCADA sistemlerinin dönüşümüne ivme kazandırmıştır. Bu bağlamda, WinCC Unified platformu, modern SCADA çözümlerine yönelik yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışma, WinCC Unified'in teknik altyapısını, mevcut SCADA sistemleri ile karşılaştırmasını ve sunduğu avantajları ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır. Ayrıca, sistemin potansiyel eksiklikleri ve gelecekteki endüstriyel uygulamalardaki rolü üzerine bir tartışma sunmaktadır.

2. Literatür Taraması

SCADA sistemleri üzerine yapılan akademik çalışmalar, bu sistemlerin güvenlik, entegrasyon, maliyet ve performans boyutlarını ele almaktadır [4]. Yapılan araştırmalara göre, geleneksel SCADA sistemlerinin en büyük eksikliklerinden biri, merkezi olmayan yapılarının güvenlik açıklarına neden olmasıdır [5]. Aynı zamanda, modern SCADA sistemleri, IT/OT entegrasyonu sayesinde daha ölçeklenebilir ve güvenli hale gelmektedir [6].

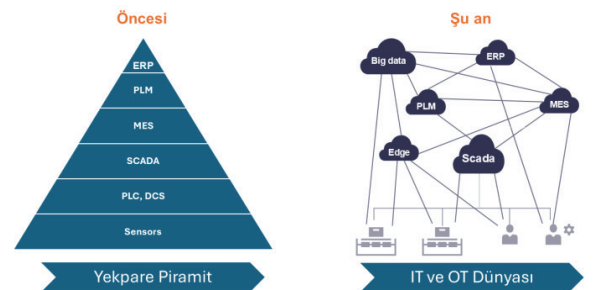
WinCC Unified özelinde yapılan çalışmalar, sistemin HTML5 tabanlı web erişimi sağlamanın, platform bağımsız çalışmasını kolaylaştırdığını göstermektedir. Ayrıca, kullanıcı

desti arayüzü ve düşük konfigürasyon süresi sayesinde işletmelerin daha hızlı bir geçiş süreci yaşadığı belirtilmektedir. Ek olarak, WinCC Unified'in siber güvenlik avantajları, IEC 62443 uyumluluğu ve bulut tabanlı SCADA çözümlerine entegrasyonu ile öne çıktığı görülmektedir [7].

3. WinCC Unified'in Teknik Özellikleri Ve Avantajları

WinCC Unified, modern üretim tesislerinin tüm ihtiyaçlarına cevap verebilecek şekilde tasarlanmış, web tabanlı yapısı sayesinde cihazdan bağımsız kullanım, ölçeklenebilirlik, entegrasyon kolaylığı ve modülerlik gibi esneklik ve çok yönlülük sunan bir SCADA platformudur [7]. HTML5 tabanlı teknolojisi sayesinde herhangi bir cihazdan erişim sağlanırken, SVG (Scalable Vector Graphics) desteği ile ölçeklenebilir grafikler ve dinamik arayüzler oluşturulmasına da olanak tanır [7]. Bu özellik, operatörlerin tüm görüntüleme cihazlarında kalite kaybı olmadan çalışabilmesini sağlar.

WinCC Unified, IT (Bilgi Teknolojileri) ve OT (Operasyonel Teknolojiler) arasındaki entegrasyonu güçlendiren modern bir SCADA çözümü sunmaktadır. Geleneksel otomasyon yapıları, "Yekpare Piramit" modeliyle yukarıdan aşağıya doğru yapılandırılmış, birbirinden bağımsız ve katı sistemlerden oluşmaktaydı. ERP, MES, SCADA ve PLC gibi sistemler arasında net bir hiyerarşi bulunurken, günümüz endüstriyel ortamında bu katmanlı yapı yerini IT ve OT arasında güçlü bir entegrasyona bırakmıştır. WinCC Unified, yatay ve dikey veri akışı sağlayarak sistemlerin eş zamanlı ve senkronize çalışmasına imkan tanımaktadır. Büyük veri (Big Data), Edge Computing ve bulut tabanlı çözümler ile ERP, SCADA ve MES gibi sistemlerin entegre çalışmasını sağlayarak, üretim süreçlerinin daha esnek, dinamik ve verimli hale gelmesini desteklemektedir. Bu dönüşüm, işletmelerin üretim süreçlerini optimize etmelerine ve rekabet avantajı kazanmalarına önemli katkılar sunmaktadır. Otomotiv endüstrisinde, ERP ve SCADA sistemleri arasında gerçek zamanlı veri paylaşımı ve izlenebilirlik, WinCC Unified'in IT/OT entegrasyon avantajlarını somutlaştırmaktadır.



Şekil 1: Geleneksel Yekpare Piramit Modeli ve Modern IT/OT Entegrasyonu (Traditional Monolithic Pyramid Model and Modern IT/OT Integration)

Ayrıca, WinCC Unified'in siber güvenlik konusunda sunduğu gelişmiş özellikler, sistemin rakiplerine kıyasla önemli bir avantaj sağlamasına neden olmaktadır. Geleneksel SCADA sistemlerinde Windows güvenlik duvarlarına bağımlılık büyük bir risk teşkil etmekte ve siber saldırılara açık hale getirmektedir [4]. WinCC Unified, IEC 62443 standardına tam

uyumlu olması sayesinde endüstriyel otomasyon ortamlarında yüksek güvenlik sunmaktadır. Özellikle yetkisiz erişimi önleme, gelişmiş şifreleme protokolleri ve düzenli güncelleme mekanizmaları ile güvenlik açıklarını en aza indirmektedir [6]. Örneğin kimya sektöründe, yüksek hassasiyetli üretim süreçlerinin korunması açısından güvenlik kritik bir rol oynamaktadır

WinCC Unified, web tabanlı mimarisi sayesinde masafüstü bilgisayarlardan, tabletlerden ve akıllı telefonlardan erişim imkanı sunarak sahada veya uzaktan çalışma durumlarında üretim süreçlerinin kesintisiz ve etkin bir şekilde yönetilmesini mümkün kılar. Örneğin enerji üretim tesislerinde, sahada çalışan operatörlerin sistemlere uzaktan erişimi büyük önem taşır. Farklı üretim süreçlerine kolayca entegre olabilmesiyle de dikkat çeken bu platform, mevcut otomasyon altyapısıyla uyumlu çalışabilir ve yeni teknolojilerin entegrasyonuna açık bir yapı sunar. Bu sayede işletmeler, mevcut sistemlerini koruyarak yenilikçi çözümleri hızlı bir şekilde uygulayabilirler.

WinCC Unified, Custom Web Control özelliği ile HTML5 ve JavaScript gibi modern web teknolojilerini kullanarak özel kontrol panelleri oluşturma olanağı sunar. Bu sayede işletmeler, üretim ve kontrol süreçlerine tam uyum sağlayan çözümler geliştirebilir. GraphQL desteği sayesinde hızlı ve dinamik veri sorgulamaları yapılabilirken, OpenPipe entegrasyonu ile ERP sistemleri arasında veri paylaşımı gerçekleştirilebilir [7]. Böylece işletmelerin operasyonel verimliliği artırılmış olur.

Open Development Kit (ODK) özelliği sayesinde, SCADA programlayıcıları projelerine özel işlevler ve uygulamalar ekleyebilir [7]. Bu, işletmelerin ihtiyaç duyduğu özelleştirilmiş çözümleri hayata geçirmelerine olanak tanır. Ayrıca, sistemin merkezi mimarisi tüm üretim sahası verilerini tek bir platformda toplayarak analiz edilmesini kolaylaştırır. Bulut entegrasyonu sayesinde, üretim verileri uzaktan erişilebilir hale gelir ve coğrafi olarak dağıtık tesislere sahip işletmeler için büyük avantajlar sağlar.

Sonuç olarak, WinCC Unified yalnızca bir SCADA platformu değil, aynı zamanda modern dijital dönüşümü destekleyen güçlü bir altyapı sunmaktadır. Endüstri 4.0 dönüşümüne uyum sağlayan bu sistem, işletmelere uzun vadeli rekabet avantajı kazandırırken, yapay zeka, makine öğrenimi ve dijital ikiz teknolojileri ile daha da entegre hale gelerek gelecekteki endüstriyel ihtiyaçlara yanıt verebilecek şekilde gelişmeye devam etmektedir.

4. Geleneksel Scada Sistemleri Ile Karşılaştırmalı Analiz

SCADA sistemleri, endüstriyel süreçlerin uzaktan izlenmesi ve kontrol edilmesini sağlayan merkezi bir yönetim altyapısıdır. İlk nesil SCADA sistemleri, lokal sunuculara bağımlı, sınırlı entegrasyon yeteneklerine sahip ve siber güvenlik açısından riskli çözümler olarak geliştirilmiştir. 2000'li yıllara kadar kullanılan geleneksel SCADA sistemleri, Windows tabanlı istemcilerle çalışan, genellikle Java veya Flash tabanlı grafik arayüzleri içeren ve erişim için VPN gerektiren kapalı sistemlerdir. Ancak, Endüstri 4.0 dönüşümüyle birlikte, sistemlerin daha esnek, bulut tabanlı ve siber güvenli hale gelmesi gerekliliği doğmuştur.

WinCC Unified platformu, geleneksel SCADA sistemlerinin kısıtlarını ortadan kaldıran modern bir SCADA çözümü olarak öne çıkmaktadır. Web tabanlı HTML5 arayüzü, güçlü IT/OT entegrasyonu ve siber güvenlik özellikleri sayesinde geleneksel SCADA mimarilerine kıyasla daha esnek ve ölçeklenebilir bir yapı sunmaktadır.

4.1. Geleneksel SCADA İle WinCC Unified Karşılaştırması

Yapılan karşılaştırmalarda kullanılan kriterler, endüstriyel SCADA çözümlerinin teknik ve operasyonel değerlendirme ölçütlerine dayanmaktadır. Modern SCADA sistemlerinin sadece veri toplama ve görselleştirme değil, aynı zamanda erişilebilirlik, siber güvenlik, entegrasyon, bakım kolaylığı ve ölçeklenebilirlik gibi alanlarda da yüksek performans göstermesi beklenmektedir. Bu bağlamda, karşılaştırma için seçilen kriterler hem akademik literatürde hem de uygulamalı mühendislik sahasında yaygın olarak benimsenen değerlendirme boyutlarına dayandırılmıştır [6], [7].

Arayüz ve erişim özellikleri, kullanıcı deneyimi ve sistemin farklı cihazlarla uyumu açısından belirleyici unsurlardır. Özellikle HTML5 gibi platform bağımsız teknolojilerin kullanımı, mobil ve uzaktan erişim imkanları açısından fark yaratmaktadır. Entegrasyon kabiliyeti, sistemin IT/OT ortamlarında diğer yazılım ve donanım çözümleriyle birlikte çalışma yeteneğini belirlerken, bu durum özellikle ERP, MES ve IoT altyapıları ile bütünlükli üretim tesisleri için kritik hale gelmektedir.

Siber güvenlik, SCADA sistemlerinin Endüstri 4.0 ortamındaki artan tehditlere karşı dayanıklılığını temsil eder. IEC 62443 gibi uluslararası standartlarla uyumluluk, gelişmiş şifreleme algoritmaları ve rol tabanlı erişim kontrolü gibi kriterler bu bağlamda önem kazanmaktadır. Bakım kolaylığı ise sistemin güncellenebilirliği, yedeklenebilirliği ve teknik servis ihtiyacının minimize edilmesi gibi yönlerden değerlendirilmiştir. Son olarak, ölçeklenebilirlik; sistemin küçük, orta ve büyük ölçekli işletmelerde uygulanabilirliğini ve genişlemeye açık yapısını temsil etmektedir.

Bu kriterler, hem Tablo 1'deki geleneksel SCADA sistemleri ile WinCC Unified arasındaki farkları, hem de Tablo 2'deki WinCC Unified ile diğer modern SCADA çözümleri arasındaki farklılıkları değerlendirmeye uygun şekilde yapılandırılmıştır. Özellikle çok kullanıcı, coğrafi olarak dağılmış ve yüksek güvenlik gerektiren tesislerde bu kriterler sistem seçiminde belirleyici olmaktadır. Tablo 1'de sunulan teknik özellik karşılaştırması, ilgili sistemin teknik özelliklerine dair sistem dökümanında belirtilen sistem yetenekleri esas alınarak hazırlanmıştır [7].

Tablo 1: Geleneksel SCADA ile WinCC Unified Karşılaştırması (Comparison of Traditional SCADA and WinCC Unified)

Özellik	Geleneksel SCADA	WinCC Unified
Arayüz	Masaüstü tabanlı, eski teknolojiler kullanır	✓ HTML5 tabanlı, modern grafikler ve platform bağımsız çalışır
Erişim	Lokal sunucu ve VPN bağlantısı gerektirir	✓ Web tarayıcısı üzerinden herhangi bir cihazdan erişim sağlar
Güvenlik	Siber saldırılara açık, güvenlik güncellemeleri düzensizdir	✓ IEC 62443 uyumlu, düzenli güncellenen güvenlik önlemleri içerir
Entegrasyon	IT/OT entegrasyonu sınırlı	✓ IoT, bulut, ERP ve MES sistemleriyle tam entegrasyon sağlar
Mobil Erişim	Mobil cihaz desteği yok veya sınırlı	✓ Tablet ve telefonlardan tam erişim sunar
Gerçek Zamanlı Veri Analizi	Genellikle manuel veri toplama gerektirir	✓ Gerçek zamanlı veri işiği ve büyük veri eği vardır
Ölçeklenebilirlik	Sınırlı, belirli donanımlara bağımlı	✓ Modüler ve esnek, her ölçekteki işletmeye uyum sağlar

Ayrıca, gıda üretiminde kullanılan küçük ve orta ölçekli SCADA altyapılarında sistemlerin hızlıca devreye alınabilir olması kritik önemdedir. Bu bağlamda, WinCC Unified'in modüler ve kullanıcı dostu yapısı, sınırlı kaynaklarla çalışan işletmelerin sistemlerini kısa sürede dijitalleştirmelerine ve süreçlerine entegre etmelerine olanak tanımaktadır.

4.2. WinCC Unified Sisteminin Farklı SCADA Sistemleri ile Karşılaştırması

SCADA sistemleri, endüstriyel süreçlerin izlenmesi ve kontrol edilmesi için kritik öneme sahiptir. Geleneksel SCADA sistemleri uzun yıllardır üretim, enerji, su yönetimi gibi bir çok endüstride kullanılmaktadır. Yukarıdaki açıklamada da geleneksel SCADA sistemleri ile WinCC Unified SCADA'nın bir karşılaştırılması yapılmıştır. Ancak Endüstri 4.0 ile birlikte web tabanlı, entegrasyonu kolay, güvenliği yüksek ve düşük bakım gerektiren SCADA çözümlerine olan ihtiyaç artmasından dolayı [2] da WinCC Unified sisteminin modern SCADA çözümleri arasındaki konumu incelenmiş ve Ignition, AVEVA System Platform, GE Digital iFIX, Rockwell FactoryTalk View ve Schneider EcoStruxure gibi alternatif SCADA sistemleriyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma kriterleri, arayüz, erişim, entegrasyon yeteneği, siber güvenlik, bakım kolaylığı ve ölçeklenebilirlik başlıkları altında ele alınmıştır.

Tablo 2’deki ve Tablo 3’teki veriler her bir SCADA çözümüne ait teknik değerlendirmeler, resmi sistem dökümantasyonu temel alınarak birbiri ile karşılaştırılmıştır [7], [8], [9], [10].

Tablo 2: WinCC Unified Sisteminin Farklı SCADA Sistemlerinin Teknik Özellikleri Karşılaştırması (Comparison of Technical Features of WinCC Unified System with Different SCADA Systems)

Özellik	WinCC Unified (Siemens)	Ignition (Inductive Automation)	AVEVA System Platform	GE Digital iFIX	FactoryTalk View (Rockwell)	EcoStruxure (Schneider)
Arayüz	✔ HTML5 tabanlı, platform bağımsız	⚠ Web tabanlı, ancak bazı grafik eksiklikleri var	✗ Windows bağımlı, istemci gerektirir	✗ Eski sistemlere bağlı, modern grafik desteği zayıf	✗ Windows tabanlı, modern web desteği yok	⚠ Web tabanlı ancak grafik yetenekleri sınırlı
Erişim	✔ Web tarayıcısı üzerinden, platform bağımsız erişim	✔ Web ve mobil uyumlu	✗ Sadece Windows istemcilerle erişim	✗ Yerel istemci tabanlı, uzaktan erişim sınırlı	✗ VPN bağlantısı gerektiriyor, mobil destek zayıf	✔ Web tabanlı uzaktan erişim mevcut
Entegrasyon	✔ IoT, bulut, ERP/MES uyumu güçlü	✔ MQTT, OPC UA desteği var	⚠ ERP entegrasyonu var ama modern sistemlerle entegrasyonu zor	✗ PLC ve eski sistemlerle uyumlu ama modern entegrasyonlar sınırlı	✗ Rockwell PLC dışındaki sistemlerle entegrasyonu zor	⚠ IoT ve enerji yönetimi entegrasyonu var, ancak genel SCADA entegrasyonları sınırlı
Siber Güvenlik	✔ IEC 62443 uyumlu, gelişmiş şifreleme	⚠ Açık kaynak esneklik sağlıyor, ancak güvenlik kullanıcıya bağlı	✗ Windows güvenlik duvarlarına bağımlı, saldırılara açık	✗ Eski sistemlere bağlı olduğu için güvenlik açıkları olabilir	⚠ Rockwell sistemleri ile güvenli ama kapalı bir ekosistem	✔ Endüstriyel IoT güvenliği güçlü
Bakım Kolaylığı	✔ Merkezi yönetim, kolay güncelleme ve bakım	✔ Açık kaynak olduğu için esnek bakım seçenekleri var	✗ Bakım ve güncellemeler zor, eski sistemler için karmaşık	✗ Eski sistemlerle uyumlu olmasına rağmen bakım maliyetleri yüksek	✗ Büyük ölçekli sistemlerde bakım ve güncelleme zorlu	✔ Bulut tabanlı bakım desteği var
Ölçeklenebilirlik	✔ Küçük, orta ve büyük ölçekli işletmeler için ideal	⚠ Küçük ve orta ölçekli işletmeler için uygun, büyük ölçekli uygulamalarda performans sınırlı olabilir	✔ Büyük ölçekli endüstriyel uygulamalara uygun	⚠ Küçük ve orta ölçekli sistemler için yeterli ancak büyük ölçekli sistemlerde verimsiz	✔ Büyük ölçekli tesisler için optimize edilmiş	⚠ Orta seviyede, büyük ölçekli üretim için uygun değil

WinCC Unified, web tabanlı ve platform bağımsız yapısı sayesinde aynı sektördeki diğer firmaların yazılımlarına kıyasla önemli avantajlar sunmaktadır. Ignition haricindeki diğer SCADA sistemleri (AVEVA, iFIX, FactoryTalk), Windows tabanlı istemciler gerektirirken, WinCC Unified’in HTML5 tabanlı olması, kullanıcıların herhangi bir cihazdan erişim sağlamasına olanak tanımaktadır. Bu durum, işletmeler için esneklik ve mobil erişim açısından önemli bir avantaj sunmaktadır.

Bunun yanı sıra, IT/OT entegrasyonu açısından da WinCC Unified güçlü bir yapı sergilemektedir. IoT, ERP ve MES gibi sistemlerle kolay ve hızlı bir entegrasyon sunarken, AVEVA ve

GE iFIX gibi eski mimari sistemlerin entegrasyon süreci daha karmaşıktır ve kısıtlıdır.

WinCC Unified’in siber güvenlik konusunda IEC 62443 uyumluluğuna sahip olması, onu geleneksel SCADA çözümlerinden ayıran en önemli faktörlerden biridir. Ignition gibi açık kaynak tabanlı SCADA çözümlerinde güvenlik yönetimi tamamen kullanıcının sorumluluğuna bırakılmışken, GE iFIX ve AVEVA gibi çözümler ise Windows güvenlik duvarlarına bağımlıdır, bu da dış tehditlere karşı daha savunmasız hale gelmelerine neden olmaktadır [6].

Özellikle SCADA sistemlerine yönelik siber saldırılar her geçen gün artmaktadır ve bu durum, endüstriyel otomasyon

sistemlerinin sürekli güncellenen güvenlik protokollerine sahip olmasını zorunlu hale getirmiştir [4]. Bu bağlamda, WinCC Unified'in düzenli güvenlik güncellemeleri alması ve

gelişmiş yetkilendirme mekanizmalarına sahip olması, onu rakiplerinden bir adım öne çıkarmaktadır.

Tablo 3: SCADA Sistemlerinin Siber Güvenlik Karşılaştırması (Cyber Security Comparison of SCADA Systems)

Özellik	WinCC Unified	Ignition	AVEVA System Platform	GE iFIX	FactoryTalk View	EcoStruxure
IEC 62443 Uyumluluğu	✓ Evet	✗ Hayır	⚠ Kısmen	⚠ Kısmen	✗ Hayır	✓ Evet
Gelişmiş Şifreleme	✓ Evet (Endüstriyel üretim için optimize edilmiş)	⚠ Kullanıcıya bağlı	✗ Hayır	✗ Hayır	✗ Temel düzeyde	✓ Evet (IoT ve enerji yönetimi odaklı)
Yetkilendirme Mekanizmaları	✓ RBAC + Merkezi Üretim Yönetimi Yetkilendirmesi	⚠ Kullanıcı tarafından yönetilmeli	✗ Temel düzeyde	✗ Temel düzeyde	✗ Sınırlı	✓ Gelişmiş ancak IoT güvenliği odaklı
Güvenlik Güncellemeleri	✓ Düzenli olarak güncellenir, SCADA için optimize edilmiştir	✗ Kullanıcı güncellemelerine bağlı	✗ Windows güvenliğine bağlı	✗ Windows güvenliğine bağlı	✗ Windows güncellemeleriyle sınırlı	✓ Düzenli olarak güncellenir, IoT ve enerji yönetimi için optimize edilmiştir
Gerçek Zamanlı Veri İşleme & Olay Yönetimi	✓ Evet (SCADA için optimize edilmiş olay yönetimi)	⚠ Kullanıcı tarafından özelleştirilmeli	✗ Hayır	✗ Hayır	✗ Sınırlı	✗ Yok (IoT odaklı, SCADA için optimize edilmemiş)

WinCC Unified'in Ignition karşısındaki üstünlüklerinden biri, daha kapsamlı yerel destek ve uzun vadeli sürdürülebilirlik sunmasıdır. WinCC Unified sistemi, kurumsal kullanıcılar için uzun vadeli teknik destek ve sürekli güncellenen bir altyapı sağlamaktadır. Öte yandan, Ignition'ın açık kaynak tabanlı olması, kullanıcılara genişletilebilirlik sunsa da kurumsal destek ve standartlaştırılmış güncelleme süreçleri açısından dezavantaj yaratmaktadır.

Ayrıca, Ignition'ın güçlü bir yazılım altyapısı olmasına rağmen, WinCC Unified daha geniş çaplı endüstriyel entegrasyonlara olanak tanıyan gelişmiş nesne tabanlı modelleme ve otomasyon yetenekleri sunmaktadır. Özellikle büyük ölçekli üretim tesislerinde, merkezi kontrol ihtiyacı olan işletmeler için WinCC Unified daha uygun bir çözümdür.

Son olarak, WinCC Unified'in yüksek performanslı grafik motoru ve gelişmiş kullanıcı arayüzü, Ignition'ın sunduğu çözümlerden daha modern ve endüstriyel kullanıma uygun bir yapı sunmaktadır. Bu, özellikle operatörlerin üretim süreçlerini daha verimli yönetmesine olanak tanır ve kullanıcı deneyimini önemli ölçüde iyileştirir.

Yapılan karşılaştırmalı analiz, WinCC Unified'in mevcut SCADA çözümleri arasında en esnek, güvenli ve yüksek entegrasyon kapasitesine sahip sistemlerden biri olduğunu ortaya koymaktadır. Web tabanlı ve platform bağımsız olması, WinCC Unified'i rakiplerinden ayıran en belirgin özelliklerden biridir. HTML5 tabanlı yapısı sayesinde herhangi bir cihaza veya işletim sistemine bağlı kalmaksızın erişim sağlanabilmesi, kullanıcılar için önemli bir avantaj sunmaktadır. Geleneksel SCADA sistemleri hâlâ Windows tabanlı istemci yazılımlarına ihtiyaç duyarken, WinCC Unified doğrudan web tarayıcısı üzerinden yönetilebilmektedir.

Bunun yanı sıra, siber güvenlik konusundaki güçlü yapısı ve IEC 62443 uyumluluğu, özellikle endüstriyel otomasyon sistemlerinde güvenliği ön planda tutan işletmeler için önemli bir kriterdir. Açık kaynak kodlu SCADA çözümlerinde güvenlik yönetimi büyük ölçüde kullanıcıya bırakılırken, eski sistemlere bağımlı çözümler ise modern güvenlik tehditlerine karşı yeterli koruma sağlayamamaktadır. WinCC Unified, modern güvenlik protokollerini destekleyen mimarisi sayesinde, hem esneklik hem de güçlü bir güvenlik altyapısı sunmaktadır.

Özellikle Ignition ve AVEVA gibi SCADA çözümleri, güvenlik, hız ve entegrasyon kapasitesi gibi alanlarda

eksiklikler göstermektedir. Ancak, bu eksiklikler, daha küçük ve basit üretim tesislerinde daha az önemli hale gelmekte ve sistemler için daha düşük performans gereksinimlerinin olduğu senaryolarda göz ardı edilebilmektedir. Buna karşılık, büyük ölçekli ve kritik üretim hatlarında bu eksiklikler operasyonel aksaklıklara ve güvenlik açıklarına yol açabilir.

Ayrıca, IoT, ERP ve MES sistemleriyle entegre çalışabilmesi, sistemin ölçeklenebilirliğini ve geleceğe dönük uyumunu artırmaktadır. Geleneksel SCADA çözümlerinde entegrasyon süreçleri uzun ve karmaşık olurken, WinCC Unified, modern endüstriyel ekosistemlerle hızlı ve kolay entegrasyon sağlayarak verimliliği artırmaktadır. Özellikle, Endüstri 4.0 dönüşüm sürecinde işletmelerin farklı sistemler arasında kesintisiz veri akışı sağlaması kritik bir gereklilik haline gelmiştir ve WinCC Unified bu ihtiyacı başarıyla karşılamaktadır.

Bütün bu faktörler değerlendirildiğinde, WinCC Unified, sadece günümüzün değil, aynı zamanda geleceğin SCADA çözümlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Modern teknolojilere uyumlu mimarisi, gelişmiş güvenlik protokolleri ve geniş entegrasyon yetenekleri sayesinde, bu çalışmada SCADA sistemleri için en uygun seçenek olarak tercih edilmiştir.

5. Sonuç Ve Gelecek Çalışmalar

5.1. Sonuç

Bu çalışma, SCADA sistemlerinin dijital dönüşüm sürecindeki evrimini ve WinCC Unified platformunun bu süreçteki yerini çok boyutlu biçimde ele almıştır. Literatürde yer alan geleneksel SCADA sistemlerine kıyasla, WinCC Unified'in sunduğu HTML5 tabanlı mimari, platform bağımsızlığı, IT/OT entegrasyonu, gelişmiş güvenlik protokolleri ve merkezi yapılandırma özellikleri, Endüstri 4.0 ile uyumlu dijital üretim ortamları için önemli avantajlar sunmaktadır [2].

Yapılan karşılaştırmalı analizler ve örnek senaryolar, sistemin mobil erişim, esnek konfigürasyon yapısı ve çeşitli veri kaynakları ile entegrasyon gibi açılardan öne çıktığını göstermektedir. Enerji, otomotiv, gıda üretimi ve kimya sektörlerinden alınan saha örnekleri, WinCC Unified'in pratikteki uygulanabilirliğini ve operasyonel verimlilik üzerindeki etkisini desteklemektedir. Bu da sistemin yalnızca teorik değil, aynı zamanda saha gerçeklerine dayalı güçlü bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır.

Bununla birlikte, WinCC Unified'in her koşulda ideal çözüm olduğu söylenemez. Özellikle yüksek lisanslama ve bakım maliyetleri, küçük ölçekli işletmeler için giriş engeli oluşturabilir. Ayrıca sistemin kurulum ve konfigürasyon süreçlerinin bazı rakiplerine kıyasla daha fazla eğitim ve teknik bilgi gerektirdiği görülmektedir. Platformun özelleştirme seçeneklerinin genişliği, ileri düzeyde kullanıcı

deneyimi olmayanlar için başlangıçta karmaşıklık yaratabilir. Siemens'in lisanslama politikası, kullanıcı sayısı ve bağlantı tipi gibi unsurlara göre değişen ücretlendirme yapısıyla esnek büyüme hedefleyen firmalar açısından ek maliyet yaratabilir. Bunlara ek olarak, bazı eski SCADA altyapılarına entegrasyon sırasında donanım veya yazılım uyumsuzlukları yaşanması da olasıdır. WinCC Unified'in ileri düzey teknolojik yapısı, çok eski protokolleri desteklemekte sınırlı kalabilir. Bu tür sınırlamaların göz önünde bulundurulması, kullanıcıların daha bilinçli tercihler yapmasını kolaylaştıracaktır.

Gelecekte yapılacak çalışmalar kapsamında, yapay zeka tabanlı kestirimci bakım sistemleri, 5G iletişim altyapıları ve dijital ikiz teknolojileri ile entegrasyon gibi alanlara odaklanılması önerilmektedir. Bu alanlarda geliştirilecek sistematik araştırmalar, SCADA çözümlerinin esnekliğini, kestirilebilirliğini ve akıllı otomasyon kapasitesini artırabilir. Ayrıca, sistemin farklı endüstrilerdeki performansını ölçen ampirik çalışmalar, web tabanlı SCADA çözümlerinin akademik literatürde daha sağlam bir konum edinmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, WinCC Unified platformu, SCADA sistemlerinin dijital dönüşüm sürecinde öne çıkan, teknik açıdan güçlü ve entegre çözümler sunan bir sistem olarak değerlendirilmektedir. Ancak, sistemin hem avantajları hem de sınırlamaları göz önünde bulundurularak, sektörel bazda özelleştirilmiş değerlendirmeler yapılması önemlidir. Bu bağlamda, bu çalışma WinCC Unified sistemine dair kapsamlı bir çerçeveye sunarak, hem WinCC Unified sistemi hem de web tabanlı SCADA yazılımları ile ilgili akademik ve endüstriyel paydaşlar için yön gösterici olmayı hedeflemektedir.

5.2. Gelecek Çalışmalar

Bu çalışma kapsamında WinCC Unified platformunun teknik yetenekleri, geleneksel SCADA sistemlerine kıyasla avantajları ve sektörel kullanımları detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Ancak, SCADA teknolojilerinin sürekli gelişmesi ve dijital dönüşüm süreçlerinin hızlanması, bu alanda yeni araştırma konularının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu doğrultuda, genel olarak web tabanlı SCADA sistemlerine yönelik ilerleyen dönemlerde yapılacak araştırmalarda aşağıdaki başlıkların ele alınması önerilmektedir:

- Web Tabanlı SCADA Yazılımlarının Yapay Zeka ile Entegrasyonu: Endüstriyel otomasyon sistemlerinde, yapay zeka destekli kestirimci bakım ve otonom üretim süreçleri, gelecekteki önemli araştırma alanları arasında yer almaktadır. Web tabanlı SCADA yazılımlarının, yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarıyla entegrasyonu, sistemlerin daha verimli hale gelmesini sağlayabilir. Bu entegrasyon, anomalilik tespiti, üretim hattı optimizasyonu ve enerji verimliliği analizleri gibi önemli fonksiyonların daha akıllı ve etkili hale gelmesini mümkün kılacaktır. Gelecekteki araştırmalar, SCADA

sistemlerinin yapay zeka tabanlı analizlerle entegrasyonunu ve bunun gerçek zamanlı karar destek sistemleri üzerindeki etkilerini derinlemesine incelemelidir. Bu çalışmalar, SCADA sistemlerinin sadece arızaların tespiti için değil, aynı zamanda üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve enerji verimliliği sağlanması açısından da önemli katkılar sağlayacaktır.

- Web Tabanlı SCADA Sistemlerinde Siber Güvenlik Yaklaşımlarının Derinlemesine İncelenmesi: Web tabanlı SCADA sistemleri, kritik altyapılar için önemli bir güvenlik katmanı sağlamaktadır. Bu nedenle, bu sistemlerin siber saldırılara karşı dayanıklılıklarının artırılması gerekmektedir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, web tabanlı SCADA sistemlerinin güvenlik açıkları üzerine daha derinlemesine analizler yapılabilir. Bu bağlamda, IEC 62443 standardı çerçevesinde, bu tür sistemlerin siber tehditlere karşı korunma yöntemleri daha etkin bir şekilde araştırılmalıdır. Ayrıca, güvenlik yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve sistemlerin güvenlik düzeylerinin artırılması adına uygulanabilir çözümler önerilebilir. Özellikle, endüstriyel sistemlerdeki siber güvenlik tehditlerinin daha iyi tanımlanması ve bu tehditlere karşı proaktif güvenlik önlemlerinin alınması, gelecekteki araştırmaların önemli odak noktalarından biri olmalıdır.
- Dijital İkiz Teknolojisi ile Web Tabanlı SCADA Sistemlerinin Entegrasyonu: Dijital ikiz (Digital Twin) teknolojisi, üretim süreçlerinin simüle edilmesi ve gerçek zamanlı veri ile eşleştirilmesi açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır. Web tabanlı SCADA sistemleri ile dijital ikiz teknolojisinin entegrasyonu, üretim süreçlerini daha dinamik ve verimli hale getirebilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, dijital ikiz teknolojisinin web tabanlı SCADA sistemleriyle entegrasyonunun, özellikle süreç optimizasyonu üzerindeki etkileri derinlemesine incelenmelidir. Bu entegrasyon, üretim süreçlerini daha verimli hale getirebilir, enerji verimliliğini artırabilir ve olası arızaları proaktif bir şekilde tespit etme imkanı sunabilir. Dijital ikiz teknolojisi, fiziksel sistemlerin dijital kopyalarını oluştururken, gerçek zamanlı simülasyonlar ve performans izleme ile sistemlerin optimizasyonunu sağlayabilir. Gelecekteki araştırmalar, dijital ikiz teknolojisinin web tabanlı SCADA sistemlerine entegrasyonu ile elde edilebilecek performans kazançlarını ve gerçek zamanlı veri analizine katkılarını daha ayrıntılı bir şekilde incelemelidir.
- Web Tabanlı SCADA Sistemleri ve 5G Teknolojisi ile Gerçek Zamanlı Kontrol Mekanizmaları: 5G teknolojisinin düşük gecikme süreleri, web tabanlı SCADA sistemlerinin gerçek zamanlı veri işleme yeteneklerini önemli ölçüde artırabilir. 5G destekli sistemlerin web tabanlı SCADA sistemleriyle entegrasyonu, daha hızlı ve güvenilir veri iletimini mümkün kılabilir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, 5G

teknolojisinin web tabanlı SCADA sistemlerine entegrasyonu, özellikle gerçek zamanlı kontrol ve veri iletimi alanlarında derinlemesine incelenebilir. Düşük gecikmeli haberleşme altyapısı, gerçek zamanlı karar verme mekanizmalarıyla desteklendiğinde, web tabanlı SCADA sistemlerinin saha verilerini milisaniyeler içinde işlemesi ve uzaktan karar destek sistemleriyle etkileşime girmesi mümkün olacaktır.

- Farklı Endüstrilerde Web Tabanlı SCADA Sistemlerinin Performans Analizleri: Mevcut çalışmalar çoğunlukla SCADA sistemlerinin teknik yeteneklerine odaklanmaktadır. Ancak, web tabanlı SCADA sistemlerinin enerji yönetimi, su ve atık arıtma tesisleri, akıllı fabrikalar gibi farklı endüstrilerdeki uygulama performansının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, web tabanlı SCADA sistemlerinin çeşitli endüstrilerdeki performans analizi, bu sistemlerin avantajlarını ve sınırlamalarını daha ayrıntılı bir şekilde belirlemeye olanak sağlayacaktır. Bu bağlamda, her bir endüstrinin özelliklerine göre, web tabanlı SCADA sistemlerinin adaptasyonunu ve verimlilik üzerindeki etkilerini araştırmak, sistemlerin kapsamlı değerlendirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.
- Büyük Veri ve Web Tabanlı SCADA Sistemlerinin Entegrasyonu: Büyük veri teknolojisinin gelişimi, web tabanlı SCADA sistemlerinin verimliliğini ve veri işleme kapasitelerini önemli ölçüde artırabilir. Özellikle endüstriyel alanlarda, büyük miktarda verinin hızlı bir şekilde işlenmesi ve analiz edilmesi, üretim süreçlerinin daha verimli hale gelmesini sağlayacaktır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, büyük veri teknolojilerinin SCADA sistemlerine entegrasyonu üzerine yoğunlaşan araştırmalar yaparak, veri akışının hızlandırılmasını ve gerçek zamanlı analizlerle sistem performansının artırılmasını inceleyebilir. Büyük veri entegrasyonu, yalnızca veri toplama ve işleme süreçlerini hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji verimliliği ve süreç optimizasyonu gibi alanlarda da önemli kazançlar sağlayabilir. Web tabanlı SCADA sistemlerinin büyük veri desteğiyle daha akıllı hale gelmesi, veri analitiği ve makine öğrenimi gibi teknolojilerle desteklenmesi, endüstriyel otomasyon sistemlerinin daha esnek ve daha hızlı olmasına olanak tanıyacaktır. Gelecekteki araştırmalar, büyük veri ile web tabanlı SCADA sistemlerinin entegrasyonu sonucunda elde edilebilecek performans kazançlarını ve veri analitiği süreçlerinin endüstriyel sistemlere katkılarını daha ayrıntılı bir şekilde incelemelidir.

Bu öneriler doğrultusunda yapılacak gelecek çalışmalar, hem web tabanlı SCADA sistemlerinin gelişimini destekleyecek hem de SCADA sistemlerinin Endüstri 4.0 çerçevesinde nasıl daha akıllı ve güvenli hale getirilebileceği konusunda yol gösterici olacaktır.

6. Kaynaklar

- [1] Elektrik Mühendisleri Odası (EMO), *Kontrol sistemleri - SCADA*, 2024. Erişim adresi: https://www.emo.org.tr/ekler/0f829170c36aaf4_ek.pdf
- [2] L. D. Xu, E. L. Xu ve L. Li, "Industry 4.0: State of the art and future trends", *International Journal of Production Research*, cilt 56, no. 8, ss. 2941-2962, 2018. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1444806>
- [3] Abbas, H. A. (2011). *Efficient Web-Based SCADA System* (Yüksek lisans tezi). University of Connecticut. Erişim adresi: <https://arxiv.org/abs/1501.05725>
- [4] Yadav, G., & Paul, K. (2021). Architecture and security of SCADA systems: A review. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 56, 100433. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2021.100433>
- [5] Irmak, E., & Erkek, İ. (2018). Endüstriyel Kontrol Sistemleri ve SCADA Uygulamalarının Siber Güvenliği: Modbus TCP Protokolü Örneği. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji*, 6(1), 1-16. Erişim adresi: <https://doi.org/10.29109/http-gujsc-gazi-edu-tr.364411>
- [6] Bhamare, D., Zolanvari, M., Erbad, A., Jain, R., Khan, K., & Meskin, N. (2020). Architecture and security of SCADA systems: A survey. *arXiv preprint*. Erişim adresi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.04124>
- [7] Siemens AG, *SIMATIC WinCC Unified System Manual*, 2025. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109828368/> (Erişim Tarihi: Şubat, 2025).
- [8] Inductive Automation, *Ignition SCADA Technical Overview*, 2025. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://docs.inductiveautomation.com/docs/8.1/intro> (Erişim Tarihi: Şubat, 2025).
- [9] AVEVA Group, *AVEVA System Platform: Industrial Automation & SCADA Solutions*, 2025. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://docs.aveva.com/category/system-platform> (Erişim Tarihi: Şubat, 2025).
- [10] Rockwell Automation, *FactoryTalk View SE: Scalable HMI and SCADA Solutions*, 2025. [Çevrimiçi]. Erişim: https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/viewse-um006_-en-e.pdf (Erişim Tarihi: Şubat, 2025)

Özgeçmişler



Ömer Önümlü, 1986 yılında İzmir’de doğdu. Kocaeli Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü’nden 2010 yılında mezun oldu. Lisans eğitimi sürecinde SCADA ve PLC programlama alanlarında projeler üzerinde çalışmış ve bu alandaki bilgi birikimini geliştirmiştir. Lisans bitirme tezi, hareket kontrol uygulamaları üzerine odaklanmış olup, bu çalışma endüstriyel otomasyon sistemlerine yönelik uygulamalı çözüm ve teknik gelişmeleri içermektedir. SCADA ve endüstriyel otomasyon sistemlerine olan ilgisi, akademik eğitimle başlamış, sonrasında profesyonel hayatında 15 yıllık bir deneyime dönüşmüştür. Bu süreçte, dünya çapındaki otomasyon firmalarında çalışarak sektördeki teknik bilgi ve becerilerini artırmış, endüstriyel otomasyon ve sistem entegrasyonu konularında derinlemesine deneyimler edinmiştir.



Dr. Birol Arifoğlu, 1968 yılında Yunanistan’da doğdu. Yıldız Teknik Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği bölümünden 1989 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. 1989-1993 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kontrol ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’ndan Yüksek Lisans derecesini aldı. 1993-1998 yılları arasında ise Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı’ndan Doktora derecesini tamamladı. 1990 yılından bu yana Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü’nde öğretim üyeliği yapmaktadır. Araştırma alanları Güç Elektroniği Uygulamaları, Otomatik Kontrol, Elektrikli ve Otonom Araçlar, Robotik Uygulamaları ve Endüstriyel Otomasyon Sistemleri üzerinedir.